



Health Technology Assessment
Department

EHTA

e-ISSN: 2587-0122

Yıl/Year: 2026
Haziran/June

Cilt/Volume: 10
Sayı/Number: 1

EURASIAN JOURNAL OF HEALTH TECHNOLOGY ASSESSMENT



ARAŞTIRMA MAKALELERİ

1. Hastane Ortamında Nesnelerin İnterneti Tabanlı Hemşire Çağrı Sisteminin Uzun Dönemli Güvenilirlik ve Maliyet Analizi, 1-20

Hüsnü ULUÇAY, Nurullah KARTAL, Ayhan ASLAN,
Canan KARAALP, Uğur FIDAN

2. Dijital Sağlıkta İnsan Kaynağına Yatırım: Telerehabilitasyon Farkındalık Eğitiminin Sonuçları, 21-33

Pınar GÜNGÖR KETENCİ, Özlem ÖZTEKİN,
Başak BİLİR KAYA

DERLEME MAKALELER

3. Sağlık Hizmetlerinde Yapay Zekâ Destekli Süreç Dijitalleşmesi ve Gelişen Teknolojiler, 34-48

Esra DENİZ, Nihat AKÇAY

4. İlaç Fiyatlandırma Sistemi ve Geri Ödeme Mevzuatının Türkiye İlaç Sektörü ve Serbest Eczanelere Etkisi: Güncel Bir Derleme, 49-60

Ayşenur SARI, Hilal İLBARS

5. Telemedicine-Based Rehabilitation: Evidence, Applications and Innovative Technologies, 61-78

Muhammed Celal ERYILMAZ

Etik İlkeler ve Yayın Politikası

Tüm çalışmalar, uluslararası etik kurallara uygun olmalıdır. Çalışmada, Araştırma ve Yayın Etiğine uyulduğuna dair ifadeye yer verilmelidir.

Etik kurul izni gerektiren çalışmalarda, izinle ilgili bilgiler (kurul adı, tarih ve sayı no) yöntem bölümünde ve/veya ilk ya da son sayfada yer verilmelidir. Gerekli durumlarda, bilgilendirilmiş gönüllü olur/onam formunun imzalatıldığına dair bilgiye makalede yer verilmesi gereklidir.

Yazar(lar), bilimsel etik sorunlarının başında gelen intihalden kesinlikle kaçınmalıdır. EHTA, yayınlanacak bir çalışma için, yazar(lar)dan kabul görmüş bir intihal yazılımını kullanarak intihal raporu göndermesini talep eder. Raporda %20'un üzerinde benzerlik bulunan çalışmalar, tüm aşamalardan geçmiş olsa dahi yayınlanmayacaktır.

EHTA'nın benimsediği Etik İlkeler ve Yayın Politikasına

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ehta/policy>

adresinden erişim sağlanabilmektedir.

İmtiyaz Sahibi

T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü
adına
Uzm. Dr. Hasan Basri VELİOĞLU

Yayın Kurulu

Çağdaş Erkan AKYÜREK	Ankara Üniversitesi
Ferhat Devrim ZENGÜL	Alabama Birmingham Üniversitesi
Hakan TOZAN	Ortadoğu Amerikan Üniversitesi, Kuveyt
Mustafa YAĞIMLI	İstanbul Gedik Üniversitesi
Nurettin ÖNER	Ankara Üniversitesi
Sabahattin AYDIN	İstanbul Medipol Üniversitesi
Semra ULUSOY KAYMAK	Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Serap DURUKAN KÖSE	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Vahit YİĞİT	Süleyman Demirel Üniversitesi
Yusuf ÇELİK	Acıbadem Üniversitesi
Zafer ÇALIŞKAN	Hacettepe Üniversitesi

Koordinasyon Yazı İşleri

Araştırma, Geliştirme ve Sağlık Teknolojisi Değerlendirme Daire Başkanlığı

Türkçe Dil Editörü

Hüseyin GÜÇ

İngilizce Dil Editörü

Emre SAKMEN

İstatistik Editörü

Abdullah AKÜNAL

Tasarım

Selda CAN

E-Posta/Telefon/Web Site

turkhta@saglik.gov.tr
0090 312 471 7887
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ehta>

e-ISSN: 2587-0122

Açık erişimli ve çift-kör hakemli bir dergidir.

Yılda iki kez yayınlanmakta ve içerik tüm kullanıcılara ücretsiz olarak sunulmaktadır.

Yazıların sorumluluğu yazarlarına ait olup kaynak gösterilmeden kullanılamaz.

Tüm Hakları Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğüne aittir.

İÇİNDEKİLER

Araştırma Makaleleri

1. Hastane Ortamında Nesnelerin İnterneti Tabanlı Hemşire Çağrı Sisteminin Uzun Dönemli Güvenilirlik ve Maliyet Analizi..... 1-20
Long-Term Reliability and Cost Analysis of an Internet of Things (IoT) Based Nurse Calling System in a Hospital Setting
Hüsnü ULUÇAY, Nurullah KARTAL, Ayhan ASLAN, Canan KARAALP, Uğur FİDAN
2. Dijital Sağlıkta İnsan Kaynağına Yatırım: Telerehabilitasyon Farkındalık Eğitiminin Sonuçları 21-33
Investment in Human Resources in Digital Health: Outcomes of a Telerehabilitation Awareness Training
Pınar GÜNGÖR KETENCİ, Özlem ÖZTEKİN, Başak BİLİR KAYA

Derleme Makaleler

3. Sağlık Hizmetlerinde Yapay Zekâ Destekli Süreç Dijitalleşmesi ve Gelişen Teknolojiler 34-48
Artificial Intelligence-Supported Process Digitalization and Emerging Technologies in Healthcare Services
Esra DENİZ, Nihat AKÇAY
4. İlaç Fiyatlandırma Sistemi ve Geri Ödeme Mevzuatının Türkiye İlaç Sektörü ve Serbest Eczanelere Etkisi: Güncel Bir Derleme 49-60
Impact of Drug Pricing and Reimbursement Regulations on the Turkish Pharmaceutical Market and Community Pharmacies: A Contemporary Review
Ayşenur SARI, Hilal İLBARS
5. Telemedicine-Based Rehabilitation: Evidence, Applications and Innovative Technologies 61-78
Muhammed Celal ERYILMAZ

Sayı Hakem Kurulu

Ahmet KAR

Kırıkkale Üniversitesi

Berna TERZİOĞLU BEBİTOĞLU

Marmara Üniversitesi

Devrim Demir DORA

Akdeniz Üniversitesi

Duygu TÜRKER

Sağlık Bilimleri Üniversitesi

Ethem İlhan ŞAHİN

Adana Alpaslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi

Faruk AKTAŞ

Kocaeli Üniversitesi

Faruk Enes OĞUZ

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

Fatih ORHAN

Sağlık Bilimleri Üniversitesi

Hakan Oğuz ARI

Ankara Sağlık Bilimleri Üniversitesi

Nurten Gizem TÖRE

Gazi Üniversitesi

Servet ALP

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Araştırma Makalesi

Hastane Ortamında Nesnelerin İnterneti Tabanlı Hemşire Çağrı Sisteminin Uzun Dönemli Güvenilirlik ve Maliyet Analizi

Hüsnu ULUÇAY¹, Nurullah KARTAL², Ayhan ASLAN³, Canan KARAALP⁴,
Uğur FİDAN⁵

Öz

Giriş: Sağlık tesislerinde hasta ile sağlık personeli arasındaki iletişim hemşire çağrı sistemleri aracılığıyla sağlanmakta ve bu sistemler hastane altyapısının vazgeçilmez bir parçasını oluşturmaktadır. Ancak ticari hemşire çağrı sistemlerinin yüksek kurulum ve bakım maliyetleri, özellikle bütçe kısıtları bulunan kamu hastanelerinde önemli bir finansal yük oluşturmakta ve sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir.

Amaç: Bu çalışmanın amacı, yüksek maliyetli ticari ürünlere alternatif olarak nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi ve mikrodenetleyici mimarisi temelinde düşük maliyetli bir hemşire çağrı sistemi geliştirmek, sistemi gerçek hastane ortamında uygulamak ve uzun dönem saha verileriyle performans, güvenilirlik ve maliyetlerini değerlendirmektir.

Yöntem: Düşük maliyetli ve Wi-Fi destekli gömülü sistem bileşenleri seçilerek mikrodenetleyici tabanlı donanım mimarisi oluşturulmuştur. Sistem, her yatağa yerleştirilen çağrı butonları ve web tabanlı merkezi izleme biriminden tasarlanmış; veri iletiminde mevcut hastane Wi-Fi altyapısı kullanılmıştır. Gömülü yazılım C/C++ tabanlı geliştirilmiştir. Sistem, 32 yataklı bir fizik tedavi ünitesinde dört yıl süreyle izlenmiş; performans, arıza kayıtları ve bakım gereksinimleri düzenli olarak analiz edilmiştir. Güvenilirlik analizinde MTBF ve arıza oranları hesaplanmış, maliyet analizi ticari sistem teklifleriyle karşılaştırmalı yapılmıştır.

Bulgular: Dört yıllık kullanım süresince sistem %99,98 operasyonel süreklilik göstermiştir. MTBF 7008 saat, saatlik arıza oranı 10^{-4} mertebesinde hesaplanmış ve kritik donanım arızası gözlenmemiştir. Ticari sistem teklifleriyle karşılaştırıldığında yaklaşık %93 maliyet avantajı sağlanmış, işletme süresince ek lisans veya panel arızası gideri oluşmamıştır.

Sonuç: IoT ve mikrodenetleyici temelli geliştirilen sistem, hastane ortamında düşük maliyetli, sürdürülebilir ve güvenilir bir alternatif sunmaktadır. Elde edilen teknik ve ekonomik sonuçlar, daha geniş ölçekli uygulamalarda da önemli katkılar sağlayabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: IoT, hemşire çağrı sistemi, gömülü sistemler, güvenilirlik değerlendirmesi, maliyet.

1. Tavşanlı Doç. Dr. Mustafa Kalemlı Devlet Hastanesi Klinik Mühendislik Hizmetleri Birimi, husnu.ulucay@saglik.gov.tr, <https://orcid.org/0000-0002-2204-3525>
2. Tavşanlı Doç. Dr. Mustafa Kalemlı Devlet Hastanesi Klinik Mühendislik Hizmetleri Birimi, nurullah.krtl@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-9153-9022>
3. Tavşanlı Doç. Dr. Mustafa Kalemlı Devlet Hastanesi Klinik Mühendislik Hizmetleri Birimi, ayhanasl@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-1932-7068>
4. Tavşanlı Doç. Dr. Mustafa Kalemlı Devlet Hastanesi Klinik Mühendislik Hizmetleri Birimi, canankaraalp4343@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-4205-1304>
5. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, ufidan@aku.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0356-017X>

Gönderim tarihi : 24.02.2026

Kabul tarihi : 11.06.2026

Atıfta bulunmak için: Uluçay H., Kartal N., Aslan A., Karaalp C., Fidan U. Hastane Ortamında IoT Tabanlı Hemşire Çağrı Sisteminin Uzun Dönemli Güvenilirlik ve Maliyet Analizi, Eurasian Journal of Health Technology Assessment, 2026;10(1):1-20. <https://doi.org/10.52148/eha.1896538>

Research Article

Long-Term Reliability and Cost Analysis of an Internet of Things (IoT) Based Nurse Calling System in a Hospital Setting

Hüsnü ULUÇAY¹, Nurullah KARTAL², Ayhan ASLAN³, Canan KARAALP⁴,
Uğur FİDAN⁵

Abstract

Introduction: In healthcare facilities, communication between patients and healthcare personnel is facilitated through nurse call systems, which constitute an indispensable component of hospital infrastructure. However, the high installation and maintenance costs of commercial nurse call systems create a significant financial burden, particularly for public hospitals with budget constraints, negatively affecting sustainability.

Objective: This study aims to develop a low-cost nurse call system based on internet of things (IoT) technology and microcontroller architecture as an alternative to high-cost commercial products, to implement the system in a real hospital environment, and to evaluate its performance, reliability, and costs using long-term real-world operational data.

Method: A microcontroller-based hardware architecture was designed using low-cost, Wi-Fi-enabled embedded system components. The system consisted of bedside call buttons and a web-based central monitoring platform, utilizing the existing hospital Wi-Fi infrastructure for data transmission. The embedded software was developed in C/C++. The system was monitored for four years in a 32-bed physical therapy unit; performance metrics, failure records, and maintenance requirements were systematically analyzed. Reliability was assessed through the calculation of mean time between failures (MTBF) and failure rates, and cost analysis was conducted through comparison with commercial system quotations.

Results: During four years of operation, the system maintained 99.98% availability. The MTBF was calculated as 7,008 hours, with an hourly failure rate on the order of 10^{-4} , and no critical hardware failures were observed. Compared with commercial system quotations, approximately 93% cost savings were achieved, with no additional expenses such as license renewals or central panel failures during the operation period.

Conclusion: The IoT- and microcontroller-based system provides a low-cost, sustainable, and reliable alternative for hospital environments. The technical and economic findings suggest that the proposed system has strong potential for successful deployment in larger-scale healthcare settings.

Keywords: IoT, nurse call system, embedded systems, reliability assessment, cost.

1. Tavşanlı Doç. Dr. Mustafa Kalemlı Devlet Hastanesi, Klinik Mühendislik Hizmetleri Birimi, husnu.ulucay@saglik.gov.tr, <https://orcid.org/0000-0002-2204-3525>
2. Tavşanlı Doç. Dr. Mustafa Kalemlı Devlet Hastanesi Klinik Mühendislik Hizmetleri Birimi, nurullah.krtl@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-9153-9022>
3. Tavşanlı Doç. Dr. Mustafa Kalemlı Devlet Hastanesi Klinik Mühendislik Hizmetleri Birimi, ayhanasl@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-1932-7068>
4. Tavşanlı Doç. Dr. Mustafa Kalemlı Devlet Hastanesi Klinik Mühendislik Hizmetleri Birimi, canankaraalp4343@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-4205-1304>
5. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, ufidan@aku.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0356-017X>

Received : 24.02.2026

Accepted : 11.06.2026

Cite this paper: Uluçay H., Kartal N., Aslan A., Karaalp C., Fidan U. Long-Term Reliability and Cost Analysis of an IoT-Based Nurse Calling System in a Hospital Setting, Eurasian Journal of Health Technology Assessment, 2026;10(1):1-20. <https://doi.org/10.52148/eha.1896538>

1. Giriş

Hastane odasında, hareket kabiliyeti kısıtlı bir hastanın yatağında uzandığını düşünelim. Hastanın sağlık personeline ulaşabilmesi için çoğu zaman tek aracı, yatağının kenarındaki çağrı butonudur. Bu butona basıldığı anda oluşan sinyal; yalnızca bir zil sesi değil, aynı zamanda bakım kalitesinin, müdahale hızının ve hasta güvenliğinin bir göstergesidir. Özellikle fizik tedavi ve rehabilitasyon gibi hasta mobilitasının sınırlı olduğu birimlerde, hemşire çağrı sistemleri klinik sürecin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu sistemlerin güvenilirliği ve sürekliliği, doğrudan hasta memnuniyeti ve hizmet kalitesi ile ilişkilidir. Nitekim IoT tabanlı akıllı hemşirelik uygulamalarına ilişkin çalışmalar, gerçek zamanlı izleme ve iletişimin hem bakım kalitesini hem de hasta güvenliğini artırdığını göstermektedir (Wang vd., 2024; Rejeb vd., 2023)

Günümüzde hastanelerde kullanılan hemşire çağrı sistemleri çoğunlukla kapalı devre, üreticiye bağımlı ve modüler yapılar şeklinde kurulmaktadır. Bu sistemler teknik olarak işlevsel olmakla birlikte; yüksek ilk yatırım maliyetleri, bakım-onarım süreçlerinde dışa bağımlılık ve sınırlı veri analitiği kabiliyeti gibi dezavantajlar barındırmaktadır. Özellikle kablolu sistemlerde artan yatak sayısı ile birlikte kablo altyapısı karmaşıklaşmakta ve arıza tespiti ciddi iş gücü gerektirmektedir (Astutik vd., 2021; Nursuwars ve Rahmatulloh, 2019). IoT ve kablosuz iletişim teknolojileri ise, kablo bağımlılığını azaltarak kurulum ve bakım maliyetlerini düşürme, ayrıca esneklik ve ölçeklenebilirlik sağlama potansiyeline sahiptir (Astutik vd., 2021; Yadegari ve Asosheh, 2025; Rejeb vd., 2023). Özellikle kamu sağlık tesislerinde bütçe kısıtları ve tasarruf politikaları göz önüne alındığında, teknik altyapı yatırımlarının sürdürülebilir ve ölçeklenebilir çözümlerle planlanması stratejik bir gereklilik haline gelmiştir. Sağlık hizmetlerinde kaliteyi korurken maliyet etkinliği sağlamak, yöneticiler için kritik bir denge unsurudur; IoT tabanlı çözümlerin hastaneye yeniden yatırım oranlarını, bekleme sürelerini ve operasyonel maliyetleri azalttığı yönünde bulgular bu dengeyi desteklemektedir (Wang vd., 2024; Avagi vd., 2024; Rejeb vd., 2023; Abdulmalek vd., 2022).

Bu noktada dijital dönüşümün önemli bileşenlerinden biri olan Nesnelerin İnterneti (IoT) kavramı öne çıkmaktadır. IoT; fiziksel nesnelerin sensörler, gömülü sistemler ve ağ protokolleri aracılığıyla veri üretmesi, bu verileri paylaşması ve merkezi ya da dağıtık sistemler üzerinden yönetilmesini mümkün kılan bir teknolojik ekosistemdir. Sağlık alanında IoT uygulamaları; hasta izleme sistemlerinden akıllı envanter yönetimine, enerji optimizasyonundan klinik karar destek mekanizmalarına kadar geniş bir yelpazede değerlendirilmektedir (Wang vd., 2024; Abdulkalamazad vd., 2025; Rejeb vd., 2023; Abdulmalek vd., 2022). Bu yaklaşım, yalnızca cihazların birbirine bağlanmasını değil; aynı zamanda üretilen verinin anlamlı bilgiye dönüştürülmesini de hedeflemektedir. Büyük veri analitiği ve yapay zekâ entegrasyonu ile IoT, klinik operasyonların optimizasyonu, erken uyarı sistemleri ve hastane verimliliğinin artırılması gibi alanlarda güçlü bir karar destek aracı haline gelmektedir (Yadegari ve Asosheh, 2025; Mehta ve Pandit, 2018; Ahmad, 2024).

Hemşire çağrı sistemlerinin IoT tabanlı olarak yeniden kurgulanması; klasik “butona bas–zil çal” mantığının ötesine geçerek, çağrılarının gerçek zamanlı kaydedilmesi, müdahale sürelerinin ölçülmesi, yoğunluk analizlerinin yapılması ve yönetsel karar süreçlerine veri temelli katkı sağlanması gibi yeni olanaklar sunmaktadır. RFID entegrasyonlu hemşire çağrı uygulamaları, her çağrıya hangi hemşirenin, ne kadar sürede yanıt verdiğini kaydederek hizmet kalitesinin ölçülmesini ve iyileştirilmesini mümkün kılmaktadır (Nursuwars ve Rahmatulloh, 2019; Rodríguez vd., 2022). Kablosuz iletişim ve makine öğrenmesiyle risk sınıflandırması yapan yeni nesil sistemler ise, çağrıları hastanın klinik risk düzeyine göre önceliklendirerek acil durum yanıt sürelerini kısaltmayı ve kaynak kullanımını optimize etmeyi hedeflemektedir (Aisuwarya ve Anggraini, 2025; Panval vd., 2025). Böyle bir dönüşüm, çağrı sistemini pasif bir iletişim aracı olmaktan çıkararak, hastane operasyonel verimliliğini artıran aktif bir karar destek bileşenine dönüştürebilir (Wang vd., 2024; Yadegari ve Asosheh, 2025; Rodríguez vd., 2022; Rejeb vd., 2023).

Bu çalışmanın çıkış noktası, hastanelerde yaygın olarak kullanılan hemşire çağrı sistemlerinin IoT mimarisi ile daha düşük maliyetle, daha esnek ve veri odaklı bir yapıda kurulup kurulamayacağı sorusudur. Literatürde kablosuz IoT tabanlı hemşire çağrı prototiplerinin başarılı biçimde haberleşme

sağladığı, farklı senaryolarda güvenilir performans sergilediği ve kurulum kolaylığı sunduğu gösterilmiştir (Astutik vd., 2021; Nursuwars ve Rahmatulloh, 2019; Rodríguez vd., 2022). Çalışmada, pilot uygulama kapsamında bir kamu hastanesinde IoT tabanlı hemşire çağrı sistemi tasarlanmış, uygulanmış ve performans ile maliyet açısından değerlendirilmiştir. Böylece mikro ölçekte elde edilen bulguların, makro ölçekte sağlık sistemine sağlayabileceği potansiyel tasarruf ve dijital dönüşüm katkısı tartışmaya açılmıştır; bu tartışma, IoT'nin sağlıkta maliyetleri düşürürken bakım kalitesini ve hasta güvenliğini artırdığına işaret eden geniş literatürle de uyumludur (Rodríguez vd., 2022; Avaji vd., 2024; Rejeb vd., 2023; Abdulmalek vd., 2022; Li vd., 2024).

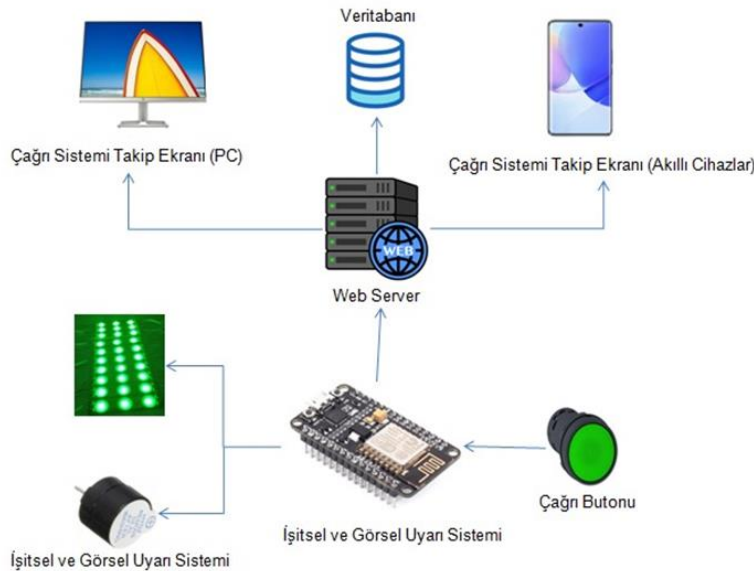
Literatürde IoT tabanlı hemşire çağrı sistemlerine yönelik çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte, bu çalışmaların büyük çoğunluğu prototip geliştirme veya kısa süreli performans testleri ile sınırlıdır. Gerçek hastane ortamında, uzun dönemli (yıllar mertebesinde) kullanım verilerine dayalı güvenilirlik ve maliyet analizlerinin sunulduğu çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu durum, önerilen sistemlerin pratik uygulanabilirliği ve sürdürülebilirliği açısından önemli bir boşluk oluşturmaktadır.

Bu çalışma, söz konusu boşluğu doldurmayı amaçlamakta olup, IoT tabanlı bir hemşire çağrı sisteminin gerçek bir hastane ortamında yaklaşık dört yıl süreyle izlenmesi sonucu elde edilen saha verileri üzerinden performans, güvenilirlik ve maliyet analizini sunmaktadır. Bu yönüyle çalışma, prototip düzeyindeki araştırmalardan ayrılarak, gerçek kullanım koşullarında doğrulanmış bir sistemin nicel değerlendirmesini ortaya koymaktadır.

2. Gereç ve yöntem

2.1. Çalışma tasarımı

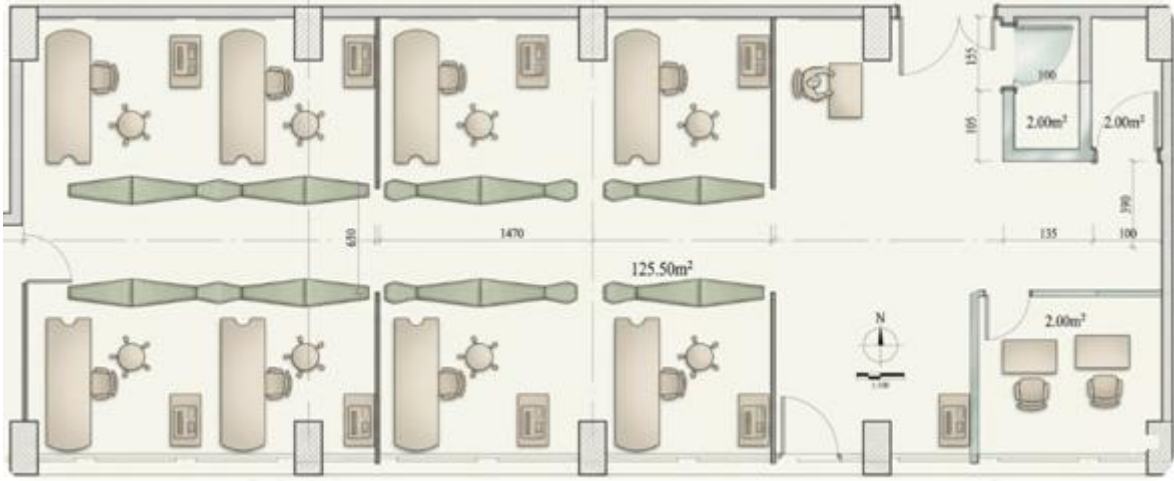
Bu çalışma, mevcut hemşire çağrı sistemlerine alternatif olarak IoT tabanlı, düşük maliyetli ve veri kayıt kabiliyeti bulunan bir sistemin tasarlanması ve pilot ölçekte uygulanmasını içeren uygulamalı-mühendislik araştırmasıdır. Çalışma; sistem mimarisinin oluşturulması, donanım bileşenlerinin seçimi, yazılım altyapısının geliştirilmesi, pilot sahada kurulum ve performans değerlendirmesi aşamalarından oluşmaktadır. Sistem mimarisinin genel yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir.



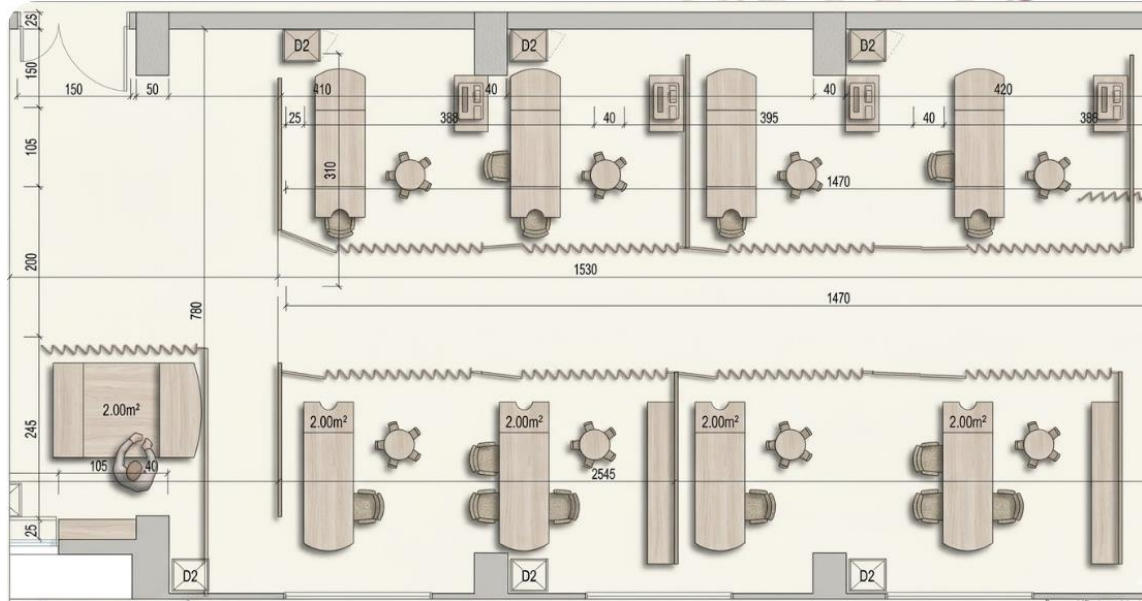
Şekil 1. Sistem mimarisi

2.2. Çalışma alanı

Pilot uygulama, Tavşanlı Doç. Dr. Mustafa Kalemlı Devlet Hastanesi'ne bağılı 75 Yataklı Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Ek Hizmet Binası elektroterapi alanında gerçekleştirilmiştir. Uygulama alanı, bay ve bayan tedavi salonları olmak üzere iki ayrı bölümden oluşmaktadır. Her salonda 16 adet hasta yatağı bulunmakta olup toplam 32 yatak sistem kapsamına alınmıştır. Salonların basit mimari yerleşim planları Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir.



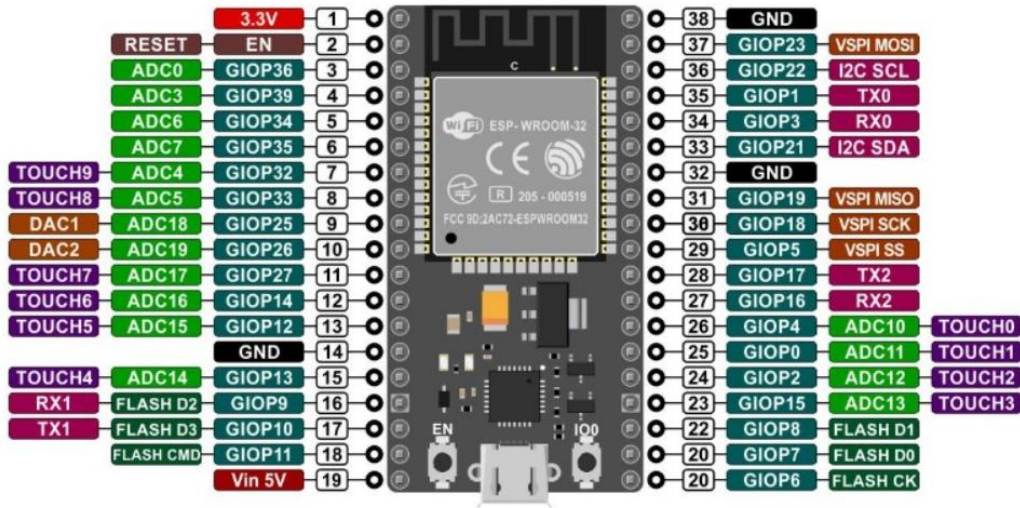
Şekil 2. Kadın elektroterapi alanı



Şekil 3. Bay elektroterapi alanı

2.3. Sistem mimarisi

Tasarlanan sistem; yatak ünitesi, kontrol kartı ünitesi, ağ haberleşme katmanı ve izleme arayüzü olmak üzere dört ana bileşenden oluşmaktadır. Her yatak için aşağıdaki bileşenler konumlandırılmıştır.



Şekil 5. Node MCU ESP32 için pin giriş çıkış

2.4.2. Güç besleme yapısı

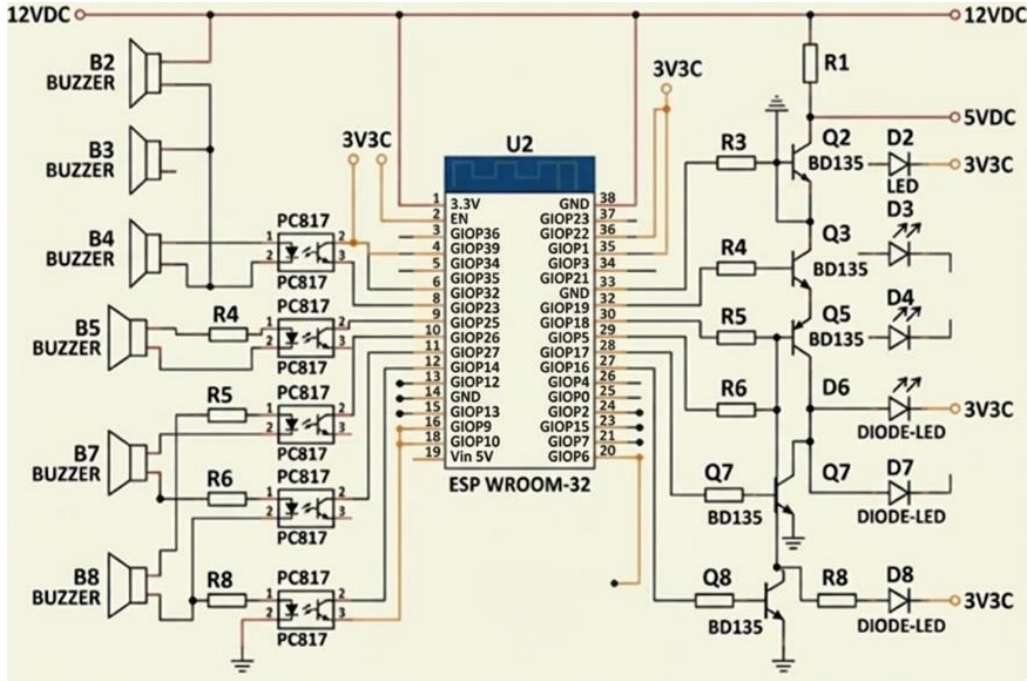
Sistem beslemesi, hastane UPS hattına bağlı 220VAC üzerinden sağlanmıştır. AC gerilim, anahtarlama güç kaynağı (SMPS) ile 12VDC'ye dönüştürülmüş, ardından DC-DC regülatör modülü ile mikrodenetleyicinin kararlı çalışabileceği gerilim seviyesine düşürülmüştür. Atölye testleri sonucunda mikrodenetleyicinin kararlı çalışma gerilimi belirlenmiş ve sistem bu değere göre optimize edilmiştir. Güç katmanının blok diyagramı Şekil 5'da verilmiştir.

2.4.3. İzolasyon ve sürücü katı

Mikrodenetleyici çıkışlarının güvenli şekilde LED ve buzzer'ı sürmesi için:

- Optokuplör izolasyonu
- Transistör tabanlı sürücü katı

kullanılmıştır. Bu yapı sayesinde hem mikrodenetleyici korunmuş hem de daha kararlı bir tetikleme sağlanmıştır. Devre şeması Şekil 6'de sunulmuştur.



Şekil 6. Hemşire çağrı sisteminin devre şeması

2.4.4. Kablolama yapısı

Yatak ünitesi ile kontrol kartı arasındaki bağlantılar CAT5 kablo üzerinden gerçekleştirilmiştir. Kablolama yalnızca, buton sinyali; LED çıkışı; Buzzer çıkışı; ve Besleme hattı, için kullanılmıştır. Mikrodenetleyici ile ağ haberleşmesi tamamen kablolu (Wi-Fi) olarak sağlanmıştır.

2.5. Yazılım altyapısı

Yazılım geliştirme süreci gömülü sistem programlama prensipleri ve istemci-sunucu mimarisi esas alınarak yürütülmüştür.

2.5.1. Gömülü yazılım yapısı

ESP32 üzerinde geliştirilen yazılım aşağıdaki modüllerden oluşmaktadır:

- Ağ bağlantı modülü
- GPIO yönetim modülü
- HTTP sunucu modülü
- Olay yönetim (event handler) modülü
- Durum yönetim (state machine) modülü

Yazılım, olay-temelli (event-driven) bir mimari ile kurgulanmıştır. Buton girişleri donanımsal interrupt veya polling yöntemi ile izlenmiştir. Buton tetiklendiğinde sistem aşağıdaki adımları yürütmektedir:

1. İlgili yatak durum değişkeninin güncellenmesi
2. LED ve buzzer çıkışlarının aktive edilmesi
3. HTTP sunucu üzerinden durum bilgisinin yayınlanması

4. Olayın zaman damgası ile kaydedilmesi.

Sistem akış algoritması Şekil 4’de verilmiştir.

2.5.2. Ağ yapılandırması

ESP32 modülleri yerel kablosuz ağ altyapısına bağlanacak şekilde yapılandırılmıştır. Ağ özellikleri:

- Statik IP adresleme
- TCP/IP tabanlı haberleşme
- HTTP protokolü üzerinden veri iletimi

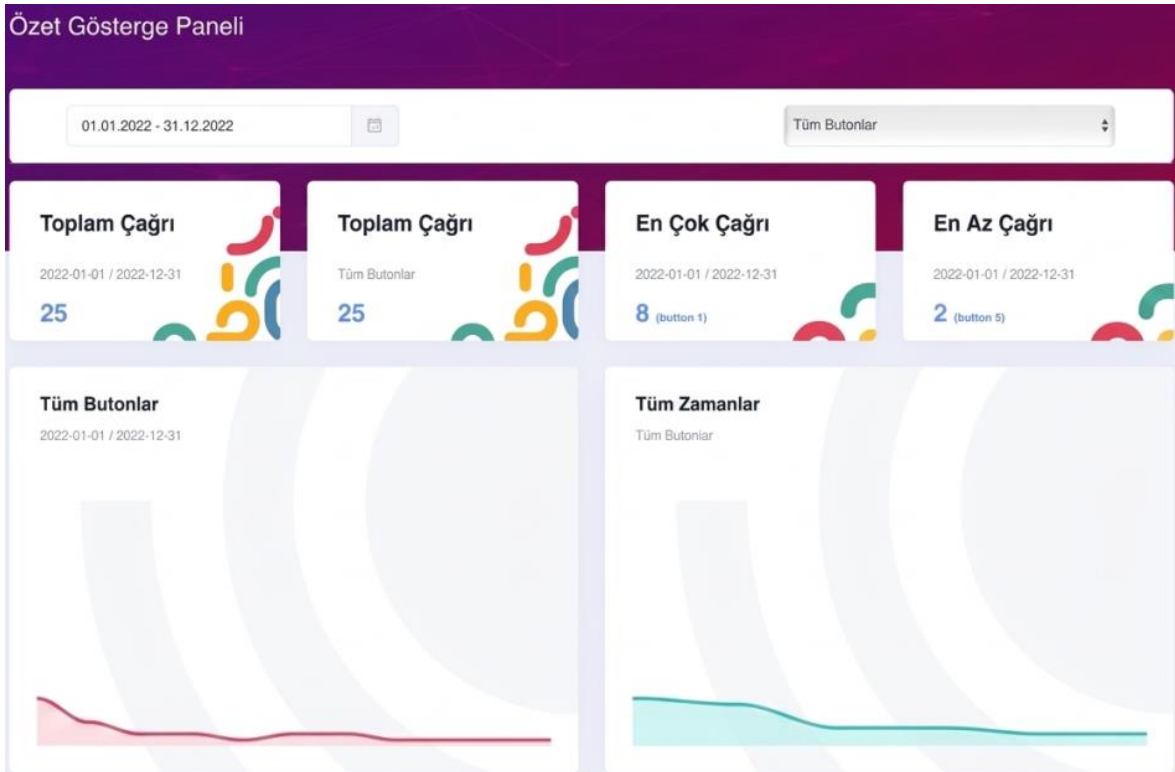
Her IoT düğümü, gömülü web sunucusu olarak çalışacak şekilde yapılandırılmıştır. Böylece merkezi bir sunucuya ihtiyaç duyulmaksızın, yerel ağ üzerindeki istemciler (PC, tablet, mobil cihaz) doğrudan modüle erişebilmektedir.

2.5.3. HTTP sunucu ve web arayüzü

ESP32 üzerinde hafif bir HTTP sunucusu çalıştırılmıştır. Web arayüzü:

- HTML ile statik yapı
- CSS ile biçimlendirme
- JavaScript ile asenkron durum güncelleme

kullanılarak geliştirilmiştir. Durum güncellemeleri periyodik HTTP GET istekleri ile sağlanmıştır. Böylece çağrı durumları gerçek zamanlıya yakın gecikme ile izlenebilmiştir. Web arayüzü örneği Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Web arayüzü- özet gösterge paneli

2.5.4. Durum yönetimi

Her yatak için bir mantıksal durum değişkeni tanımlanmıştır:

- 0 → Pasif
- 1 → Aktif çağrı

Buton tetiklendiğinde ilgili durum değişkeni değiştirilmekte, sistem bu değişken üzerinden çıkış sürme ve web arayüzü güncellemesini gerçekleştirmektedir. Bu yapı basit bir sonlu durum makinesi (Finite State Machine- FSM) prensibiyle çalışmaktadır.

2.5.5. Veri kaydı ve zaman damgası

Sistem çağrıları zaman damgası ile birlikte kaydetmektedir. Bu işlem için:

- Sistem zamanı
- Olay ID
- Yatak numarası

parametreleri kullanılmıştır. Oluşturulan çağrı günlüğü, performans analizi ve yoğunluk değerlendirmesi amacıyla kullanılmıştır. Çağrı günlüğü arayüzü Şekil 8’ de verilmiştir.

Sistem üzerinde meydana gelen tüm olaylar, gömülü HTTP sunucusu aracılığıyla otomatik olarak kayıt altına alınmıştır. Her bir olay kaydı; zaman damgası (timestamp), yatak numarası ve olay türü bilgilerini içermektedir. Bu kayıtlar sistem içerisinde dijital olarak saklanmış ve herhangi bir manuel müdahale veya anket yöntemi kullanılmaksızın doğrudan cihaz tabanlı veri toplama gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım, veri güvenilirliğini artırmakta ve insan kaynaklı hataları ortadan kaldırmaktadır.

#	Buton #	Kayıt Zamanı
25	Buton 2	2022-05-15 16:34:04
24	Buton 5	2022-05-15 16:33:59
23	Buton 4	2022-05-15 16:33:45
22	Buton 3	2022-05-14 19:11:29
21	Buton 2	2022-05-14 19:11:27
20	Buton 2	2022-05-14 19:11:25
19	Buton 6	2022-05-14 19:11:24
18	Buton 6	2022-05-14 19:11:17
17	Buton 5	2022-05-13 22:48:00
16	Buton 4	2022-05-13 22:47:56

Şekil 8. Web arayüzü- çağrı günlüğü

Sistem tarafından oluşturulan olay kayıtları, gömülü sistem üzerinde dijital olarak saklanmakta ve web arayüzü üzerinden erişilebilmektedir. Kayıtlar cihaz tabanlı olarak otomatik üretildiğinden, manuel veri girişine bağlı hata riski ortadan kaldırılmıştır. Veri bütünlüğü, sistem içi kayıtların hastane HBYS arıza bildirim sistemi ile karşılaştırılması yoluyla doğrulanmıştır. Zaman damgaları, sistemin iç zaman mekanizması kullanılarak oluşturulmuş olup, tüm kayıtlar kronolojik olarak saklanmıştır.

2.6. Performans değerlendirilmesi ve maliyetler

Pilot uygulama süresince aşağıdaki parametreler izlenmiştir:

- Buton tetikleme – çıkış aktivasyonu gecikme süresi
- Ağ üzerinden durum güncelleme süresi
- Wi-Fi bağlantı kararlılığı
- Donanım ısınma ve güç stabilitesi

Ayrıca ticari hemşire çağrı sistemi teklif bedeli ile geliştirilen sistemin toplam bileşen maliyeti karşılaştırılmıştır.

2.7. Veri toplama ve analiz süreci

Bu çalışmada kullanılan performans ve güvenilirlik verileri, sistemin aktif olarak çalıştığı dört yıllık süre boyunca otomatik olarak oluşturulan olay kayıtlarından elde edilmiştir. Toplanan veriler periyodik olarak incelenmiş ve sistem performansını değerlendirmek amacıyla aşağıdaki analizler gerçekleştirilmiştir:

- Toplam olay sayısının belirlenmesi
- Arıza türlerinin sınıflandırılması
- Ortalama arızalar arası sürenin (MTBF) hesaplanması
- Arıza oranının belirlenmesi

Bu analizler, sistemin uzun dönemli davranışını nicel olarak ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca, sistemde meydana gelen arızaların takibi yalnızca gömülü sistem kayıtları ile sınırlı kalmamış, aynı zamanda hastane genelinde kullanılan Hastane Bilgi Yönetim Sistemi (HBYS) arıza bildirim modülü üzerinden de doğrulanmıştır.

Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi, Tavşanlı Doç. Dr. Mustafa Kalemler Devlet Hastanesi'ne bağlı olarak faaliyet göstermekte olup, sistemle ilgili arıza bildirimleri sorumlu sağlık personeli tarafından HBYS üzerinden oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu kayıtlar, teknik servis personeline iletilmekte ve arızalara müdahale süreçleri yine aynı sistem üzerinden takip edilmektedir. Bu çalışma kapsamında, hemşire çağrı sistemine ait arıza kayıtları HBYS verileri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiş ve böylece veri doğruluğu artırılmıştır. HBYS arıza bildirim ve müdahale süreçlerine ait örnek ara yüz Şekil 9'da sunulmuştur. Bu yaklaşım, çalışmada kullanılan arıza verilerinin yalnızca sistem içi

kayıtlarla değil, aynı zamanda kurumsal kayıt sistemleriyle de desteklenmesini sağlayarak analizlerin güvenilirliğini artırmaktadır.

Talep No	Mkys5	Mkys5 Bilgi	Arıza Tarihi	Bildirim Tarihi	İş Talep Grubu	Tacis Kayıtlı	Açıklama	Talepte Bulunan	Talep Yapan Birim	Birlik/Bölge Sorumlusu
13711			08.03.2023 11:37	08.03.2023 11:37	Teknik Servis Arızaları > Elektrik Arızası		1311 VE 1316 ARASINDAKİ ODALARIN HEMŞİRE ÇAĞRI PANOLARINDA ELEKTRİK YOK - IP ADRESİ 10.43.147.54	Örtem Kızılkış Sökmen	DOC. DR. MUSTAFA KALEMLİ TAVŞANLI DEVLET HASTANESİ	AB KÖROĞLU
11190			30.11.2022 14:51	30.11.2022 14:51	Teknik Servis Arızaları > Elektrik Arızası		3.A KAT HEMŞİRE ÇAĞRI PANOLARI ÇALIŞMIYOR ELEKTRİK YOK - IP ADRESİ 10.43.147.77	Örtem Kızılkış Sökmen	DOC. DR. MUSTAFA KALEMLİ TAVŞANLI DEVLET HASTANESİ	AB KÖROĞLU
10983			18.11.2023 11:37	30.11.2022 14:51	Teknik Servis Arızaları > Elektrik Arızası		3.A KAT HEMŞİRE ÇAĞRI PANOLARI ÇALIŞMIYOR ELEKTRİK YOK - IP ADRESİ 10.43.147.77	Örtem Kızılkış Sökmen	DOC. DR. MUSTAFA KALEMLİ TAVŞANLI DEVLET HASTANESİ	AB KÖROĞLU
10989			18.11.2023 11:37	30.11.2022 14:51	Teknik Servis Arızaları > Elektrik Arızası		3.A KAT HEMŞİRE ÇAĞRI PANOLARI ÇALIŞMIYOR ELEKTRİK YOK - IP ADRESİ 10.43.147.77	Örtem Kızılkış Sökmen	DOC. DR. MUSTAFA KALEMLİ TAVŞANLI DEVLET HASTANESİ	AB KÖROĞLU

Şekil 9. HBYS arıza bildirim ve teknik servis müdahale ekranı

3. Bulgular

3.1. Kurulum ve devreye alma sonuçları

Tasarlanan IoT tabanlı hemşire çağrı sistemi, pilot uygulama kapsamında toplam 32 yatakta devreye alınmıştır. Sistem kurulumu tamamlandıktan sonra gerçekleştirilen ilk testlerde:

- Tüm yatlardan çağrı sinyali başarıyla alınmıştır.
- Görsel ve işitsel uyarılar eş zamanlı ve gecikmesiz çalışmıştır.
- Web arayüzünde çağrı durumları doğru şekilde görüntülenmiştir.

3.2. İşletme süresi ve güvenilirlik bulguları

IoT tabanlı hemşire çağrı sisteminin uzun dönemli performansını nicel olarak değerlendirmek amacıyla temel güvenilirlik parametreleri hesaplanmıştır. Analizlerde sistemin yaklaşık dört yıllık aktif kullanım süresi esas alınmıştır.

3.2.1. Toplam çalışma süresi

Sistem yaklaşık 4 yıl boyunca aktif olarak işletilmiştir. Toplam çalışma süresi saat cinsinden aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$T = 4 * 365 * 24$$

$$T = 35040 \text{ saat}$$

3.2.2. Toplam arıza/olay sayısı

Dört yıllık süre içerisinde kaydedilen olaylar:

- 3 adet mekanik çağrı butonu arızası
- 2 adet yazılımsal reset işlemi

- Toplam olay sayısı: $N = 5$

Bu olayların hiçbiri mikrodenetleyici donanım arızası ya da güç kaynağı kaynaklı sistem çökmesi değildir.

3.2.3. Arızalar arası ortalama süre (MTBF)

Arızalar Arası Ortalama Süre (Mean Time Between Failures (MTBF)), sistemin iki arıza arasında ortalama çalışma süresini ifade eder ve Denklem (1)' deki gibi hesaplanır:

$$MTBF = \frac{T}{N} \quad (1)$$

$$MTBF = \frac{35040}{5} = 7008 \text{ saat}$$

Bu sonuç, sistemin ortalama olarak yaklaşık 7008 saat (≈ 292 gün) kesintisiz çalıştığını göstermektedir.

3.2.4. Arıza oranı (failure rate)

Saatlik arıza oranı (λ), Denklem (2)' deki MTBF'in tersidir:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{1}{7008} \approx 1.43 * 10^{(-4)} \text{ saat}^{-1}$$

Bu değer, sistemin saatlik arıza olasılığının oldukça düşük olduğunu göstermektedir.

3.2.5. Operasyonel süreklilik (uptime)

Muhafazakâr bir yaklaşımla, her olay için 1 saatlik toplam kesinti varsayılmıştır. Bu durumda toplam kesinti süresi:

$$D = 5$$

Uptime oranı Denklem (3)' deki gibi hesaplanmıştır:

$$Uptime(\%) = \frac{T - D}{T} * 100 \quad (3)$$

$$Uptime(\%) = \frac{35040 - 5}{35040} * 100$$

$$Uptime(\%) \approx 99,9857$$

Gerçekte reset işlemlerinin sistem tamamen devre dışı kalmadan gerçekleştirilmiş olması nedeniyle operasyonel süreklilik oranı bu değerinde olabilir. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki:

- Sistem yaklaşık dört yıllık saha kullanımında kritik donanım arızası göstermemiştir.
- Ortalama arızalar arası süre yaklaşık 7000 saat düzeyindedir.
- Saatlik arıza oranı 10^{-4} mertebesinde.
- Operasyonel süreklilik %99,98'in üzerindedir.

Bu bulgular, IoT tabanlı gömülü sistem mimarisinin hastane ortamında uzun dönemli, kararlı ve güvenilir şekilde çalışabileceğini nicel olarak ortaya koymaktadır.

3.3. Elektriksel süreklilik

Sistem beslemesi doğrudan hastane UPS hattından sağlanmıştır. Bu nedenle:

- Şebeke kaynaklı enerji kesintilerinde sistem kesintisiz çalışmaya devam etmiştir.
- Gerilim dalgalanmalarına bağlı sistem kapanması gözlenmemiştir.
- Güç kararsızlığına bağlı veri kaybı yaşanmamıştır.
- Dört yıllık süreçte enerji kesintisine bağlı herhangi bir sistem durması rapor edilmemiştir.

3.4. İşletme ve bakım kolaylığı

Sistemin işletme süreci oldukça basit ve düşük bakım gereksinimli olarak gözlemlenmiştir. Ticari sistemlerde sık karşılaşılan:

- Çağrı ünitesi pil değişimi
- Merkezi kontrol paneli arızaları
- Lisans veya yazılım güncelleme maliyetleri, gibi işletme giderleri bu sistemde oluşmamıştır.

Bakım faaliyetleri yalnızca:

- Arızalı buton değişimi
- Nadir yazılımsal reset, ile sınırlı kalmıştır. Bu durum sistemin bakım gereksiniminin son derece düşük olduğunu göstermektedir.

3.5. Performans ve tepki süresi

Pilot uygulama süresince yapılan gözlemsel değerlendirmelerde:

- Buton tetikleme ile LED/buzzer aktivasyonu arasında algılanabilir gecikme gözlenmemiştir.
- Web arayüzü güncellemesi yerel ağ koşullarında gerçek zamanlıya yakın çalışmıştır.
- Aynı anda birden fazla çağrı durumunda sistem kararlı şekilde çalışmaya devam etmiştir.

Aşırı yüklenme veya kilitlenme durumu gözlenmemiştir.

3.6. Maliyet bulguları

Sistem için alınan ticari hemşire çağrı sistemi teklif bedeli ile IoT tabanlı sistemin toplam malzeme maliyeti karşılaştırılmıştır. Çalışma için yetkili bir firmadan alınan fiyat teklifi KDV Dahil 57.890 (elli yedi bin sekiz yüz doksan) ₺ iken (Tablo 1); gerçekleştirilen çalışmadaki maliyet 4.096 (dört bin doksan altı) ₺ olarak hesaplanmıştır (Fiyatlar çalışmanın gerçekleştirildiği 2022 yılı Nisan ayına aittir) (Tablo 2). Yaklaşık %93 oranında bir maliyet avantajı elde edilmiştir.

Tablo 1. Yetkili firma teklifi

Kablosuz hemşire çağrı sistemi					
S/N	Ü. kodu	Malzeme cinsi	Miktar	B. fiyat	Tutar
1	Randa digimat	Yatak başı çağrı reset pirizi kablosuz	32 adet	380,00 ₺	12.160,00 ₺
2	Randa digimat	Yatak başı çağrı reset pirizi elseti kablosuz	32 adet	225,00 ₺	7.200,00 ₺
3	Randa digimat	5 satır gösterge paneli kablosuz	2 adet	3.600,00 ₺	7.200,00 ₺
Genel toplam					26.560,00 ₺
Opsiyonel malzeme					
S/N	Ü. kodu	Malzeme cinsi	Miktar	B. fiyat	Tutar
1	Randa digimat	Bilgisayar bağlantı arabirimi	1 adet	3.000,00 ₺	3.000,00 ₺
2	Randa digimat	Hemşire çağrı izleme programı ve PC	1 adet	19.500,00 ₺	19.500,00 ₺

Not: Fiyatlara KDV dahil değildir. Montaj ve devreye alma fiyata dahildir.

Tablo 2. Geliştirilen hemşire çağrı sisteminin toplam bileşen maliyeti

Malzeme adı	Birimi	Miktarı	Özellikleri	Birim bedel (₺)	Toplam bedel (₺)
Güç kaynağı	Adet	32	Giriş: 220VAC, Çıkış: 12VDC, 5amper	65	260
Optokuplör	Adet	32	PC 817	3	96
LED	Adet	32	Mercekl., 3lü, 0,72W, 12VDC modül LED	3	96
Direnç 1k Ω	Adet	52	0,25Watt (KLR)	0,5	26
Direnç 10k Ω	Adet	44	1Watt	0,5	22
ESP 32 modül	Adet	44	Wroom wifi ve bluetooth geliştirme modülü 38 Pin	125	500
Buton	Adet	32	12mm, push buton, NO (Normalde Açık), Yaylı, Yeşil	4	128
Buzzer	Adet	32	12VDC, devreli	5	160
Kablo	Metre	300	CAT5	1,67	500
Breadboard	Adet	20	400 Pin, orta boy	20	20
DC-DC gerilim regülatörü	Adet	4	LM2596 Vin:4-35VDC Vout:1,25-30VDC	20	80
Plastik pano	Adet	2	350X500X190mm.	350	700
Kablo kanalı	Metre	180	25X16mm.	5	900
Klemens kutusu	Adet	32	85X85mm.	17	544
Transistör	Adet	32	BD 135	2	64
Toplam bedel					4096

3.7. Genel değerlendirme

Elde edilen bulgular doğrultusunda:

- Sistem uzun süreli saha kullanımında kararlı çalışmıştır.
- Donanım arızası yok denecek düzeydedir.
- İşletme maliyeti pratik olarak sıfıra yakındır.
- Enerji sürekliliği UPS entegrasyonu sayesinde kesintisiz sağlanmıştır.
- Ticari sistemlere kıyasla çok daha düşük yatırım maliyeti ile benzer işlevsellik elde edilmiştir.

Bu sonuçlar, IoT tabanlı hemşire çağrı sistemlerinin yalnızca düşük maliyetli değil, aynı zamanda uzun dönemli güvenilir bir alternatif olabileceğini göstermektedir.

4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışma, bir çağrı butonuna basılmasıyla başlayan sürecin, yalnızca hasta-personel iletişimi değil, aynı zamanda sağlık tesislerinde akıllı sistem mimarileri, maliyet optimizasyonu ve veri temelli yönetim anlayışı açısından nasıl yeniden yorumlanabileceğini ortaya koymaktadır. Nitekim akıllı hastane mimarileri, IoT ağları ve büyük veri analitiğinin bütüncül entegrasyonu, hemşire çağrı sistemlerini hasta güvenliği ve hasta deneyimi odaklı, ölçülebilir ve sürekli iyileştirilebilir bir altyapıya dönüştürme potansiyeline sahiptir (Yadegari ve Asosheh, 2025; Rodríguez vd., 2022; Rejeb vd., 2023; Ahmad, 2024).

Bu çalışmada, geleneksel hemşire çağrı sistemlerine alternatif olarak IoT tabanlı, gömülü sistem mimarisi üzerine inşa edilmiş bir çözüm tasarlanmış, saha koşullarında uygulanmış ve uzun dönemli performans verileri üzerinden değerlendirilmiştir. Literatürde, kablolu sistemlerin kurulum maliyeti ve arıza tespitindeki zorluklar nedeniyle, Wi-Fi, RF veya LoRa tabanlı IoT hemşire çağrı çözümlerinin giderek daha fazla önerildiği bildirilmektedir (Rodríguez vd., 2022; Nursuwars ve Rahmatulloh, 2019; Megantoro ve Winarno, 2020; Suman, 2023; Wang ve Wu, 2025). Elde edilen bulgular, sistemin hem teknik güvenilirlik hem de ekonomik sürdürülebilirlik açısından güçlü bir alternatif oluşturduğunu göstermektedir; benzer biçimde, düşük güç tüketimi, ucuz donanım (ESP8266, ESP32, Arduino vb.) ve geniş kapsama alanı IoT mimarilerini maliyet-etkin kılmaktadır (Riyad vd., 2021; Rodríguez vd., 2022; Megantoro ve Winarno, 2020; Suman, 2023; Wang ve Wu, 2025).

Yaklaşık dört yıllık aktif kullanım süresince yalnızca üç mekanik buton arızası ve iki yazılımsal reset ile, kritik mikrodenetleyici veya haberleşme arızasının gözlenmemiş olması, literatürde prototip düzeyinde gösterilen güvenilirliğin gerçek saha koşullarında da sağlanabildiğini nicel olarak desteklemektedir (Rodríguez vd., 2022; Salcedo vd., 2019; Wang ve Wu, 2025). Hesaplanan ortalama arızalar arası sürenin (~7008 saat) ve %99,98'in üzerindeki operasyonel sürekliliğin, özellikle kesintisiz hizmet gerektiren hastane ortamları için hedeflenen güvenilirlik düzeyleriyle uyumlu olduğu görülmektedir (Rodríguez vd., 2022; Upadhyay vd., 2023; Wang ve Wu, 2025). UPS hattından besleme ve merkezi kontrol paneline bağımlı olmayan dağıtık mimari, tekil arıza noktalarını azaltma ve güç sürekliliği sağlama açısından, bulut/yerel hibrit veya dağıtık IoT çözümlerinin önerildiği güncel yaklaşımlarla örtüşmektedir (Riyad vd., 2021; Wang vd., 2024; Upadhyay vd., 2023; De Rosa vd., 2020; Wang ve Wu, 2025).

Ekonomik açıdan bakıldığında, kablolu ticari sistemlere kıyasla belirgin ilk yatırım tasarrufu ve pil/lisans/bakım giderlerinin ortadan kalkması, IoT tabanlı hemşire çağrı sistemlerinin hem maliyet düşürücü hem de sürdürülebilir bir seçenek olarak konumlandığını gösteren

çalışmalarla paraleldir (Riyad vd., 2021; Astutik vd., 2021; Rodríguez vd., 2022; Suman, 2023; Al-Rawashdeha vd., 2024).

Bu çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalardan çok önemli temel farkları bulunmaktadır. Çalışmanın ilk ve en önemli katkısı zaman aralığıdır. Mevcut çalışmalar kısa süreli testlerle sınırlıyken bu çalışma 4 yıllık veri sunmaktadır. Diğer önemli katkı ise gerçek dünya verileri kullanılarak nicel maliyet analizi sunmasıdır. Ayrıca çalışma verimlilik analizi MTBF hesaplayarak literatürdeki diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Güncel literatür ile karşılaştırma Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. Literatür karşılaştırması

Çalışma	Ortam	Süre	Güvenilirlik Analizi	Maliyet
Astutik ve ark. (2021)	Laboratuvar / simülasyon tabanlı, çoklu senaryo	Kısa süreli deneysel	Üç senaryoda iletişim başarısı raporlanmış; nicel güvenilirlik metriği (örn. MTBF, hata oranı) bulunmamaktadır	Kısmi değerlendirme; kablolu ve bakım avantajı belirtilmiş, nicel maliyet analizi bulunmamaktadır
Rodríguez ve ark. (2022)	Gerçek hastane + pilot uygulama	Kısa-orta dönem	Yanıt süresi ve hasta güvenliği iyileşmesi raporlanmış; MTBF / uptime verisi bulunmamaktadır	Maliyet analizi yapılmamış; yalnızca düşük güç tüketimi vurgulanmıştır
Nursuvars ve ark. (2019)	Gerçek hastane prototipi	Kısa süreli saha çalışması	Çağrı sayısı ve yanıt süresi raporlanmış; detaylı güvenilirlik metrikleri bulunmamaktadır	Maliyet analizi bulunmamakta; yalnızca altyapı bileşenleri açıklanmıştır
Riyad ve ark. (2021)	Deneysel prototip	Kısa süreli test	Performans ve kapsama artışı gösterilmiş; istatistiksel güvenilirlik analizi bulunmamaktadır	Nicel maliyet analizi yok; düşük maliyetli tasarım vurgulanmıştır
Megantoro&Winarno (2020)	Gerçek servis tabanlı uygulama	Kısa süreli test	Veri kaydı başarısı gösterilmiş; hata oranı, uptime veya MTBF raporlanmamıştır	Maliyet analizi yapılmamış; entegrasyon kolaylığı belirtilmiştir
Aref ve ark. (2018)	Prototip (5 oda test ortamı)	Kısa süreli test	Eşzamanlı çalışma gösterilmiş; nicel güvenilirlik verisi bulunmamaktadır	Maliyet analizi yapılmamış; kablolu ihtiyaçının azalması belirtilmiştir
Paul ve ark. (2022)	Prototip	Kısa süreli deneme	Genel performans yeterli bulunmuş; detaylı güvenilirlik analizi yapılmamıştır	Düşük maliyetli bileşen kullanımı belirtilmiş; nicel analiz bulunmamaktadır
Kartika ve ark. (2021)	Laboratuvar Testi	Kısa süreli test	Mesafe ve engel koşullarında başarılı iletişim; yüzdesel başarı / hata oranı verilmemiştir	Maliyet analizi bulunmamaktadır
Kanan &Obaidallah (2016)	Tasarım + deneysel doğrulama	Belirsiz	Konumlandırma başarısı gösterilmiş; güvenilirlik oranı veya uzun dönem veri bulunmamaktadır	Maliyet analizi bulunmamaktadır
Uluçay ve ark. (2026)	Gerçek hastane ortamı	Uzun dönem (4 yıl)	MTBF analizi yapılmış; uzun dönem güvenilirlik verisi mevcuttur	Nicel maliyet analizi yapılmış; %93 maliyet avantajı gösterilmiştir

Çalışmada geliştirilen sistem 32 yataklı birim üzerinde başarıyla test edilmiştir. Ancak daha büyük ölçekli hastanelerde (örneğin 200 yatak ve üzeri), Wi-Fi ağ trafiği, IP yönetimi ve merkezi izleme arayüzünün performansı gibi faktörlerin dikkatle planlanması gerekmektedir. Dağıtık IoT mimarisi, teorik olarak yüksek ölçeklenebilirlik sunmakla birlikte, ağ altyapısının bu büyümeyi destekleyecek şekilde yapılandırılması kritik öneme sahiptir.

Bu çalışmada geliştirilen sistem, hastane içi yerel ağ (LAN) üzerinde çalışacak şekilde

yapılandırılmıştır. Kablosuz iletişimde WPA2 tabanlı şifreleme kullanılmış ve sistem dış ağ erişimine kapalı tutulmuştur. Bu sayede dış müdahalelere karşı temel güvenlik önlemleri sağlanmıştır. Bununla birlikte, daha gelişmiş güvenlik ihtiyaçları için TLS tabanlı şifreleme, kullanıcı doğrulama (authentication) ve rol tabanlı yetkilendirme mekanizmalarının gelecekte sisteme entegre edilmesi planlanabilir.

Sistem tasarımında veri iletimi için HTTP protokolü tercih edilmiştir. MQTT gibi hafif mesajlaşma protokolleri özellikle IoT uygulamalarında yaygın olarak kullanılmakla birlikte, bu çalışmada HTTP tercih edilmesinin temel nedenleri; sistemin basitliği, mevcut altyapı ile uyumluluğu ve merkezi bir broker gereksinimini ortadan kaldırmasıdır. Bununla birlikte, daha büyük ölçekli sistemlerde MQTT gibi publish-subscribe mimarilerinin ağ verimliliği açısından avantaj sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Sistem kullanım süresince hemşireler ve teknik personel tarafından gözlemsel olarak değerlendirildiğinde, arayüzün anlaşılır ve kullanımının kolay olduğu görülmüştür. Her ne kadar bu çalışmada formal bir kullanıcı memnuniyeti anketi uygulanmamış olsa da sistemin günlük klinik iş akışına sorunsuz şekilde entegre olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışma aşağıdaki yönleriyle literatüre katkı sağlamaktadır:

1. Gerçek hastane ortamında 4 yıllık uzun dönem veri sunulması
2. MTBF ve failurerate'in gerçek saha verisiyle hesaplanması
3. Nicel maliyet karşılaştırması (%93)
4. HBYS ile doğrulanmış arıza verisi

Bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle, sistemin kullanıcı deneyimi ve memnuniyetine yönelik formal bir anket veya ölçeklendirilmiş değerlendirme yapılmamıştır. Kullanılabilirlik değerlendirmeleri, saha gözlemleri ve kullanıcı geri bildirimleri ile sınırlı kalmıştır. Ayrıca çalışma tek bir hastane ve sınırlı yatak kapasitesine sahip bir birimde gerçekleştirilmiştir. Daha geniş ölçekli ve çok merkezli çalışmalar, sistemin genellenebilirliğini daha güçlü biçimde ortaya koyabilir.

Sonuç olarak, uygun mühendislik tasarımı ve doğru entegrasyon ile geliştirilen IoT tabanlı hemşire çağrı sistemlerinin; düşük maliyetli, sürdürülebilir ve güvenilir bir alternatif oluşturduğu görülmektedir. Mikro ölçekte elde edilen teknik ve ekonomik kazanımların, daha geniş ölçekte uygulandığında sağlık sisteminde anlamlı makroekonomik katkılar sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Bu çalışma, hemşire çağrı sistemlerinin dijital dönüşüm perspektifiyle yeniden ele alınabileceğini ve yerel mühendislik çözümleriyle etkin biçimde geliştirilebileceğini göstermektedir. Sistemin çalışma prensibinin görsel olarak sunulabilmesi amacıyla hazırlanan kısa tanıtım videosuna, Şekil 10'te yer alan QR kod aracılığıyla erişilebilmektedir.



Şekil 10. Video QR

Etik onay: Bu çalışma için Etik Kurul izni Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulu'ndan alınmıştır (Karar No: 2022/13, Toplantı Sayısı:09).

Çıkar çatışması beyanı: Tüm yazarlar, bu çalışma kapsamında herhangi bir finansal veya kişisel çıkar çatışmasının bulunmadığını beyan eder.

Kurumsal ve finansal destek beyanı: Araştırma ile ilgili herhangi bir proje ya da fon desteği alınmamıştır.

Teşekkür: Bu çalışma Tavşanlı Doç. Dr. Mustafa Kalemli Devlet Hastanesi'ne bağlı Fizik Tedavi Ek Hizmet Binasında yürütülmüştür. Çalışmanın planlanması ve uygulanması sürecinde kurumsal destek sağlayan Hastane Yönetimine teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Abdulmalek, S., Nasir, A., Jabbar, W., Almuhaaya, M., Bairagi, A., Khan, M., & Kee, S. (2022). IoT-based healthcare-monitoring system towards improving quality of life: A review. *Healthcare*, 10, 1993. <https://doi.org/10.3390/healthcare10101993>
- Abdulkalamazad, G., Loknath, P., Kavin, A., Logesh, S., & Kowshick, C. (2025). IoT-based smart healthcare system for real-time patient monitoring and care. *International Journal of Science and Research Archive*, 14(1), 456-463. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2025.14.1.0123>
- Ahmad, A. (2024). Enhancing hospital efficiency through IoT and AI: A smart healthcare system. *Journal of Computer Science Application and Engineering (JOSAPEN)*, 12(2), 45-53.
- Al-Rawashdeha, M., Keikhosrokiani, P., Belaton, B., Alawida, M. & Zwiri, A. (2024). Effective factors for the adoption of IoT applications in nursing care: A theoretical framework for smart healthcare. *Journal of Building Engineering*, 86, 108765. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.108765>
- Aref, M., El-Shinnawi, A. A., & Sharawi, A. A. (2018). Wireless nurse call system in medical institutions. *American Journal of Biomedical Research*, 6(2), 40-45. <https://doi.org/10.12691/ajbr-6-2-2>
- Astutik, R., Winarno, H., & Wahyuni, R. (2021). Wireless nurse call system using IoT implementation. 2021 3rd International Conference on Research and Academic Community Services (ICRACOS) (pp. 50-55). IEEE. <https://doi.org/10.1109/icracos53680.2021.9702044>
- Avaji, G., & N, D. (2024). IoT innovations in healthcare: Enhancing patient care and operational efficiency. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5(7), 1234-1241.
- De Rosa, I., Pepino, A., Giaconia, G., & Guarino, M. (2020). Bedside communication and management of vital parameters and alarms in care-intensive environments: Simulation model development for the clinical effectiveness analysis of an innovative technology. *Global Clinical Engineering Journal*, 3(1), 12-21.
- E, M., Suman, N., & C, B. (2023). A lowpower, long range, portable wireless nurse call system. 2023 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication, Embedded and Secure Systems (ACCESS) (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/access57397.2023.10201200>
- Islam, M., Rahaman, A., & Islam, M. (2020). Development of smart health care monitoring system in IoT environment. *SN Computer Science*, 1(3), 185. <https://doi.org/10.1007/s42979-020-00195-y>
- Kanan, R., & Elhassan, O. (2016). A combined battery less radio and WiFi indoor positioning for hospital nursing. *Journal of Communications Software and Systems*, 12(1), 34-44. <https://doi.org/10.24138/jcomss.v12i1.89>
- Kartika, W., Santoso, I., & Supriyadi, K. (2021). Simple wireless nurse call on distance measurement. *Journal of Robotics and Control*, 2(3), 145-147. <https://doi.org/10.18196/jrc.2368>
- Li, C., Wang, J., Wang, S., & Zhang, Y. (2024). A review of IoT applications in healthcare. *Neurocomputing*, 565, 127017. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2023.127017>
- Megantoro, P., & Winarno, H. (2020). EKA v1: Emergency call auto-register, an emergency warning system based on internet of things for intensive care patient at hospital. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 835, 012033. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/835/1/012033>

- Mehta, N., & Pandit, A. (2018). Concurrence of big data analytics and healthcare: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 114, 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2018.03.013>
- Nursuwars, F., & Rahmatulloh, A. (2019). RFID for nurse activity monitoring in the hospital's nurse call system with internet of thing (IoT) concept. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 550, 012025. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/550/1/012025>
- Paul, L., Ahmed, S., & Karmakar, K. (2022). A smart multi-user wireless nurse calling system and e-notice board for health care management. In *Proceedings of International Conference on Smart Computing and Cyber Security* (pp. 421-431). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7597-3_35
- Rejeb, A., Rejeb, K., Treiblmaier, H., Appolloni, A., Alghamdi, S., Alhasawi, Y., & Iranmanesh, M. (2023). The internet of things (IoT) in healthcare: Taking stock and moving forward. *Internet of Things*, 22, 100721. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100721>
- Riyad, O., Sharif, A., Suhan, A., & Khan, M. (2021). An IOT based nurse calling system for real-time emergency alert using local wireless network. *2021 IEEE 12th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)* (pp. 0924-0929). IEEE. <https://doi.org/10.1109/uemcon53757.2021.9666705>
- Rodríguez, E., Fernandez, L., Orta, G., Horta, A., Barco, C., Barrionuevo, K., Cama-Pinto, D., Arrabal-Campos, F., Martínez-Lao, J., & Cama-Pinto, A. (2022). A platform for inpatient safety management based on IoT technology. *Inventions*, 7(4), 116. <https://doi.org/10.3390/inventions7040116>
- Salcedo, A., Baena, C., & González, C. (2019). Design of a nursing call system: An alternative. *Visión Electrónica*, 13(1), 78-85.
- Upadhyay, S., Kumar, M., Upadhyay, A., Verma, S., Kaur, M., Khurma, R., & Castillo, P. (2023). Challenges and limitation analysis of an IoT-dependent system for deployment in smart health care using communication standards features. *Sensors*, 23(15), 6789. <https://doi.org/10.3390/s23156789>
- Wang, B., Shi, X., Han, X., & Xiao, G. (2024). The digital transformation of nursing practice: An analysis of advanced IoT Technologies and smart nursing systems. *Frontiers in Medicine*, 11, 1398765. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1398765>
- Yadegari, F., & Asosheh, A. (2025). A unified IoT architectural model for smart hospitals: Enhancing interoperability, security, and efficiency through clinical information systems (CIS). *Journal of Big Data*, 12(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s40537-025-00999-8>

Dijital Sağlıkta İnsan Kaynağına Yatırım: Telerehabilitasyon Farkındalık Eğitiminin Sonuçları

Pınar GÜNGÖR KETENCİ¹, Özlem ÖZTEKİN², Başak BİLİR KAYA³

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı, İstanbul'da yürütülen İSTER Projesi kapsamında sunulan Telerehabilitasyon Farkındalık Eğitimi'nin katılımcıların telerehabilitasyona ilişkin bilgi test puanları üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Türkiye'de telerehabilitasyon alanındaki çalışmaların büyük bölümü klinik sonuçlara odaklanırken, sağlık profesyonelleri ve öğrencilerin telerehabilitasyona yönelik bilgi ve eğitim gereksinimlerini desteklemeyi amaçlayan geniş ölçekli eğitim müdahalelerine ilişkin kanıtlar sınırlıdır. Bu çalışma, farklı disiplinlerden sağlık profesyonelleri ve üniversite öğrencilerini kapsayan geniş ölçekli bir eğitim programının değerlendirilmesini sunmaktadır.

Yöntem: Bu çalışma, telerehabilitasyon farkındalık eğitiminin telerehabilitasyona ilişkin bilgi test puanları üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla tek gruplu ön-test/son-test tasarımı sahip yarı deneysel bir araştırma olarak yürütülmüştür. Eğitim modülüne kayıt olan tüm katılımcılara standartlaştırılmış ön-test ve son-test uygulanmıştır. Eğitim, proje kapsamında geliştirilen kullanıcı dostu bir çevrimiçi platform üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ölçme aracı; telerehabilitasyonun tanımı, kullanım alanları, avantajları, veri güvenliği ve mahremiyet ilkeleri ile klinik uygulama örneklerini içeren çoktan seçmeli sorulardan oluşmaktadır.

Bulgular: Eğitime katılım oranı öngörülenden yüksek olup toplam 6.772 katılımcı eğitimi tamamlamıştır. Ön-test ve son-test ortalama puanları karşılaştırıldığında, katılımcı sayısının yeterli olduğu gruplarda telerehabilitasyona ilişkin bilgi test puanlarında istatistiksel olarak anlamlı artışlar saptanmıştır ($p < 0,001$). Sağlık profesyonelleri ve üniversite öğrencilerinden oluşan tüm analiz gruplarında son-test puanları ön-test puanlarından daha yüksek bulunmuştur. Cohen's d değerleri analiz edilen gruplarda büyük etki büyüklüklerine işaret etmiştir.

Sonuç: Telerehabilitasyon farkındalık eğitimi sonrasında katılımcıların telerehabilitasyona ilişkin bilgi test puanlarında artış gözlenmiştir. Elde edilen bulgular, telerehabilitasyona yönelik eğitim programlarının bilgi puanlarındaki kısa dönemli değişimlerle ilişkili olabileceğini göstermektedir. Sonuçlar, dijital sağlık alanında yürütülen eğitim faaliyetlerinin sağlık iş gücünün telerehabilitasyona ilişkin bilgi kapasitesinin geliştirilmesine katkı sağlayabileceğini düşündürmektedir. Dijital sağlık uygulamalarının sürdürülebilir biçimde yaygınlaştırılabilmesi için sağlık profesyonelleri ve öğrencilerin bilgi ve dijital hazırlık düzeylerini destekleyen eğitim yaklaşımlarının önem taşıdığı değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Telerehabilitasyon, farkındalık eğitimi, dijital sağlık, sağlık eğitimi, uzaktan rehabilitasyon.

1. Phd. Dr., Erenköy Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi, Kalite Yönetim Birimi, pinargungorketenci@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6154-8481>
2. M.Sc., Erenköy Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi, Sağlık Bakım Hizmetleri Müdürlüğü, ozlemoztekinfr@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9179-1551>
3. Prof. Dr., Erenköy Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi, Başhekimlik, basakbilir@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9586-9547>

Gönderim tarihi : 02.01.2026

Kabul tarihi : 12.06.2026

Atıfta bulunmak için: Güngör Ketenci, P., Öztekin, Ö. & Bilir Kaya, B. (2026). Dijital sağlıkta insan kaynağına yatırım: telerehabilitasyon farkındalık eğitiminin sonuçları. Eurasian Journal Of Health Technology Assessment, 10(1); 21-33. <https://doi.org/10.52148/ehta.1854688>

Investment in Human Resources in Digital Health: Outcomes of a Telerehabilitation Awareness Training

Pınar GÜNGÖR KETENCİ¹, Özlem ÖZTEKİN², Başak BİLİR KAYA³

Abstract

Objective: This study aimed to evaluate the effect of the Telerehabilitation Awareness Training delivered within the scope of the ISTER Project in Istanbul on participants' telerehabilitation knowledge test scores. Although the majority of studies on telerehabilitation in Türkiye have primarily focused on clinical outcomes, evidence regarding large-scale educational interventions designed to support the telerehabilitation-related knowledge and educational needs of healthcare professionals and students remains limited. This study presents an evaluation of a large-scale educational program involving healthcare professionals and university students from diverse disciplines.

Methods: This quasi-experimental study employed a single-group pre-test/post-test design to assess the effect of telerehabilitation awareness training on telerehabilitation knowledge test scores. All participants enrolled in the training module completed standardized pre-test and post-test assessments. The training was delivered through a user-friendly online platform developed within the scope of the project. The assessment instrument consisted of multiple-choice questions covering the definition of telerehabilitation, areas of application, advantages, data security and privacy principles, and examples of clinical practice.

Results: Participation in the training exceeded initial expectations, with a total of 6,772 participants completing the program. Comparison of pre-test and post-test mean scores demonstrated statistically significant increases in telerehabilitation knowledge test scores among groups with sufficient sample sizes for analysis ($p < 0.001$). Post-test scores were higher than pre-test scores across all analyzed groups comprising healthcare professionals and university students. Cohen's d values indicated large effect sizes in the analyzed groups.

Conclusion: Increases in telerehabilitation knowledge test scores were observed following the telerehabilitation awareness training. The findings suggest that educational programs focused on telerehabilitation may be associated with short-term improvements in knowledge test scores. The results further indicate that educational initiatives in digital health may contribute to strengthening the telerehabilitation-related knowledge capacity of the healthcare workforce. Supporting the knowledge and digital readiness of healthcare professionals and students through targeted educational approaches appears to be important for the sustainable expansion of digital health applications.

Keywords: Telerehabilitation, awareness training, digital health, health education, remote rehabilitation.

1. PhD, Erenköy Physical Medicine and Rehabilitation Hospital, Quality Management Unit, pinargungorketenci@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6154-8481>
2. M.Sc., Erenköy Physical Medicine and Rehabilitation Hospital, Directorate of Nursing and Health Care Services, ozlemoztekinfr@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9179-1551>
3. Prof., MD, Erenköy Physical Medicine and Rehabilitation Hospital, Office of the Chief Physician, basakbilir@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9586-9547>

Received : 02.01.2026

Accepted : 12.06.2026

Cite this paper: Güngör Ketenci, P., Öztekin, Ö. & Bilir Kaya, B. (2026). Investment in human resources in digital health: outcomes of a telerehabilitation awareness training. *Eurasian Journal of Health Technology Assessment*, 10(1); 21-33. <https://doi.org/10.52148/ehta.1854688>

1. Giriş

Dijital sağlık teknolojilerindeki hızlı gelişim, sağlık hizmetlerinin sunumunda önemli bir dönüşüm sürecini beraberinde getirmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin sağlık sistemlerine entegrasyonu, hizmetlerin mekândan ve zamandan bağımsız biçimde sunulmasına olanak tanırken erişilebilirlik, süreklilik ve verimlilik açısından yeni fırsatlar yaratmaktadır. Bu dönüşüm süreci, sağlık hizmetlerinin planlanması, insan kaynağı yönetimi ve teknoloji yatırımlarına ilişkin kararların daha sistematik ve kanıta dayalı biçimde değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Dijital sağlık uygulamalarının sağlık sistemlerine başarılı biçimde entegre edilebilmesi, teknolojik altyapının yanı sıra sağlık profesyonellerinin bu teknolojileri kullanmaya yönelik bilgi, beceri ve hazırlık düzeyleriyle de yakından ilişkilidir. Sağlık iş gücünün dijital dönüşüme uyum sağlayabilmesi, teknoloji yatırımlarının sürdürülebilirliği ve sağlık hizmetlerinin etkin biçimde sunulması açısından kritik öneme sahiptir (O'Rourke vd., 2020; WHO, 2019).

Dijital sağlık dönüşümünün önemli bileşenlerinden biri olan telerehabilitasyon, rehabilitasyon hizmetlerinin uzaktan sunulmasına olanak tanıyan yenilikçi bir sağlık hizmeti modeli olarak öne çıkmaktadır. Telerehabilitasyon, dijital platformlar aracılığıyla hasta ve sağlık profesyonellerini bir araya getirerek rehabilitasyon hizmetlerinin coğrafi engellerden bağımsız biçimde sürdürülebilmesini mümkün kılmaktadır (Peretti vd., 2017; World Health Organization [WHO], 2019). Literatürde telerehabilitasyonun sağlık hizmetlerine erişimi artırma, hizmet sunum kapasitesini destekleme ve sağlık hizmetlerinin daha etkin biçimde sunulmasına katkı sağlama potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir (Kairy vd., 2009; Dorsey ve Topol, 2020).

Telerehabilitasyon; nörolojik, ortopedik ve kronik hastalıkların rehabilitasyon süreçlerinde sağlık hizmetlerinin daha etkin ve sürdürülebilir biçimde sunulmasını desteklemekte, ulaşım ve zaman kısıtlılıklarını azaltarak hizmet sunumunda esneklik sağlamaktadır. Sistematik derlemeler ve meta-analizler telerehabilitasyonun birçok rehabilitasyon alanında klinik etkinlik açısından geleneksel yüz yüze yaklaşımlarla karşılaştırılabilir düzeyde olduğunu göstermektedir (Cottrell vd., 2017; Pitliya vd., 2024; Federico vd., 2024; Tenforde et al., 2020). Bunun yanı sıra organizasyonel yükün azalması ve kaynak kullanımının daha verimli hâle gelmesi telerehabilitasyonun sağlık sistemleri açısından önemli avantajları arasında yer almaktadır (Kruse vd., 2018).

Buna karşın telerehabilitasyonun klinik etkinliğine ilişkin güçlü kanıtlara rağmen sağlık sistemlerine entegrasyonu ve yaygın biçimde uygulanması çeşitli bariyerlerle sınırlanmaktadır. Sağlık profesyonellerinin telerehabilitasyon konusundaki bilgi ve deneyim eksikliği, teknoloji kullanımına yönelik çekinceler ile veri güvenliği ve mahremiyet kaygıları bu bariyerler arasında öne çıkmaktadır (Greenhalgh vd., 2017; Gagnon vd., 2016). Tele-sağlık uygulamalarının benimsenmesini etkileyen bu faktörler teknolojinin klinik etkinliğinden bağımsız olarak uygulamanın kabul edilebilirliği ve sürdürülebilirliği açısından belirleyici rol oynamaktadır (Kruse vd., 2018).

Sağlık profesyonellerinin dijital sağlık teknolojilerini benimsemesi ve klinik uygulamalarına entegre etmesi; bilgi düzeyi, dijital yetkinlik, e-sağlık okuryazarlığı ve dijital hazırlık (digital readiness) gibi çok boyutlu bileşenlerden etkilenmektedir. Teknoloji Kabul Modeli'ne göre bireylerin yeni teknolojileri kullanma niyeti, teknolojinin algılanan yararlılığı ve kullanım kolaylığına ilişkin değerlendirmelerinden etkilenmektedir (Davis, 1989). Bu nedenle telerehabilitasyona yönelik eğitim ve farkındalık programları yalnızca bilgi aktarımı sağlamamakta, aynı zamanda sağlık profesyonellerinin ve öğrencilerin dijital sağlık

uygulamalarına yönelik hazırlıklarını ve teknoloji kabul süreçlerini destekleyebilecek bir araç olarak değerlendirilmektedir.

Telerehabilitasyonun sağlık sistemlerinde etkili biçimde yaygınlaştırılabilmesi, sağlık profesyonelleri ve sağlık alanında eğitim gören öğrencilerin bilgi ve yetkinlik düzeylerinin geliştirilmesiyle yakından ilişkilidir. Eğitim ve farkındalık programları, dijital sağlık teknolojilerinin sağlık sistemlerine entegrasyonunda insan kaynağı kapasitesini güçlendirmeye yönelik önemli araçlar arasında yer almaktadır (O'Rourke vd., 2020; WHO, 2019). Dünya Sağlık Örgütü de dijital sağlık uygulamalarının sürdürülebilir biçimde yaygınlaştırılabilmesi için sağlık iş gücünün dijital yetkinliklerinin geliştirilmesini temel bir gereklilik olarak vurgulamaktadır (WHO, 2019).

Türkiye'de telerehabilitasyon alanında yürütülen araştırmaların büyük bölümü klinik sonuçlar, hasta memnuniyeti ve rehabilitasyon çıktıları üzerine odaklanmaktadır. Buna karşın sağlık profesyonellerinin ve sağlık alanında öğrenim gören öğrencilerin telerehabilitasyona yönelik bilgi düzeyleri, dijital hazırlıkları ve eğitim gereksinimlerine ilişkin kanıtlar sınırlıdır. Özellikle sağlık profesyonelleri ile öğrencileri birlikte değerlendiren, çok disiplinli katılımcı yapısına sahip ve eğitim müdahalelerinin bilgi kazanımı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmaların sayısı oldukça azdır. Telerehabilitasyona yönelik farkındalık ve eğitim programlarının geniş ölçekli uygulamalarının değerlendirilmesine ilişkin literatürde önemli bir bilgi boşluğu bulunmaktadır.

Bu çalışma, söz konusu bilgi boşluğunu ele almak amacıyla İSTER Projesi kapsamında yürütülen telerehabilitasyon farkındalık eğitimini değerlendirmektedir. Çalışmanın özgün yönleri; 6.772 katılımcıyı kapsayan geniş örnekleme sahip olması, farklı disiplinlerden sağlık profesyonelleri ile üniversite öğrencilerini birlikte değerlendirmesi ve eğitim öncesi-sonrası bilgi test puanlarındaki değişimi incelemesidir. Bu kapsamda çalışmanın amacı, telerehabilitasyon farkındalık eğitiminin sağlık profesyonelleri ve üniversite öğrencilerinin telerehabilitasyona ilişkin bilgi test puanları üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Elde edilen bulguların telerehabilitasyona yönelik eğitim programlarının değerlendirilmesine, dijital sağlık alanındaki insan kaynağı kapasitesinin geliştirilmesine ve gelecekteki eğitim stratejilerinin planlanmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

2. Yöntem

2.1. Araştırma tasarımı

Bu çalışma, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (İstanbul Kalkınma Ajansı) tarafından desteklenen İSTER Projesi'nin (İstanbul'da Teknoloji Odaklı, Sürdürülebilir Telerehabilitasyon Hizmeti Üretme ve Nitelikli İş Gücü Yetiştirme Projesi) bir parçası olarak yürütülmüştür (Reference No. TR10/21/YEP/0039). Proje kapsamında telerehabilitasyon farkındalık eğitiminin katılımcıların telerehabilitasyona ilişkin bilgi test puanları üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla tek gruplu ön-test/son-test tasarıma sahip yarı deneysel bir araştırma olarak yürütülmüştür.

Ön-test/son-test tasarımı, özellikle randomizasyonun mümkün olmadığı geniş katılımcı gruplarında uygulanan eğitim müdahalelerinin kısa dönem etkilerini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir araştırma yaklaşımıdır (Shadish, Cook ve Campbell, 2002; Harris vd., 2006). Bu tasarım, müdahale öncesi ve sonrası ölçümler arasındaki farkların karşılaştırılması yoluyla eğitsel müdahalenin bilgi test puanları üzerindeki etkisinin nicel olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Çalışmada kontrol grubu bulunmamaktadır. Bu nedenle gözlenen değişimlerin yalnızca eğitim müdahalesine atfedilmesi mümkün olmayıp, araştırma tasarımı iç geçerlilik açısından

bazı sınırlılıklar taşımaktadır. Buna karşın ön-test ve son-test ölçümlerinin aynı katılımcılar üzerinde gerçekleştirilmesi, eğitim sonrasında ortaya çıkan kısa dönemli değişimlerin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu araştırma, telerehabilitasyon farkındalık eğitiminin sağlık profesyonelleri ve sağlık alanında eğitim gören üniversite öğrencilerinin telerehabilitasyona ilişkin bilgi test puanları üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlayan bir eğitim müdahalesi değerlendirme çalışması olarak planlanmıştır.

2.2. Araştırma evreni ve katılımcılar

Araştırmanın evrenini, telerehabilitasyon farkındalık eğitimi modülüne gönüllü olarak katılan sağlık profesyonelleri ve üniversite öğrencileri oluşturmaktadır. Çalışmaya, eğitim modülünü tamamlayan ve hem ön-test hem de son-test uygulamalarını eksiksiz yanıtlayan katılımcılar dâhil edilmiştir.

Katılımcılar; fizik tedavi ve rehabilitasyon uzman hekimleri, fizyoterapistler, ergoterapistler, dil ve konuşma terapistleri, sağlık teknikerleri ile biyomedikal mühendisliği alanında eğitim gören üniversite öğrencilerinden oluşmaktadır. Bu heterojen örneklem yapısı, telerehabilitasyonun multidisipliner doğasını yansıtmakta ve elde edilen bulguların sağlık sisteminin farklı bileşenlerine yönelik değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Araştırmada olasılıksız ve gönüllülük esasına dayalı kapsayıcı örnekleme yaklaşımı benimsenmiştir. Çalışmanın amacı doğrultusunda belirli bir örneklem büyüklüğüne ulaşılması hedeflenmemiş, eğitim modülüne katılan evrenin tamamına ulaşılması amaçlanmıştır. Bu nedenle eğitimi tamamlayan ve ön-test ile son-test uygulamalarını eksiksiz yanıtlayan tüm katılımcılar analize dâhil edilmiştir. Bu yaklaşım, geniş ölçekli eğitim değerlendirme çalışmalarında sıklıkla kullanılan kapsayıcı örnekleme stratejileriyle uyumludur (Sedgwick, 2014).

2.3. Eğitim programı

Telerehabilitasyon farkındalık eğitimi, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (İstanbul Kalkınma Ajansı) tarafından desteklenen İSTER Projesi kapsamında geliştirilen çevrimiçi eğitim modülü aracılığıyla sunulmuştur.

Eğitim müfredatı, Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Derneği, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Üsküdar Üniversitesi, Işık Üniversitesi ve Erenköy Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi iş birliğiyle hazırlanmış olup alanında uzman akademisyenler ve klinik deneyime sahip sağlık profesyonellerinin katkılarıyla geliştirilmiştir. Eğitim programında multidisipliner bir yaklaşım benimsenmiş ve içerikler farklı sağlık meslek gruplarının eğitim gereksinimleri dikkate alınarak yapılandırılmıştır.

Eğitim içeriği; telerehabilitasyonun temel kavramları, tele-tıp uygulamaları, sağlık ve hastalık yönetiminde telerehabilitasyon, telerehabilitasyon teknolojileri, yazılım ve donanım sistemleri, yapay zekâ uygulamaları ve gelişen teknolojiler gibi genel konuların yanı sıra inme, Parkinson hastalığı, omurilik yaralanmaları, kardiyak rehabilitasyon, pediatrik rehabilitasyon, afazi, kekemelik, ses bozuklukları ve motor konuşma bozuklukları gibi farklı klinik alanlara yönelik telerehabilitasyon uygulamalarını kapsamaktadır. Eğitim programı, farklı disiplinlerden uzmanlar tarafından hazırlanan toplam 21 asenkron eğitim modülünden oluşmakta olup katılımcılara 631 dakika (10 saat 31 dakika) süreli çevrimiçi eğitim içeriği sunulmuştur.

Program; fizik tedavi ve rehabilitasyon uzman ve asistan hekimleri, fizyoterapistler, fizik tedavi teknikerleri, dil ve konuşma terapistleri, ergoterapistler, biyomedikal mühendisleri ve

biyomedikal teknikerleri ile bu alanlarda öğrenim gören üniversite öğrencilerine yönelik olarak tasarlanmıştır.

Eğitim modülü, kullanıcı dostu ve erişimi kolay bir çevrimiçi platform üzerinden asenkron olarak yürütülmüş; katılımcıların kendi zaman planlamalarına uygun şekilde eğitimi tamamlamalarına olanak tanımıştır. Katılımcılar eğitim öncesinde ön-test uygulamasını tamamlamış, eğitim içeriklerini takip ettikten sonra son-test uygulamasına katılmıştır. Ön-test ve son-test uygulamalarını eksiksiz tamamlayan katılımcılar eğitimi tamamlamış kabul edilmiş ve değerlendirmeye alınmıştır. Eğitim modülünü tamamlayan katılımcılara sistem üzerinden katılım belgesi verilmiştir. Bu yapı, sağlık alanında yürütülen çevrimiçi eğitimlerin erişilebilirliğini artırabilecek ve geniş katılımcı gruplarına ulaşılmasını destekleyebilecek bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Ruiz et al., 2006; Cook vd., 2010).

2.4. Veri toplama aracı

Veriler, eğitim öncesinde ve sonrasında uygulanan standartlaştırılmış çoktan seçmeli bir değerlendirme formu aracılığıyla toplanmıştır. Ön-test ve son-test uygulamaları içerik bakımından aynı sorulardan oluşmakta olup katılımcıların telerehabilasyona ilişkin bilgi test puanlarındaki değişimi değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Değerlendirme formu, eğitim programında yer alan 21 eğitim modülünün her biri için hazırlanmış 5 çoktan seçmeli sorudan oluşmaktadır. Bu kapsamda ön-test ve son-test uygulamalarında toplam 105 soru yer almıştır. Her doğru yanıt 1 puan olarak değerlendirilmiştir. Analizlerde katılımcıların toplam doğru yanıt sayıları kullanılmış ve sonuçlar, modül başına ortalama doğru yanıt sayısını yansıtacak şekilde 0–5 puan aralığında raporlanmıştır. Daha yüksek puanlar, telerehabilasyona ilişkin bilgi testinden alınan daha yüksek puanları göstermektedir.

Sorular; telerehabilasyonun tanımı, kullanım alanları, avantajları, veri güvenliği ve mahremiyet ilkeleri ile klinik uygulama örneklerini kapsayan temel kavramsal alanları içermektedir. Soru havuzu, eğitim içeriğinde yer alan temel öğrenme hedefleri doğrultusunda hazırlanmış ve içerik uygunluğu alanında deneyimli akademisyenlerin görüşleri alınarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda ölçme aracının kapsam geçerliliğinin sağlanmasına yönelik uzman görüşüne başvurulmuştur (Polit ve Beck, 2006).

Çalışmada değerlendirilen temel çıktı telerehabilasyona ilişkin bilgi test puanlarıdır. Bu nedenle elde edilen bulgular, katılımcıların telerehabilasyon konusundaki bilgi test puanlarındaki değişimi yansıtmakta olup farkındalık, davranış değişikliği veya klinik yeterlilik gibi farklı sonuç alanlarına ilişkin doğrudan çıkarım yapılmasına olanak sağlamamaktadır.

2.5. Veri toplama süreci

Katılımcılar, eğitim modülüne kayıt olduktan sonra ön-test uygulamasını tamamlamış; eğitim içeriğini izledikten sonra son-test uygulamasını yanıtlamıştır. Tüm veri toplama süreci, proje kapsamında geliştirilen çevrimiçi platform üzerinden yürütülmüştür.

Katılımcıların kişisel verileri korunmuş, kimlik bilgileri analiz aşamasında anonimleştirilmiş ve veri güvenliği ilkelerine uygun şekilde saklanmıştır. Veri toplama sürecinde herhangi bir yüz yüze etkileşim bulunmamaktadır.

2.6. Veri analizi

Elde edilen veriler SPSS 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) kullanılarak analiz edilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler frekans, yüzde, ortalama ve standart sapma değerleri ile sunulmuştur.

Analiz öncesinde puan dağılımlarının normalliği örneklem büyüklüğü, çarpıklık-basıklık değerleri ve dağılım özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Geniş örneklem büyüklüğü nedeniyle parametrik testlerin uygulanabilir olduğu kabul edilmiştir (Field, 2013).

Telerehabilitasyon farkındalık eğitiminin bilgi test puanları üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla ön-test ve son-test ortalama puanları arasındaki farklar eşleştirilmiş örneklem için t-testi (paired samples t-test) kullanılarak analiz edilmiştir. Ortalama farklar için %95 güven aralıkları hesaplanmış ve elde edilen farkların pratik önemini değerlendirmek amacıyla Cohen's d etki büyüklüğü katsayısı raporlanmıştır. Cohen's d değerlerinin yorumlanmasında 0,20 küçük, 0,50 orta ve 0,80 büyük etki büyüklüğü olarak kabul edilmiştir (Cohen, 1988).

Alt grup analizleri yalnızca istatistiksel değerlendirme için yeterli katılımcı sayısına sahip meslek ve eğitim gruplarında gerçekleştirilmiştir. Katılımcı sayısının çok düşük olduğu gruplarda güvenilir istatistiksel çıkarım yapılmasının uygun olmayacağı değerlendirilmiş ve bu gruplarda bulgular yalnızca tanımlayıcı istatistiklerle sunulmuştur.

İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir (Field, 2013).

2.7. Etik hususlar

Bu çalışma, Üsküdar Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 26/09/2024 tarihinde yapılan 09 nolu toplantıda onaylanmıştır (Karar No: 50). Araştırma süreci Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak yürütülmüştür.

Katılımcılara çalışmanın amacı ve kapsamı hakkında bilgilendirme yapılmış ve bilgilendirilmiş onamları alınmıştır. Çevrimiçi veri toplama sürecinde bilgilendirilmiş onam, ön-test ve son-test uygulamalarına başlamadan önce katılımcılara çalışmanın amacı ve kapsamını açıklayan bir bilgilendirme metninin sunulması ve "çalışmaya katılmayı kabul ediyorum" onay kutusunun işaretlenmesi yoluyla elektronik ortamda alınmıştır. Tüm katılımcılar, bilgilendirilmiş onamlarını verdikten sonra değerlendirme sürecine dâhil edilmiştir. Çalışma kapsamında herhangi bir klinik müdahale yapılmamış olup, eğitim temelli bir değerlendirme çalışması yürütülmüştür. Toplanan tüm veriler yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılmıştır.

3. Bulgular

Araştırmaya toplam 6.772 katılımcı dâhil edilmiştir. Sağlık profesyonelleri ve üniversite öğrencilerinden oluşan tüm analiz gruplarında son-test bilgi test puanlarının ön-test puanlarından daha yüksek olduğu görülmüştür. İstatistiksel değerlendirme yapılan gruplarda gözlenen farklılıkların tamamı anlamlı bulunmuş ve büyük etki büyüklükleri ile desteklenmiştir.

Tablo 1. Sağlık Profesyonellerinde telerehabilitasyon farkındalık eğitimi ön-test ve son-test puanlarının karşılaştırılması

Meslek grubu	n	Ön-test ortalama	Son-test ortalama	Ortalama fark	%95 CI	Cohen's d	p
FTR uzman hekimi	526	2,75	4,90	2,15	2,03–2,27	1,85	<0,001
Fizyoterapi	693	2,59	4,72	2,13	2,02–2,24	1,78	<0,001
Fizik tedavi teknikerliği	204	2,65	4,61	1,96	1,79–2,13	1,60	<0,001
Ergoterapi	32	2,71	4,78	2,07	1,62–2,52	1,45	<0,001
Dil ve konuşma terapisi	23	2,61	4,94	2,33	1,84–2,82	1,72	<0,001
Biyomedikal mühendisliği	5	2,90	4,70	1,80	—	—	—
Biyomedikal teknikerliği	9	3,00	4,75	1,75	—	—	—

Not: Ön-test ve son-test puanları arasındaki farklar eşleştirilmiş ölçümler üzerinden değerlendirilmiştir. Ortalama fark, son-test ve ön-test puanları arasındaki ortalama değişimi göstermektedir. %95 güven aralığı (CI) ortalama farkın güven sınırlarını, Cohen's d ise eğitim etkisinin büyüklüğünü ifade etmektedir. Cohen's d değerlerinin yorumlanmasında 0,20 küçük, 0,50 orta ve 0,80 büyük etki büyüklüğü olarak kabul edilmiştir. Biyomedikal Mühendisliği (n=5) ve Biyomedikal Teknikerliği (n=9) gruplarında örneklem büyüklüğünün yetersiz olması nedeniyle güven aralığı, etki büyüklüğü ve anlamlılık testi hesaplanmamıştır.

Kısaltmalar: CI: Güven Aralığı; Cohen's d: Etki büyüklüğü; p: İstatistiksel anlamlılık düzeyi. p<0,05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 1'de sağlık profesyonellerinin telerehabilitasyon farkındalık eğitimi öncesi ve sonrası bilgi test puanları sunulmaktadır.

İstatistiksel analiz yapılan tüm sağlık profesyoneli gruplarında son-test ortalama puanları ön-test puanlarından daha yüksek bulunmuştur. Ön-test ve son-test puanları arasındaki ortalama farklar 1,96 ile 2,33 puan arasında değişmekte olup, tüm gruplarda fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,001). Ortalama farklara ait %95 güven aralıklarının sıfırı içermediği görülmektedir.

Cohen's d değerleri 1,45 ile 1,85 arasında değişmekte olup tüm analiz edilen gruplarda büyük etki büyüklüğüne işaret etmektedir.

Biyomedikal mühendisliği (n=5) ve biyomedikal teknikerliği (n=9) gruplarında katılımcı sayısının sınırlı olması nedeniyle güven aralığı, etki büyüklüğü ve anlamlılık testi hesaplanmamış; bu gruplara ilişkin bulgular yalnızca tanımlayıcı istatistikler ile sunulmuştur.

Tablo 2. Üniversite öğrencilerinde telerehabilitasyon farkındalık eğitimi ön-test ve son-test puanlarının karşılaştırılması

Eğitim grubu	N	Ön-test ortalama	Son-test ortalama	Ortalama fark	%95 CI	Cohen's d	p
Fizyoterapi	3.160	2,59	4,72	2,13	2,08–2,18	1,82	<0,001
Fizik tedavi teknikerliği	745	2,65	4,61	1,96	1,88–2,04	1,64	<0,001
Ergoterapi	212	2,71	4,78	2,07	1,91–2,23	1,70	<0,001
Dil ve konuşma terapisi	723	2,61	4,94	2,33	2,24–2,42	1,95	<0,001
Biyomedikal mühendisliği	195	2,92	4,84	1,92	1,75–2,09	1,58	<0,001
Biyomedikal teknikerliği	245	3,09	4,77	1,68	1,52–1,84	1,40	<0,001

Not: Ön-test ve son-test puanları arasındaki farklar eşleştirilmiş ölçümler üzerinden değerlendirilmiştir. Ortalama fark, son-test ve ön-test puanları arasındaki ortalama değişimi göstermektedir. %95 güven aralığı (CI) ortalama farkın güven sınırlarını, Cohen's d ise eğitim etkisinin büyüklüğünü ifade etmektedir. Cohen's d değerlerinin yorumlanmasında 0,20 küçük, 0,50 orta ve 0,80 büyük etki büyüklüğü olarak kabul edilmiştir. Tüm eğitim gruplarında ön-test ve son-test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,001$).

Kısaltmalar: CI: Güven Aralığı; Cohen's d: Etki büyüklüğü; p: İstatistiksel anlamlılık düzeyi. $p<0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 2'de üniversite öğrencilerinin telerehabilitasyon farkındalık eğitimi öncesi ve sonrası bilgi test puanları sunulmaktadır.

Tüm eğitim gruplarında son-test ortalama puanları ön-test puanlarından daha yüksek bulunmuştur. Ön-test ve son-test puanları arasındaki ortalama farklar 1,68 ile 2,33 puan arasında değişmekte olup tüm gruplarda fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,001$). Ortalama farklara ilişkin %95 güven aralıklarının tamamı sıfırın üzerindedir.

Eğitim gruplarına ait Cohen's d değerleri 1,40 ile 1,95 arasında değişmekte olup tüm gruplarda büyük etki büyüklüğü gözlenmiştir.

Ortalama fark bakımından en yüksek değer dil ve konuşma terapisi öğrencilerinde (2,33 puan), en düşük değer biyomedikal teknikerliği öğrencilerinde (1,68 puan) saptanmıştır. Ancak gruplar arasında doğrudan istatistiksel karşılaştırma yapılmadığından bu bulgular tanımlayıcı düzeyde değerlendirilmelidir.

4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışmada, İSTER Projesi kapsamında yürütülen telerehabilitasyon farkındalık eğitiminin sağlık profesyonelleri ve üniversite öğrencilerinin telerehabilitasyona ilişkin bilgi test puanları üzerindeki değişimi değerlendirilmiştir. Ön-test ve son-test sonuçlarının karşılaştırılması, her iki grupta da son-test puanlarının ön-test puanlarından daha yüksek olduğunu göstermiştir. İstatistiksel analiz yapılan gruplarda bu artışların anlamlı olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, yapılandırılmış telerehabilitasyon farkındalık eğitimlerinin katılımcıların telerehabilitasyona ilişkin bilgi testlerinden aldıkları puanlarda kısa dönemli artışlarla ilişkili olduğunu göstermektedir.

Dijital sağlık teknolojilerinin sağlık hizmetlerine entegrasyonu yalnızca teknolojik altyapının varlığına değil, aynı zamanda sağlık iş gücünün bu teknolojileri kullanmaya yönelik bilgi, beceri ve hazırlık düzeyine de bağlıdır. Teknoloji Kabul Modeli (Technology Acceptance Model-TAM), bireylerin yeni teknolojileri kullanma niyetlerinin algılanan yararlılık ve algılanan kullanım kolaylığı gibi bilişsel değerlendirmelerden etkilendiğini ileri sürmektedir (Davis, 1989). Teknolojinin potansiyel yararlarına ilişkin bilgi düzeyinin artması, teknolojiye yönelik tutumların şekillenmesinde önemli rol oynayan unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, çalışmada gözlenen bilgi test puanı artışları telerehabilitasyon konusunda sunulan eğitimlerin katılımcıların konuya ilişkin bilişsel hazırlıklarını destekleyebileceğini düşündürmektedir.

Dijital hazırlık, dijital yetkinlik ve e-sağlık okuryazarlığı kavramları da sağlık profesyonellerinin dijital sağlık uygulamalarını benimseme süreçlerinde önemli belirleyiciler arasında yer almaktadır. Dijital hazırlık, bireylerin yeni teknolojileri kullanabilmek için gerekli bilgi, beceri ve özgüvene sahip olma durumunu ifade ederken, e-sağlık okuryazarlığı dijital ortamlarda sunulan sağlık bilgilerine erişme, değerlendirme ve bu bilgileri etkili biçimde kullanabilme kapasitesini tanımlamaktadır (Norman ve Skinner, 2006). Rehabilitasyon hizmetlerinin giderek daha fazla dijital platformlar üzerinden sunulduğu günümüzde, sağlık profesyonellerinin bu alanlardaki yeterliliklerinin geliştirilmesi sürdürülebilir hizmet sunumu açısından stratejik önem taşımaktadır. Çalışmada elde edilen bulgular, telerehabilitasyona ilişkin temel kavramsal bilginin geliştirilebildiğini göstermesi bakımından önemlidir. Bununla birlikte mevcut araştırmada dijital yetkinlik, teknoloji kabulü, öz yeterlilik veya davranışsal kullanım niyeti doğrudan değerlendirilmediğinden, sonuçların yalnızca bilgi test puanlarındaki değişim çerçevesinde yorumlanması gerekmektedir.

Elde edilen sonuçlar, dijital sağlık ve telerehabilitasyon uygulamalarının benimsenmesinde bilgi ve farkındalığın önemli rol oynadığını bildiren çalışmalarla uyumludur (Greenhalgh vd., 2017; Gagnon vd., 2012; Kruse vd., 2018). Literatürde telerehabilitasyonun birçok rehabilitasyon alanında yüz yüze uygulamalarla karşılaştırılabilir sonuçlar sağlayabildiği gösterilmiş olsa da (Cottrell vd., 2017; Pitliya vd., 2024; Tenforde vd., 2020), uygulamaya geçiş sürecinde bilgi eksikliği, teknolojiye yönelik çekinceler ve kabul edilebilirlik sorunlarının önemli engeller arasında yer aldığı bildirilmektedir. Bu durum, klinik etkinliğe ilişkin kanıtların tek başına uygulamanın yaygınlaşması için yeterli olmadığını; sağlık profesyonellerinin bilgi düzeyi ve dijital hazırlıklarının da uygulama sürecinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir.

Çalışmanın bulguları uygulama bilimi perspektifinden de değerlendirilebilir. Uygulama bilimi, kanıta dayalı uygulamaların rutin sağlık hizmetlerine başarılı biçimde aktarılmasını etkileyen faktörleri incelemektedir. Bu alandaki kuramsal yaklaşımlar, sağlık profesyonellerinin bilgi düzeyi ve uygulamaya yönelik hazırlık durumunun yenilikçi sağlık

teknolojilerinin benimsenmesinde kritik rol oynadığını vurgulamaktadır (Nilsen, 2015). Telerehabilitasyonun klinik etkinliğine ilişkin güçlü kanıtlar bulunmasına rağmen birçok sağlık sisteminde uygulamaya geçiş sürecinde çeşitli güçlüklerin devam ettiği bilinmektedir. Eğitim programları, sağlık profesyonellerinin konuya ilişkin bilgi birikimini artırarak bu süreçte karşılaşılan bireysel engellerin azaltılmasına katkı sağlayabilecek stratejiler arasında değerlendirilmektedir.

Sağlık profesyonelleri ve üniversite öğrencilerine ilişkin alt grup analizlerinde tüm gruplarda son-test puanlarının ön-test puanlarından daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca istatistiksel analiz yapılan gruplarda büyük etki büyüklükleri elde edilmiştir. Bununla birlikte çalışmada gruplar arası karşılaştırmaya yönelik istatistiksel analizler yapılmadığından, alt gruplar arasında gözlenen farklılıklar tanımlayıcı düzeyde değerlendirilmelidir.

Üniversite öğrencilerinde gözlenen bilgi test puanı artışları, sağlık meslek eğitiminde dijital sağlık içeriklerinin önemini ortaya koyan uluslararası eğilimlerle uyumludur. Sağlık hizmetlerinin dijitalleşmesiyle birlikte sağlık profesyonellerinden beklenen yetkinlikler de değişmekte; uzaktan sağlık hizmeti sunumu, dijital iletişim, veri güvenliği ve teknoloji temelli klinik karar verme süreçleri mesleki yeterlilik alanları arasında yer almaktadır. Bu nedenle telerehabilitasyon gibi dijital sağlık uygulamalarına ilişkin temel bilgi düzeyinin öğrencilik döneminde geliştirilmesi, mezuniyet sonrasında karşılaşılabilecek dijital sağlık ortamlarına hazırlık açısından değerli olabilir. Bununla birlikte mevcut çalışma kısa süreli bir eğitim müdahalesine dayandığından, elde edilen sonuçların mesleki yeterlilik, teknoloji kullanım davranışı veya klinik performans üzerindeki etkilerine ilişkin çıkarım yapılması mümkün değildir. Bu konuların uzun dönemli takip çalışmalarıyla değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle değerlendirme ön-test ve son-test tasarımına dayalı olup bilgi puanlarındaki değişimin uzun dönemli kalıcılığı değerlendirilmemiştir. Ayrıca ölçme aracı çoktan seçmeli sorulardan oluştuğu için davranış değişikliği, mesleki uygulama yeterliliği veya klinik uygulamalara yansımaya doğrudan ölçülmemiştir. Gruplar arası karşılaştırmaya yönelik analizler yapılmadığından alt gruplar arasında gözlenen farklılıklar nedensel veya karşılaştırmalı biçimde yorumlanmamalıdır. Çalışmanın tek gruplu ön-test/son-test tasarımına sahip olması ve kontrol grubunun bulunmaması da sonuçların yorumlanmasında dikkate alınması gereken metodolojik sınırlılıklar arasındadır. Elde edilen bulguların uzun dönemli bilgi kalıcılığına, teknoloji kullanım davranışına veya klinik uygulamalara yansımaya ilişkin çıkarım yapılması mümkün değildir.

Araştırmanın güçlü yönleri arasında geniş örneklem büyüklüğü, farklı disiplinlerden sağlık profesyonelleri ve öğrencileri kapsayan çok disiplinli katılımcı yapısı, çevrimiçi ortamda ölçeklenebilir bir eğitim modelini değerlendirmesi ve ulusal düzeyde uygulanmış olması yer almaktadır. Ayrıca sağlık profesyonelleri ve üniversite öğrencilerinin aynı araştırma kapsamında değerlendirilmiş olması, telerehabilitasyon eğitimlerine ilişkin farklı hedef grupların birlikte incelenmesine olanak sağlamıştır. Eğitim öncesi ve sonrası bilgi test puanlarının sistematik biçimde değerlendirilmiş olması da telerehabilitasyon alanındaki eğitim müdahalelerine ilişkin sınırlı sayıdaki çalışmaya katkı sunmaktadır.

Sonuç olarak, telerehabilitasyon farkındalık eğitimi sonrasında sağlık profesyonelleri ve üniversite öğrencilerinin telerehabilitasyona ilişkin bilgi test puanlarında artış gözlenmiştir. İstatistiksel analiz yapılan gruplarda bu artışların anlamlı olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, telerehabilitasyona yönelik eğitim programlarının bilgi test puanlarındaki kısa

dönemli değişimlerle ilişkili olabileceğini göstermektedir. Sonuçlar, dijital sağlık alanında yürütülen eğitim faaliyetlerinin sağlık iş gücünün bilgi kapasitesinin geliştirilmesine katkı sağlayabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte teknoloji kabulü, dijital yetkinlik, davranış değişikliği, klinik uygulamaya yansımaya ve uzun dönemli bilgi kalıcılığı gibi sonuçların değerlendirilmesi için kontrollü tasarımlara ve uzun süreli izlem çalışmalarına ihtiyaç bulunmaktadır.

Çıkar çatışması beyanı: Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kurumsal ve finansal destek beyanı: Bu çalışma, İstanbul Kalkınma Ajansı tarafından desteklenen İSTER Projesi (TR10/21/YEP/0039) kapsamında yürütülmüştür.

Teşekkür: Yazarlar eğitime katılan tüm sağlık profesyonellerine ve öğrencilere teşekkür etmektedir.

Kaynakça

- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Rand McNally.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Cook, D. A., & Beckman, T. J. (2010). Reflections on experimental research in medical education. *Advances in Health Sciences Education*, 15(3), 455–464. <https://doi.org/10.1007/s10459-008-9117-3>
- Cook, D. A., Levinson, A. J., Garside, S., Dupras, D. M., Erwin, P. J., & Montori, V. M. (2008). Internet-based learning in the health professions: A meta-analysis. *JAMA*, 300(10), 1181–1196. <https://doi.org/10.1001/jama.300.10.1181>
- Cottrell, M. A., Galea, O. A., O'Leary, S. P., Hill, A. J., & Russell, T. G. (2017). Real-time telerehabilitation for musculoskeletal conditions: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 31(5), 625–638. <https://doi.org/10.1177/0269215516645148>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Dorsey, E. R., & Topol, E. J. (2020). Telemedicine 2020 and the next decade. *The Lancet*, 395(10227), 859. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30424-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30424-4)
- Drummond, M. F., Sculpher, M. J., Claxton, K., Stoddart, G. L., & Torrance, G. W. (2015). *Methods for the economic evaluation of health care programmes* (4th ed.). Oxford University Press.
- Federico, S., Cacciante, L., Cieslik, B., Turolla, A., Agostini, M., Kiper, P., & Picelli, A. (2024). Telerehabilitation for neurological motor impairment: A systematic review and meta-analysis on quality of life, satisfaction, and acceptance in stroke, multiple sclerosis, and Parkinson's disease. *Journal of Clinical Medicine*, 13(1), 299. <https://doi.org/10.3390/jcm13010299>
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (4th ed.). Sage.
- Gagnon, M.-P., Desmartis, M., Labrecque, M., Car, J., Pagliari, C., Pluye, P., Frémont, P., Gagnon, J., Tremblay, N., & Légaré, F. (2012). Systematic review of factors influencing the adoption of information and communication technologies by healthcare professionals. *Journal of Medical Systems*, 36(1), 241–277. <https://doi.org/10.1007/s10916-010-9473-4>
- Greenhalgh, T., Wherton, J., Papoutsis, C., Lynch, J., Hughes, G., A'Court, C., Hinder, S., Fahy, N., Procter, R., & Shaw, S. (2017). Beyond adoption: A new framework for theorizing and evaluating nonadoption, abandonment, and challenges to the scale-up, spread, and sustainability of health and care technologies. *Journal of Medical Internet Research*, 19(11), e367. <https://doi.org/10.2196/jmir.8775>
- Harris, A. D., McGregor, J. C., Perencevich, E. N., Furuno, J. P., Zhu, J., Peterson, D. E., & Finkelstein, J. (2006). The use and interpretation of quasi-experimental studies in medical informatics. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 13(1), 16–23. <https://doi.org/10.1197/jamia.M1749>

- Istanbul Development Agency. (2021). Innovative Istanbul Financial Support Program (Reference No. TR10/21/YEP/0039).
- Kairy, D., Lehoux, P., Vincent, C., & Visintin, M. (2009). A systematic review of clinical outcomes, clinical process, healthcare utilization and costs associated with telerehabilitation. *Disability and Rehabilitation*, 31(6), 427–447. <https://doi.org/10.1080/09638280802062553>
- Kruse, C. S., Krowski, N., Rodriguez, B., Tran, L., Vela, J., & Brooks, M. (2017). Telehealth and patient satisfaction: A systematic review and narrative analysis. *BMJ Open*, 7(8), e016242. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016242>
- Nilsen, P. (2015). Making sense of implementation theories, models and frameworks. *Implementation Science*, 10, 53. <https://doi.org/10.1186/s13012-015-0242-0>
- Norman, C. D., & Skinner, H. A. (2006). eHealth literacy: Essential skills for consumer health in a networked world. *Journal of Medical Internet Research*, 8(2), e9. <https://doi.org/10.2196/jmir.8.2.e9>
- O'Rourke, B., Oortwijn, W., & Schuller, T. (2020). The new definition of health technology assessment: A milestone in international collaboration. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 36(3), 187–190. <https://doi.org/10.1017/S0266462320000215>
- Peretti, A., Amenta, F., Tayebati, S. K., Nittari, G., & Mahdi, S. S. (2017). Telerehabilitation: Review of the state-of-the-art and areas of application. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 4(2), e7. <https://doi.org/10.2196/rehab.7511>
- Pitliya, A., Bin Siddiq, A., Oli, D., Wijaya, J. H., Batra, V., Vasudevan, S. S., Choudhari, J., Singla, R., & Pitliya, A. (2025). Telerehabilitation in post-stroke care: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 32(3), 323–336. <https://doi.org/10.1080/10749357.2024.2392439>
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? *Research in Nursing & Health*, 29(5), 489–497. <https://doi.org/10.1002/nur.20147>
- Ruiz, J. G., Mintzer, M. J., & Leipzig, R. M. (2006). The impact of e-learning in medical education. *Academic Medicine*, 81(3), 207–212. <https://doi.org/10.1097/00001888-200603000-00002>
- Sedgwick, P. (2013). Convenience sampling. *BMJ*, 347, f6304. <https://doi.org/10.1136/bmj.f6304>
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- Tenforde, A. S., Hefner, J. E., Kodish-Wachs, J. E., Iaccarino, M. A., & Paganoni, S. (2020). Telehealth in physical medicine and rehabilitation: A narrative review. *PM&R*, 12(9), 896–903. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12306>
- World Health Organization. (2019). *WHO guideline: Recommendations on digital interventions for health system strengthening*. World Health Organization.

Sağlık Hizmetlerinde Yapay Zekâ Destekli Süreç Dijitalleşmesi ve Gelişen Teknolojiler

Esra DENİZ¹, Nihat AKÇAY²

Öz

Bu çalışma, yapay zekâ destekli dijital sağlık uygulamalarının sağlık hizmetlerindeki gücünü inceleyerek, küresel eğilimler ve Türkiye'nin mevcut dijital sağlık altyapısını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada derleme yöntemi kullanılmış, ulusal ve uluslararası güncel literatür taranarak yapay zekâ, süreç dijitalleşmesi, dijital sağlık platformları, klinik karar destek sistemleri, büyük veri analitiği ve gelişen teknolojilere ilişkin bilimsel bulgular tematik biçimde ele alınmıştır. Elde edilen bulgular, dijitalleşmenin sağlık hizmetlerinde veri akışını hızlandığını, süreçleri standartlaştırdığını ve karar alma mekanizmalarının verimliliğini artırdığını göstermektedir. Yapay zekânın özellikle tıbbi görüntüleme, erken uyarı sistemleri, klinik risk değerlendirmesi ve idari süreç optimizasyonu gibi alanlarda önemli katkılar sağladığı görülmektedir. Tartışma ve değerlendirmeler, yapay zekânın sağlık hizmetleri için stratejik bir fırsat sunduğunu; ancak bu fırsatın sürdürülebilir biçimde kullanılabilmesi için hukuki, etik ve kurumsal çerçevenin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, yapay zekâ destekli dijital sağlık uygulamalarının doğru yönetim ve standartlarla desteklenmesi ile verimliliğini, erişilebilirliğini ve hasta güvenliğini artıracığı anlaşılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Sağlık hizmetleri, yapay zekâ, sağlık hizmetlerinde dijitalleşme, sağlık yönetimi.

1. Tıbbi Sekreter, Sarız İlçe Devlet Hastanesi, İç Kontrol Birimi, esra.deniz5@saglik.gov.tr, <http://orcid.org/0009-0000-5483-2257>
2. İdari ve Mali İşler Müdürü, Sarız İlçe Devlet Hastanesi, nihat.akcay@saglik.gov.tr, <http://orcid.org/0009-0001-1783-5050>

Gönderim tarihi : 05.01.2026
Kabul tarihi : 27.05.2026

Atıfta bulunmak için: Deniz, E. ve Akçay, N. (2026). Sağlık Hizmetlerinde Yapay Zekâ Destekli Süreç Dijitalleşmesi ve Gelişen Teknolojiler. *Eurasian Journal Of Health Technology Assessment*, 10(1); 34-48. <https://doi.org/10.52148/eha.1856941>

Artificial Intelligence-Supported Process Digitalization and Emerging Technologies in Healthcare Services

Esra DENİZ¹, Nihat AKÇAY²

Abstract

This study aims to evaluate global trends and Türkiye's current digital health infrastructure by examining the power of artificial intelligence-supported digital health applications in health services. In the study, the review method was used, and by scanning the current national and international literature, scientific findings related to artificial intelligence, process digitalization, digital health platforms, clinical decision support systems, big data analytics, and developing technologies were handled thematically. The findings obtained show that digitalization accelerates the flow of data in health services, standardizes processes, and increases the efficiency of decision-making mechanisms. It is seen that artificial intelligence provides significant contributions especially in areas such as medical imaging, early warning systems, clinical risk assessment, and administrative process optimization. Discussions and evaluations reveal that artificial intelligence offers a strategic opportunity for health services; however, they put forward the necessity of a legal, ethical, and institutional framework so that this opportunity can be used in a sustainable manner. As a result, it is understood that artificial intelligence-supported digital health applications will increase efficiency, accessibility, and patient safety by being supported with correct governance and standards

Keywords: Health services, artificial intelligence, digitalization in healthcare, health management.

1. Medical Secretary, Sarız District State Hospital, Internal Control department, esra.deniz5@saglik.gov.tr, <http://orcid.org/0009-0000-5483-2257>
2. Administrative and Financial Affairs Manager, Sarız District State Hospital, nihat.akcay@saglik.gov.tr, <http://orcid.org/0009-0001-1783-5050>

Received : 05.01.2026

Accepted : 27.05.2026

Cite this paper: Deniz, E. & Akçay, N. (2026). Artificial Intelligence-Assisted Process Digitalization and Emerging Technologies in Healthcare. *Eurasian Journal Of Health Technology Assessment*, 10(1); 34-48. <https://doi.org/10.52148/ehta.1856941>

1. Giriş

Sağlık hizmetlerinde dijital dönüşüm, son yıllarda gelişen teknolojiler ile sağlık sistemlerinin işleyişini değiştirmiştir. Yapay zekâ, büyük veri analitiği, dijital sağlık uygulamaları ve akıllı hastaneler, tanı ve tedavi süreçlerinden yönetsel işleyişe kadar birçok alanda yenilikçi uygulamalar sunmaktadır. Bu teknolojik gelişmeler, sağlık hizmetlerinin daha etkin, ulaşılabilir ve verimli hâle gelmesini sağlarken, aynı zamanda sağlık çalışanlarının karar süreçlerini destekleyen önemli araçlar hâline gelmiştir. Dijitalleşme ile birlikte ortaya çıkan veri kaynakları, klinik süreçlerin daha bütüncül bir şekilde yönetilmesine olanak tanımış; karar destek sistemleri, süreç otomasyonu ve uzaktan izleme uygulamaları sağlık hizmetlerinde verimliliği yükseltmiştir. Özellikle yapay zekâ temelli uygulamaların yaygınlaşması, sağlık hizmetlerinde doğruluk, hız ve maliyet etkinliği açısından fırsatlar sunmaktadır. Bu teknolojilerin sağlık sistemlerine entegrasyonu, etik, hukuki ve kurumsal açıdan yeni tartışmaları gündeme getirmiştir (Akalin ve Veranyurt, 2020; Çetin, 2023; Davenport ve Kalakota, 2019).

Dijital sağlık uygulamalarının hızla yaygınlaşması, sağlık sistemlerinin geleceğe yönelik planlamalarında teknoloji temelli stratejik yaklaşımlara ihtiyacı artırmıştır. Bu bağlamda, yapay zekâ destekli sağlık uygulamalarının potansiyelini, sınırlılıklarını ve gelişim yönlerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmek gerekmektedir. Yapay zekânın sağlık hizmetlerindeki etkisi yalnızca klinik karar destek sistemleriyle sınırlı kalmamakta; süreç dijitalleşmesi, veri yönetimi, hizmet planlaması, uzaktan sağlık uygulamaları ve yönetsel işleyiş üzerinde de dönüştürücü sonuçlar doğurmaktadır. Buna karşın mevcut literatürde yapay zekâ, dijital sağlık ve sağlık hizmetlerinde dijital dönüşüm konularının çoğu zaman ayrı başlıklar altında ele alındığı; bu alanları küresel eğilimler, Türkiye’deki dijital sağlık altyapısı, gelişen teknolojiler ve yönetsel etik boyutlarla birlikte bütüncül olarak değerlendiren çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma, söz konusu boyutları tek bir çerçevede bir araya getirmek amacıyla hem uluslararası gelişmeleri hem de Türkiye bağlamındaki mevcut durumu birlikte ele alması yönüyle literatüre katkı sunmayı hedeflemektedir.

2. Yöntem

Bu çalışma, sağlık hizmetlerinde yapay zekâ destekli süreç dijitalleşmesi ve gelişen teknolojileri kavramsal ve yönetsel boyutlarıyla inceleyen bir derleme makalesidir. Çalışmada, sistematik derleme yöntemi izlenmemekle birlikte, literatür taraması yapılandırılmış bir yaklaşım doğrultusunda yürütülmüştür. Literatür taraması PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar ve DergiPark veri tabanlarında gerçekleştirilmiştir. Tarama sürecinde Türkçe ve İngilizce olmak üzere “yapay zekâ”, “sağlık hizmetlerinde dijitalleşme”, “süreç dijitalleşmesi”, “dijital sağlık”, “klinik karar destek sistemleri”, “elektronik sağlık kayıtları”, “büyük veri analitiği”, “teletıp”, “makine öğrenmesi” ve “gelişen sağlık teknolojileri” anahtar kelimeleri ile bunların farklı kombinasyonları kullanılmıştır.

Literatür seçimi ağırlıklı olarak 2019–2025 yılları arasında yayımlanan güncel çalışmalara dayandırılmış; kavramsal bütünlüğü güçlendirmek amacıyla konu açısından temel nitelik taşıyan güncel tarihli çalışmalara da sınırlı olarak yer verilmiştir. Çalışmaların dahil edilme kriterleri şu şekilde belirlenmiştir:

- yapay zekâ ve dijitalleşme uygulamalarının sağlık hizmetlerindeki klinik, yönetsel veya operasyonel kullanımlarını ele alması,
- dijital sağlık altyapısı, süreç yönetimi, klinik karar destek sistemleri, büyük veri, teletıp

veya gelişen sağlık teknolojileri boyutlarından en az birini içermesi,

- hakemli dergilerde yayımlanmış bilimsel çalışma, derleme, rapor veya kurumsal rehber niteliğinde olması.

Dışlama kriterleri ise sağlık hizmetleriyle doğrudan ilişkisi bulunmayan teknik mühendislik odaklı yayınlar, yalnızca genel görüş içeren editoryal yazılar ve tam metnine erişilemeyen çalışmalar olarak belirlenmiştir. Seçilen yayınlar nitel içerik analizi yaklaşımıyla incelenmiş ve tematik örüntüler doğrultusunda sınıflandırılmıştır.

Bu kapsamda elde edilen bulgular; (1) yapay zekâ ve sağlık hizmetlerinde kullanımı, (2) süreç dijitalleşmesi ve dijital sağlık altyapısı, (3) küresel dijital sağlık ekosistemi ve Türkiye'deki uygulamalar, (4) gelişen teknolojiler ve gelecek perspektifleri ile (5) etik, hukuki ve kurumsal değerlendirmeler başlıkları altında sentezlenmiştir. Bulgular, uluslararası literatür ile Türkiye bağlamı birlikte değerlendirilerek bütüncül bir çerçevede sunulmuştur.

Bu çalışma yalnızca yayımlanmış ikincil kaynaklara dayandığından etik kurul onayı gerektirmemektedir.

3. Kavramsal çerçeve

3.1. Yapay zekâ nedir?

Günümüzde yapay zekâ sadece teknik bir kavram olmaktan çıkmış, dijitalleşen dünya yapısının bir bileşeni hâline gelmiştir. Genel olarak yapay zekâ; insanın düşünme, öğrenme ve problem çözme yeteneklerini taklit edebilen sistemlerin geliştirilmesini ifade etmektedir (Yorgancıoğlu Tarcan vd., 2023). Büyük hacimli verileri analiz ederek örüntüler çıkaran, bu örüntülerden öğrenen ve elde ettiği bilgiyi kullanarak tahminde bulunabilen ya da karar üretebilen algoritmalarından oluşur. Makine öğrenimi, derin öğrenme, doğal dil işleme, örüntü tanıma ve kavramsal hesaplama gibi alt alanlar, yapay zekânın temel yapı taşlarını oluşturmaktadır. Bu alt bileşenler sayesinde sistemler, insan müdahalesi olmaksızın yeni verileri işleyebilmekte ve performanslarını zaman içinde geliştirebilmektedir. Sağlık alanında yapay zekâ, tıbbi kayıtlar, görüntüleme verileri ve laboratuvar sonuçları gibi çok sayıda veriyi analiz ederek klinik karar destek süreçlerinde kullanılmakta; böylece hasta sonuçlarının iyileştirilmesi ve tedavi süreçlerinin daha etkin planlanması hedeflenmektedir (Dave ve Patel, 2023).

3.2. Sağlık hizmetlerinde yapay zekâ

Sağlık hizmetleri, yüksek hassasiyet gerektiren ve ciddi miktarda veri üreten süreçlerden oluştuğu için yapay zekâ temelli teknolojiler bu alanda güçlü bir dönüşüm aracı hâlini almıştır. Bireye en uygun tedavinin daha düşük maliyetle ve daha yüksek etkililikle nasıl sunulacağı sorusu, yapay zekâ tekniklerinin sağlık sistemlerine entegrasyonunu hızlandırmaktadır (Çilhoroz ve Işık, 2021).

Derin öğrenme ve makine öğrenimi algoritmalarının gelişmesiyle birlikte tıbbi görüntüleme alanında radyoloji, dermatoloji, patoloji ve kardiyoloji gibi branşlarda da yapay zekâ destekli tanı sistemlerinin doğruluğu ve hızının arttığı gösterilmiştir. Bunun yanında doğal dil işleme teknikleri, hekim notlarının analiz edilmesi, elektronik sağlık kayıtlarının değerlendirilmesi ve klinik bilgi çıkarımı gibi işlemlerde kullanılmakta; bu da veriye daha hızlı ve kolay erişilebilirliği sağlayarak sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmaktadır (Jiang vd., 2017).

Yapay zekânın sağlık alanındaki kullanımı yalnızca klinik boyutla sınırlı değildir (Tarcan vd., 2024). Yapay zekâ sistemleri; hastane yönetimi, süreç optimizasyonu, kaynak ve bütçe planlaması, iş akışı düzenlemeleri, randevu yönetimi, stok ve lojistik süreçleri ve kalite

yönetimi gibi idari alanlarda da giderek daha fazla kullanılmaktadır (Çetin, 2023). Bu sayede kurumlar, operasyonel verimliliği artırmakta, personel kaynaklı hataları azaltmakta ve hizmet sürekliliğini güçlendirmektedir. Ayrıca uzaktan izlem ve takip sistemleri, hastalık yönetiminde daha etkin kontrol imkânı sunarak hem hastalar hem de sağlık profesyonelleri için zaman ve maliyet avantajı sağlamaktadır. Tüm bu yönleriyle yapay zekâ, sağlık hizmetlerinde hem klinik hem de idari alanlarda dönüşümü hızlandıran stratejik bir bileşen olarak değerlendirilmektedir (Tarcan vd., 2024).

3.3. Süreç dijitalleşmesi

Dijitalleşme; verinin, süreçlerin ve hizmetlerin dijital araçlar aracılığıyla dönüşümünü ifade eder (Samancı, 2024). Dijitalleşme yalnızca fiziksel evrakların elektronik hâle getirilmesini değil, aynı zamanda süreçlerin daha hızlı, etkili, izlenebilir, standartlaştırılmış ve ölçülebilir şekilde yürütülmesini sağlar (Damar ve Çiçek, 2023). Bu dönüşüm, veri toplama, depolama, analiz ve raporlama gibi tüm temel aşamaların dijital sistemler üzerinden entegre şekilde yapılmasına imkân tanır. Süreç dijitalleşmesi, karar alma mekanizmalarının güçlendirilmesine, kaynak kullanımının optimize edilmesine, operasyonel hataların azaltılmasına ve kurum içi koordinasyonun artmasına katkı sağlar (Avaner ve Fedai, 2017). Özellikle büyük hacimli verinin bulunduğu sağlık sektörlerinde dijital süreç yönetimi, manuel yöntemlerle sağlanması zor olan hız ve doğruluk düzeylerine ulaşmayı mümkün kılabilir (Peker vd., 2018).

Sağlık hizmetleri, karmaşık, çok paydaşlı ve yüksek risk içeren yapısı nedeniyle süreç dijitalleşmesinin ihtiyaç duyulduğu alanlardan biridir. Sağlıktaki dijital gelişmeler söz konusu olduğunda, bireyin kendi sağlık durumunu izleyebilmesi, taşınabilir sağlık teknolojilerinin kullanımı, tanı ve tedavi süreçlerinde dijital sistemlerden yararlanılması ve “sanal hastane” gibi uygulamalar ön plana çıkmaktadır (Akalin ve Veranyurt, 2020).

Sağlık kuruluşlarında hasta kabul, randevu yönetimi, tetkik sonuçları, ilaç yönetimi, stok kontrol, kalite yönetimi ve klinik karar destek mekanizmaları gibi işlemler yüksek düzeyde veri üretir (Peker vd., 2018). Bu nedenle süreçlerin dijitalleşmesi, hem hizmetin güvenilirliğini hem de klinik ve idari karar süreçlerinin doğruluğunu artırmaktadır. Elektronik sağlık kayıtları (ESK), hastane bilgi yönetim sistemleri (HBYS), dijital imza, otomatik raporlama ve gerçek zamanlı izleme sistemleri, sağlık süreçlerinin dijitalleşmesinin temel bileşenleri arasında yer alır (Avaner ve Fedai, 2017). Dijitalleşme sayesinde hataya açık manuel iş yükleri azalmakta, personel verimliliği yükselmekte ve hasta güvenliği artmaktadır. Bu yönleriyle süreç dijitalleşmesi, modern sağlık sistemlerinin sürdürülebilirliği açısından stratejik bir hamle hâline gelmiştir (Doğan, 2021).

3.4. Yapay zekâ ve süreç dijitalleşmesinin kesişim noktaları

Süreç dijitalleşmesi, sağlık hizmetlerinde iş akışlarının elektronik ortama taşınması, veri akışının yapılandırılması ve operasyonel adımların standardize edilmesi üzerinden ilerleyen bir dönüşümü ifade eder. Bu dijital altyapı, büyük veri kümelerinin düzenli, hızlı ve görece hatasız şekilde işlenmesini mümkün kılar. Bu da yapay zekâ algoritmalarının etkili biçimde çalışabilmesi için gerekli zemini oluşturur (Preti vd., 2024).

Yapay zekâ uygulamaları, dijitalleşmiş süreçler sonucunda ortaya çıkan verileri analiz ederek klinik ve idari karar mekanizmalarına tahminleme, erken uyarı ve risk değerlendirmesi gibi işlevlerle katkı sağlar. Böylece yapay zekâ ile süreç dijitalleşmesi arasındaki ilişki, hizmet sunumunu hızlandıran, hata olasılığını azaltan ve veri temelli yönetim anlayışını destekleyen bütünleşik bir yapıya dönüşmektedir (Yorgancıoğlu Tarcan vd., 2024).

Dijital sağlık platformlarının yaygınlaşması, yapay zekânın süreç optimizasyonundaki rolünü daha görünür kılmıştır. Elektronik sağlık kayıtları, randevu ve iş akışı yönetim sistemleri, teletıp uygulamaları ve dijital raporlama araçları, yapay zekânın ihtiyaç duyduğu düzenli ve erişilebilir veriyi sağlamaktadır. Bu veriler üzerinde çalışan yapay zekâ algoritmaları; klinik risk belirleme, kapasite ve yatak yönetimi, hasta yoğunluğunun tahmini ve hizmet planlaması gibi alanlarda daha isabetli sonuçlar üretebilmektedir (Özen, 2023). Süreçlerin dijital ortamda standartlaşması da yapay zekânın bu süreçler üzerinde daha etkin çalışmasını kolaylaştırmakta; verimlilik ve hizmet kalitesinde anlamlı iyileşmeler ortaya çıkmaktadır (Avaner ve Fedai, 2017).

4. Mevcut durum: sağlık hizmetlerinde dijital uygulamalar ve yapay zekâ entegrasyonu

Bu bölümde, sağlık hizmetlerinde dijital dönüşümün mevcut görünümünü iki düzeyde ele alınmaktadır. İlk olarak küresel dijital sağlık ekosisteminde yapay zekâ entegrasyonunun genel çerçevesi özetlenmekte, ardından Türkiye’de geliştirilen dijital sağlık altyapısı ve bu altyapı içinde yapay zekâ destekli uygulamaların konumu değerlendirilmektedir. Böylece dijitalleşmenin yalnızca teknolojik araçlardan ibaret olmadığı; veri yönetimi, karar destek ve süreç optimizasyonu boyutlarıyla bütüncül bir yapı oluşturduğu ortaya konulmaktadır.

4.1. Küresel dijital sağlık ekosistemi ve yapay zekâ entegrasyonu

Dijital sağlık; elektronik hasta kayıtları, dijital sağlık portalları, klinik karar destek sistemleri, teletıp uygulamaları ve yapay zekâ destekli tanı araçlarının yaygınlaşmasıyla birlikte sağlık hizmetlerinin vazgeçilmez bir unsuru hâline gelmiştir. Elektronik sağlık kayıtları, hastaya ilişkin bilgilerin tek bir sistemde bütünleşik olarak tutulmasını sağlayarak hem sağlık profesyonelleri hem de yöneticiler için veri odaklı bir karar altyapısı sunmaktadır. Bu sistemler zaman ve maliyet açısından da önemli kazanımlar sağlamaktadır (Avaner ve Fedai, 2017). Teletıp sistemleri; video görüşmesi, telekonsültasyon ve uzaktan hasta izleme gibi uygulamalar aracılığıyla özellikle Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Avrupa gibi ülkelerde sağlık hizmetlerine erişimi kolaylaştırmakta ve dijital sağlık dönüşümünün önemli bir yapısını oluşturmaktadır. Mobil sağlık da küresel dijital sağlık ekosisteminin önemli bileşenlerinden biridir. Mobil sağlık; sağlık sonuçlarını, sağlık hizmetlerini ve sağlık araştırmalarını iyileştirmek amacıyla mobil ve kablosuz cihazların kullanımını ifade etmektedir. Bu kapsamda mobil sağlık uygulamaları; uzaktan hasta izleme, sağlık verilerinin gerçek zamanlı takibi, hastalık yönetimi, sağlık hizmetlerine erişimin kolaylaştırılması ve bireyin kendi sağlığını yönetmesinin desteklenmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Bu yönüyle mobil sağlık, sağlık hizmetlerinin daha erişilebilir, izlenebilir ve sürdürülebilir biçimde sunulmasına katkı sağlayan önemli bir dijital sağlık yaklaşımıdır (Özer ve Alp, 2023). Bu dijital dönüşüm, yapay zekâ uygulamalarının daha büyük ve düzenli veri kümeleri üzerinde çalışmasını sağlayarak verimlilik artışına, klinik süreçlerin hızlanmasına, tanı doğruluğunun artmasına ve hastalık yönetiminde proaktif yaklaşımların gelişmesine katkı sağlamaktadır (Yorgancıoğlu Tarcan vd., 2024). Küresel dijital sağlık ekosisteminin diğer unsurları, süreç otomasyonu ve akıllı veri yönetimi sistemleridir. Robotik süreç otomasyonu (RPA), idari hizmet iş yüklerinin azaltılmasını sağlarken, dijital raporlama sistemleri ve veri analitiği altyapıları klinik değerlendirmeleri daha verimli hâle getirmektedir. Sağlık sektöründe yapay zekâ destekli karar sistemlerinin gelişmesi ise hem klinik hem de idari süreçlerde daha verimli, hızlı, güvenilir ve maliyet etkin uygulamaların ortaya çıkmasını sağlayarak dijital dönüşümün bütünleşik yapısını güçlendirmektedir.

4.2. Türkiye’de dijital sağlık altyapısı ve yapay zekâ destekli uygulamalar

Türkiye, son yıllarda dijital sağlık altyapısını geliştirmeye yönelik önemli adımlar atmış ve

ulusal ölçekte bütünleşik bir sağlık bilişim sistemi kurmayı hedeflemiştir (Ak, 2023). Bu kapsamda geliştirilen dijital platformlar, sağlık verilerinin düzenli, güvenli ve erişilebilir biçimde yönetilmesini sağlarken, klinik ve idari süreçlerin dijitalleşmesine de katkı sunmuştur. Sağlık Bakanlığı'nın kullandığı bazı kurumsal uygulamalar Tablo 1'de özetlenmiştir. Türkiye'de dijital sağlık altyapısının yapay zekâ ile ilişkisi, bu sistemlerin yalnızca veri depolayan veya süreç yöneten platformlar olmasının ötesinde, yapay zekâ tabanlı analiz ve karar destek sistemleri için veri zemini oluşturmasında ortaya çıkmaktadır. Özellikle e-Nabız, Hastane Bilgi Yönetim Sistemi (HBYS), teleradyoloji, Sağlıkta İstatistik ve Nedensel Analizler (SİNA) ve "Neyim Var?" gibi uygulamalar; büyük hacimli sağlık verisinin toplanması, sınıflandırılması ve yorumlanması yoluyla yapay zekâ destekli klinik risk değerlendirmesi, ön tanı, yoğunluk tahmini ve hizmet planlaması gibi alanlarda kullanılabilir altyapısal olanaklar sunmaktadır (Özçelik ve Sarıbekiroğlu, 2025). Bu nedenle Türkiye'de dijital sağlık altyapısının gelişimi, yapay zekâ uygulamalarının sağlık hizmetlerine entegrasyonu açısından stratejik bir zemin oluşturmaktadır.

E-Nabız, kişisel sağlık kayıtlarının tek bir dijital ortamda toplanmasını sağlayarak hem vatandaşların sağlık verilerine erişimini kolaylaştırmakta hem de klinik karar süreçlerini desteklemektedir. Merkezi Hekim Randevu Sistemi (MHRS) ise sağlık hizmetlerine erişimde planlı ve standart bir başvuru mekanizması sunmaktadır (Çetin, 2023). Bunun yanında HBYS, kayıt, laboratuvar ve klinik iş akışlarının dijital ortamda yürütülmesini sağlarken; teletıp ve teleradyoloji uygulamaları da görüntüleme hizmetlerinde uzman desteğine erişimi kolaylaştırarak klinik karar süreçlerine katkı sunmaktadır (Akalın ve Veranyurt, 2020). İdari ve operasyonel süreçlerde Malzeme Kaynakları Yönetim Sistemi (MKYS), dijital stok ve envanter yönetimi sağlamaktadır (Sağlık Bakanlığı, 2025). Tüm bu altyapı üzerine kurulan yapay zekâ destekli analiz araçları; yoğunluk tahmini, triyaj optimizasyonu, erken uyarı sistemleri ve klinik risk değerlendirmesi gibi alanlarda kullanılmaya başlanmış ve Türkiye'nin dijital sağlık kapasitesini daha etkili hâle getirmiştir (Tarcan vd., 2024).

Ayrıca e-fatura, e-arşiv, e-ödeme, elektronik ihale (e-ihale), Devlet Malzeme Ofisi (DMO) ve sağlık tesisleri değerlendirme sistemi (SDS) gibi uygulamalar; mali, satın alma ve kalite yönetimi süreçlerinin dijital ortamda daha şeffaf, izlenebilir ve ölçülebilir biçimde yürütülmesine katkı sunmaktadır. Bu uygulamalar, idari ve operasyonel süreçlerin dijitalleşmesinin sağlık kurumlarında verimlilik, maliyet etkinliği ve hizmet kalitesi üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermektedir (Avaner ve Fedai, 2017).

Tablo 1. Sağlık bakanlığı kurumsal uygulamalar

Uygulamanın adı	Uygulamanın amacı
E-nabız	Sağlık kurumlarında oluşan kişisel sağlık verilerinin vatandaşlar ve sağlık çalışanlar tarafından internet ve mobil uygulamalar aracılığıyla görüntülenmesini sağlayan bir kişisel sağlık kaydı platformudur. Muayene, tetkik ve tedavileriniz farklı sağlık kuruluşlarında yapılmış olsa bile, tüm tıbbi geçmişinize tek bir noktadan erişmenize ve sağlık bilgileriniz yönetmenize imkân tanır.
Merkezi hasta randevu sistemi (MHRS)	Bireylerin, Sağlık Bakanlığına bağlı ikinci ve üçüncü basamak hastaneler ile ağız ve diş sağlığı merkezlerinden randevu alabilmesini sağlayan sistemdir. 182 MHRS Çağır Merkezini arayarak canlı operatör aracılığıyla ya da internet üzerinden, istedikleri hastane ve hekim için randevu oluşturabilmelerine imkân tanır.
E-rapor	Sağlık kuruluşlarında düzenlenen doğum, engelli, sürücü, istirahat, durum bildirir raporu gib tüm raporların elektronik ortamda ve e-izmalı şekilde oluşturulup verilmesini sağlayan bir sistemdir.
Teleradyoloji	Radyolojik tetkiklere ait görüntülere web ve mobil uygulamalar üzerinden 7/24 erişim sunan bu görüntülerin raporlanmasını, radyologlar arasında telekonsültasyon yapılmasını, tıbb görüntü ve raporların kalite yönünden değerlendirilmesini ve e-Nabız aracılığıyla vatandaşlarla paylaşılmasını mümkün kılan bir sistemdir.
Neyim var?	Kişinin belirttiği temel şikâyet doğrultusunda kendisine bazı sorular yöneltilmekte; bu sorulara verilen yanıtlar, hastanın geçmiş hastalık öyküsü ve mevcut tetkik

	sonuçlar uygulamadaki yapay zekâ tarafından birlikte değerlendirilerek olası tanılar ortaya konulmaktadır. Son aşamada hastaya başvurması gereken uygun poliklinik önerilmekte ve randevu oluşturabilmesi için MHRS'ye yönlendirilmektedir.
Uzaktan hasta değerlendirme	Hastaların, fiziksel olarak sağlık kuruluşuna gitmeden sağlık hizmeti alabilmelerini mümkün kılan bir teknolojidir.
Acil sağlık otomasyon sistemi (ASOS)	112 acil çağrılarının yönetiminden hasta nakline kadar uzanan tüm sürecin dijital ortamda izlenebilmesini sağlayan ulusal sistemidir. Bakanlık tarafından yürütülen eğitim programları sınav sonuçları, sertifikalar, vaka ve gelir istatistikleri, sarf malzeme ve ilaç stokları, personel hareketleri ve raporları, ambulans ve demirbaş kayıtları, nöbet çizelgeleri ve personel tutanakları gibi çok sayıda bileşeni kapsayan modüler bir yapıya sahiptir.
Ulusal enterik patojenler laboratuvar sürveyans ağı (UEPLA)	Bildirimi zorunlu hastalıkların tanısı ve bildirilmesine yönelik olarak laboratuvarların sisteme etkin katılımını sağlamak amacıyla, ilgili altyapı ve uygulamaların güçlendirilmesi çalışmaları kapsamında oluşturulmuş bir laboratuvar ağıdır.
Merkezi entegre laboratuvar işletim sistemi (MELİS)	Aile hekimliği bilgi yönetim sistemi ile laboratuvar bilgi yönetim sistemi arasında servis tabanlı, merkezi veri paylaşımı ve yönetimini sağlayan bir yazılım altyapısı olan MELİS Projesiyle aile hekimleri vatandaşların laboratuvar sonuçlarını doğrudan görüntüleyebilecektir.
Ölüm bildirim sistem (ÖBS)	Ölüm istatistiklerinin eksiksiz, hızlı ve daha nitelikli biçimde toplanabilmesi için Sağlık Bakanlığı'nın ilgili birimleri ile Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü ve Türkiye İstatistik Kurumu arasında veri paylaşımını mümkün kılan; genişletilebilir yapıda, tek bir veri tabanında ve kurumsal hiyerarşi çerçevesinde yönetilebilen bir web uygulamasıdır.
Muayene bilgi yönetim sistemi (MBYS)	Muayenehane ve kliniklerde verilen sağlık hizmetlerinin dijital olarak kaydedilmesini sağlayan, mevzuata uygun ve güvenli bir yazılım sistemidir.
Sağlık net	Merkezî hastane randevu sistemi, ulusal sağlık veri standartları ve sağlık kodlama referans sözlüğü gibi çok sayıda internet tabanlı bilgi ve hizmete erişim olanağı sunmakla birlikte bireylerin sağlık verilerini elektronik ortamda üretme, saklama ve paylaşmasına imkân veren ayrıca sağlık hizmetlerine erişimi daha pratik hâle getiren bir sistemdir.
Tütün bağımlılığı tedavisi izlem sistem (TÜBATİS)	Sigara bırakma polikliniklerine başvuran hastaların izlenmesini ve bu hastalara verilecek ilaçların düzenli şekilde dağıtılmasını sağlamak üzere geliştirilmiş bir sistemdir.
Doküman yönetim sistemi (DYS)	Sağlık Bakanlığının merkez, taşra ve yurt dışı teşkilatı ile bağlı ve ilgili kurumların merkez ve taşra birimlerinde etkinlik, verimlilik ve izlenebilirliği artırmak; zaman, iş gücü ve kırtasiye maliyetlerinde tasarruf sağlamak ve resmî yazışmalarda bilişim teknolojilerinden yararlanmak amacıyla geliştirilmiş bir sistemdir.
Ek ödeme bordro sistemi (EKOBBS)	Kamu hastanelerinden ek ödeme verilerinin merkezi biçimde toplanmasını, analiz edilmesini ve izlenmesini sağlayan; bu veriler üzerinden raporlama yapılmasına ve gerektiğinde mevzuat değişikliklerine yönelik simülasyonların gerçekleştirilmesine imkân tanıyan bir sistemdir.
Tek düzen muhasebe sistemi (TDMS)	Sağlık Bakanlığına bağlı döner sermayeli sağlık kurumlarının muhasebe kayıtlarının tutulduğu web tabanlı bir sistemdir. Sisteme işlenen muhasebe verileri kullanılarak çeşitli raporlar üretilebilmektedir.
Sağlık bakanlığı kurumsal kalite sistemi	Türkiye'de sağlık hizmetlerinin adil, zamanında, etkili ve verimli biçimde sunulmasını güvence altına almayı; buna paralel olarak hasta ve çalışan güvenliği ile memnuniyetini mümkün olan en yüksek düzeye çıkarmayı hedeflemektedir.
Sağlık tesisleri denetim ve izleme sistemi (DENİZ)	Ülke genelinde hizmet veren tüm sağlık tesislerinde yürütülecek denetim süreçlerinin (planlama, denetleme, yaptırım uygulama, raporlama ve izleme) dijital ortamda yürütülebilmesi amacıyla geliştirilmiş bir sistemdir.
Sağlık bakanlığı iletişim merkezi (SABİM)	Sağlık Bakanlığında ilişkin her türlü sorun, şikâyet, öneri ve talebi dinleyip değerlendirerek iletilen problemlere yerinde ve zamanında müdahale edilmesini ve çözüm üretilmesini sağlamayı amaçlamaktadır.
Sağlıkta istatistik ve nedensel analizler (SİNA)	Kurum kaynaklarının daha etkin biçimde yönetilmesi ve merkez ile taşra teşkilatında görev yapan kullanıcıların karar alma kapasitesinin geliştirilmesi amacıyla oluşturulmuş, Sağlık Bakanlığında ait yerli bir karar destek sistemi platformudur.

Kaynak: Sağlık Bakanlığı, 2025

Kurumsal dijital sağlık altyapısının yanında, Türkiye'de bireylerin sağlık hizmetlerine mobil cihazlar aracılığıyla erişimini kolaylaştıran ve belirli sağlık süreçlerinin izlenmesini

destekleyen çeşitli mobil sağlık uygulamaları da kullanılmaktadır (Özer ve Alp, 2023). Türkiye’de öne çıkan bazı mobil sağlık uygulamaları Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Türkiye’de Kullanılan Mobil Sağlık Uygulamaları

Uygulama	Uygulama Amacı
Ruh sağlığı destek sistem (RUHSAD)	Ruh sağlığı desteğine ihtiyaç duyan bireylerin görüntülü görüşme yoluyla destek almasını amaçlar.
112 acil yardım butonu	Acil durumlarda konum bilgisiyle hızlı yardım çağrısı yapılmasını destekler.
Engelsiz Sesli kitap	Görme engelli bireylerin sağlıkla ilgili temel bilgilere daha kolay erişimini destekler.
Ulusal medikal kurtarma ekibi (UMKE) Mobil	Acil durum ve saha koşullarında UMKE personelinin koordinasyonunu destekler.
Alo 113 beyaz kod	Sağlık çalışanlarına yönelik şiddet olaylarının bildirim ve takibini sağlar.
Aşı takip sistemi	Aşı ve antiserumların sevk, saklama ve soğuk zincir süreçlerinin izlenmesini sağlar.
İlaç takip sistemi	İlaçların üretimden hastaya ulaşıncaya kadar izlenmesini ve sahte/kaçak ilaçların önlenmesini destekler.
Hayat eve sığar	Sağlık Bakanlığı tarafından toplu taşıma araçları, toplu kullanım alanları, gib yerlerde geçirilecek süre boyunca bulaş riskini azaltmak, dolayısıyla koronavirüsün yayılmasını önlemek ve COVID-19 temaslı takibini kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiştir.

Kaynak: Özer ve Alp, 2023.

5. Gelişen teknolojiler ve gelecek perspektifleri

Dijital sağlık alanındaki dönüşüm, disiplinler arası bir yapıya sahip olan yapay zekâ temelli teknolojilerin gelişimiyle hız kazanmakta ve sağlık hizmetlerinin geleceğini yeniden şekillendirmektedir. Makine öğrenmesi, derin öğrenme, Nesnelerin İnterneti (IoT), dijital ikiz modelleri ve robotik sistemler gibi teknolojiler; hem klinik karar süreçlerini hem de operasyonel işleyişi daha üst bir düzeye taşımayı hedeflemektedir. Makine öğrenimi (MÖ), bilgisayarların açık biçimde programlanmadan verilerden öğrenmesini sağlayan bir yapay zekâ alanı olup, temelde olasılık ve istatistik teorilerine dayanır ve karar verme süreçlerinde geleneksel istatistiksel yöntemlere kıyasla daha esnek araçlar sunar (Kesgin, 2025). Temel olarak olasılık ve istatistik üstüne kuruludur; fakat karar verme söz konusu olduğunda standart istatistiksel yöntemlerden daha güçlüdür. MÖ klinik karar vermede kullanıldığında, sistemin hastanın verilerini toplaması ve yorumlaması, ardından bu veriler üzerinde akıl yürüterek o hastanın sağlığını korumak veya iyileştirmek için yapılması gereken en uygun eylemleri önermesi beklenir. Gelecek dönemde bu modellerin gerçek zamanlı klinik karar mekanizmalarına daha entegre çalışacağı öngörülmektedir (Jayatilake ve Ganegoda, 2021).

Derin öğrenme (DÖ), ham verilerin bir makineye aktarılmasını ve makinenin, örüntü tanıma için gerekli temsilleri çok katmanlı ağlar aracılığıyla kendisinin öğrenmesini içerir (Huang vd., 2023). DÖ, insan beyninin yapısı ve işleyişinden esinlenen, MÖ’nin bir alt kümesidir. DÖ, özellikle derin sinir ağlarını kullanarak çok büyük miktarda veriden öğrenme gerçekleştirmektedir (Rojas-Carabali vd., 2024). Doğal dil işleme (DDİ), metnin işlenmesi ve analizine odaklanan bir yapay zekâ alt grubudur (Yeung vd., 2024). DDİ, bilgisayarlar ile insan dili arasındaki etkileşimde kritik bir rol oynar. DDİ, bilgisayarların doğal dili anlaması, üretmesi ve bu dilden anlam çıkarmasına odaklanır (Rojas-Carabali vd., 2024). Sağlıkta DDİ, sağlık kurumlarında üretilen büyük hacimli verinin işlenmesinde kritik bir role sahiptir. DDİ tabanlı modeller, epikrizler, hekim notları, laboratuvar sonuçları gibi yapılandırılmamış verilerin analiz edilmesini sağlayarak klinik süreçlerin otomasyonunu mümkün kılmaktadır. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT) ise, çevreleri hakkında veri toplayan ve saklayan birbirine bağlı cihazların büyük bir ağıdır ve IoT, birbirine bağlı cihazlardan oluşan

bir ekosistem olarak kabul edilir. IoT, mevcut yapıda dijital cihazlara uzaktan bağlantı sağlamak ve onları uzaktan yönetmek için son derece önemlidir. Bu durum, dijital cihazların ve fiziksel nesnelerin; toplumu, süreçleri ve sağlığı iyileştirecek şekilde etkileşimde bulunması için önemli fırsatlar yaratmaktadır. Cihazlar, nanoçipten yönlendiriciye (router) kadar değişen ölçeklerde olabilir ve aralarında iletişimi sağlamak için sensörler, aktüatörler ve yazılımlar ile birlikte kullanılır (Al-kahtani vd., 2022). IoT ve sensörler, teknolojik açıdan sağlık sisteminin en önemli bileşenleridir; çünkü sağlık hizmetlerini kolaylaştırır ve doğrudan kullanıcı ya da hasta gereksinimleriyle ilişkilidir. Günümüzde kullanılan pek çok uygulama kullanıcı odaklı iken, hizmetler daha çok geliştirici odaklıdır; zira hizmetler, uygulamaların geliştirilmesinde birer yapı taşı olarak kullanılır (Al-kahtani vd., 2022). IoT tabanlı cihazlar; giyilebilir teknolojiler, hasta izlem sensörleri ve akıllı tıbbi cihazlar aracılığıyla sağlık verilerinin gerçek zamanlı takibini sağlamaktadır. Bu sistemler kronik hastalıkların izlenmesinde proaktif bir yaklaşım sunarken, hastanelerde cihaz takip sistemleri ve ortam sensörleri sayesinde operasyonel süreçlerin verimliliğini artırmaktadır (Manickam vd., 2022).

Bir diğer konu olan Sağlık alanında büyük veri, sağlık ve sağlık sistemi performansını geliştirmek amacıyla dijital ortamda kaydedilen, saklanan ve çoğu zaman rutin ya da otomatik biçimde toplanan büyük hacimli veri setlerini ifade eder. Büyük veri, çok amaçlı kullanılabilen veri bütünleri olarak düşünülebilir ve mevcut veri tabanlarının bir araya getirilmesini ve aralarındaki bağlantıların kurulmasını kapsar (Altındış ve Morkoç, 2018). Son yıllarda, birçok araştırmacı, analitiksel doğruluğu iyileştirmek için sağlık hizmetleri verilerinde büyük veri yaklaşımlarını önermiştir. Sağlık hizmeti verilerinin etkili analizi, hastaların durumuna yeni bakış açıları sağlamakta ve en verimli tedavi fırsatlarını önermektedir (Kurşun, 2021).

Dijital ikiz teknolojisi ise ilk kez NASA tarafından kullanılan ve gerçek bir nesne, sistem veya organizmanın güncel verileriyle dijital ortamda simüle edilmesini sağlayan bir yaklaşımdır (Aynacı, 2020). Yapılan çalışmalar ve geliştirilen dijital ikiz örneklerine bakıldığında, sağlık hizmetlerindeki uygulamaların üç ana grupta toplandığı görülmektedir. İlk grupta, hastanenin belirli bölümlerine yerleştirilen sensörler aracılığıyla veri toplanarak bu birimlerin dijital ikizinin modellenmesi yer almaktadır. İkinci uygulamada, bireyin genel sağlık durumunun takip edilebilmesi için sağlık verileri kullanılarak kişiye özel, dinamik bir dijital ikiz oluşturulmaktadır. Üçüncü grupta ise, hastalıklı bir alanın hem izlenmesi hem de planlanan cerrahi işlemler veya ilaç tedavisinin önceden denenebilmesi amacıyla dijital ikiz modellerinin kullanıldığı görülmektedir. Örneğin sağlıkta dijital ikizler, yara bandı büyüklüğünde veya daha minimal sensörler sayesinde sağlık bilgilerini, kişinin vücudundaki işlemlerin süreçlerin izlenebilmesini, bu süreçlerin ilerleyişini ve sonucunu tahmin etmek için kullanılmaktadır (Aynacı, 2020). Dijital hastaneler ise sağlık kurumlarında kullanılan tüm bilgi sistemlerinin medikal ve medikal olmayan teknolojilerle entegre olduğu, kâğıtsız ve yüksek otomasyon düzeyine sahip yapılardır. Bu hastanelerde sağlık profesyonelleri, yetkileri çerçevesinde hastane ve hasta verilerine her yerden güvenli ve hızlı biçimde erişebilmekte; süreçler büyük ölçüde dijital ortamda ve standardize edilmiş iş akışlarıyla yürütülmektedir (Ak, 2013).

5.1. Yapay zekânın sağlık hizmetlerinde etik ve hukuki boyutları

Yapay zekâ destekli sistemlerin sağlık hizmetlerine entegrasyonu, yalnızca teknik kapasite ve verimlilik artışı ile değerlendirilmemeli; aynı zamanda etik ve hukuki sonuçları bakımından da ele alınmalıdır. Sağlık verilerinin büyük hacimlerde işlenmesi, veri mahremiyeti, kişisel verilerin korunması ve hasta güvenliği konularını daha görünür hâle

getirmektedir. Bununla birlikte yapay zekâ sistemlerinin özellikle “kara kutu” niteliği taşıyan modeller üzerinden karar üretmesi; şeffaflık, açıklanabilirlik ve hukuki sorumluluğun dağılımı açısından yeni tartışmaları gündeme getirmektedir. Ayrıca algoritmik önyargı riski, belirli hasta gruplarında eşitsizlikleri yeniden üretme potansiyeli taşıdığı için sağlıkta adalet ilkesi bakımından dikkate alınmalıdır. Bu nedenlerle, yapay zekâ uygulamalarının sağlık sistemlerinde sürdürülebilir ve güvenilir biçimde kullanılabilmesi için etik rehberler, veri yönetimi ilkeleri, açıklanabilir karar mekanizmaları ve kurumsal denetim süreçleri birlikte ele alınmalıdır.

6. Tartışma

Bu bölümde, sağlık hizmetlerinde yapay zekâ destekli süreç dijitalleşmesi ve gelişen teknolojiler güncel literatür ve mevcut uygulamalar doğrultusunda değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın bulguları, yapay zekâ destekli dijitalleşmenin sağlık hizmetlerinde yalnızca teknik bir yenilik olmadığını; klinik karar destek süreçlerinden idari ve operasyonel işleyişe kadar uzanan bir dönüşüm alanı oluşturduğunu göstermektedir. Türkiye’de e-Nabız, MHRS, HBYS, teleradyoloji ve karar destek uygulamaları gibi dijital sağlık bileşenlerinin yaygınlaşması, sağlık hizmetlerinde veri temelli, bütünlük ve daha erişilebilir bir yapının güçlendiğine işaret etmektedir (Ak, 2023; Tarcan vd., 2024). Benzer şekilde uluslararası literatürde de yapay zekâ, dijital sağlık platformları, teletıp, mobil sağlık ve veri analitiği temelli karar destek sistemlerinin sağlık hizmetlerinin bir parçası hâline geldiği görülmektedir. Bu dönüşüm yalnızca belirli ülkelere özgü olmayıp, birçok ülkede verimlilik, erişilebilirlik, kalite ve sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda hız kazanmaktadır (Akalin ve Veranyurt, 2020; Maleki Varnosfaderani ve Forouzanfar, 2024). Bu yönüyle sağlık sistemlerinin, artan hizmet talebi, dijitalleşme ve değişen çevresel koşullara uyum sağlamak amacıyla daha erişilebilir, daha bütünlük ve daha teknoloji destekli yapılara yöneldiği söylenebilir.

Yapay zekâ destekli dijital sağlık sistemlerinin kullanım alanları genişledikçe, bu teknolojilerin sunduğu fırsatların yanı sıra etik, hukuki ve yönetsel açıdan yeni tartışma başlıkları da ortaya çıkmaktadır (Tarcan vd., 2024). Literatürde, yapay zekânın sağlık çalışanlarının etkinliğini artırma ve sağlık hizmeti kalitesini iyileştirme potansiyeline sahip olduğu; ancak bunun etik ve güvenli biçimde uygulanmasının kritik önem taşıdığı vurgulanmaktadır (Kaplan vd., 2024). Bu nedenle mevcut bulgular yalnızca dönüşümün hızını ve kapsamını değil, aynı zamanda bu dönüşümün hangi etik ilke ve sınırlar içinde yürütülmesi gerektiğini de tartışmayı gerektirebilir.

İlk olarak, veri mahremiyeti ve güvenliği önemli bir tartışma konusu haline gelmektedir. Yapay zekâ sistemleri, çoğu zaman büyük hacimli ve oldukça hassas nitelikteki kişisel sağlık verilerini işlemek zorundadır. Bu verilerin toplanması, saklanması ve kullanılması süreçlerinde hasta mahremiyetinin yeterince korunmaması; yetkisiz erişim, kötüye kullanım ve veri sızıntısı risklerini beraberinde getirmektedir (Khalid vd., 2023). Türkiye’de KVKK ve ilgili ikincil mevzuat temel bir hukuki çerçeve sunmakla birlikte, yapay zekâ algoritmalarının karmaşık veri işleme süreçlerinin şeffaflığı konusunda soru işaretleri devam etmektedir (Sağiroğlu ve Tosun, 2023).

İkinci önemli alan, yapay zekâ sistemlerinde şeffaflık ve hukuki sorumluluk konusudur. Pek çok yapay zekâ modeli, “kara kutu” olarak adlandırılan ve girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkilerin insan uzmanlar tarafından tam olarak izlenemediği bir yapıya sahiptir (Alpkoçak, 2024). Tanı, tedavi ya da triyaj gibi kritik alanlarda oluşabilecek hatalarda sorumluluğun hekim, kurum veya yazılım geliştirici arasında nasıl paylaşılacağı net değildir. Bu belirsizlik, yapay zekânın sağlık hizmetlerine güvenli entegrasyonunun önünde önemli bir

engel olarak değerlendirilmektedir (Tarcan vd., 2024).

Üçüncü tartışma başlığı, algoritmik önyargılar ve sağlıkta adalet meselesidir. Yapay zekâ sistemleri, eğitildikleri veri setlerindeki örüntüleri yansıttığı için sosyoekonomik, demografik veya klinik dengesizlikleri yeniden üretebilir (Dave ve Patel, 2023). Özellikle belirli grupların veri setlerinde yetersiz temsil edilmesi, bu gruplar için daha yüksek hata oranları ve öngörülemez sonuçlar doğurabilmektedir. Bu durum, sağlıkta var olan eşitsizliklerin derinleşmesine yol açma riski taşımakta; kronik hastalık yönetimi, risk skorum ve önceliklendirme süreçlerinde dikkatle izlenmesi gereken bir alan olarak öne çıkmaktadır (Uysal ve Semiz, 2022).

Dördüncü olarak, insan–makine etkileşiminin sınırları ve empati konusu önem taşımaktadır. Sağlık hizmeti, yalnızca teknik ve prosedürel işlemlerden ibaret olmayıp iletişim, empati, güven ilişkisi ve etik sezgi gerektiren çok katmanlı bir süreçtir. Yapay zekâ, veri analizi ve karar destek alanlarında yüksek performans gösterebilse de, hasta–sağlık çalışanı ilişkisinin insani boyutunu tam anlamıyla ikame edememektedir. Türkiye’de hemşireler ve diğer sağlık profesyonelleriyle yapılan araştırmalarda, yapay zekâyâ yönelik temkinli bir iyimserlik bulunduğu; ancak insan temasının geri planda kalacağına dair kaygıların da güçlü olduğu belirtilmektedir (Çeçen Çamlı, 2024). Bazı çalışmalarda, yapay zekâ sistemlerinin bakım süreçlerinde aşırı belirleyici hâle gelmesinin, sağlık çalışanlarının mesleki rol algısını zayıflatabileceği ve hastalar nezdinde “robotik bakım” algısına neden olabileceği vurgulanmaktadır (Özdemir vd., 2025).

Son olarak, yönetim, etik rehberler ve düzenleyici altyapı ihtiyacı öne çıkmaktadır. Yapay zekânın sağlık hizmetlerinde güvenilir biçimde kullanılabilmesi için teknik kapasite tek başına yeterli değildir; aynı zamanda güçlü bir etik ve kurumsal yönetim çerçevesine gerek vardır. Son dönem çalışmalarda açıklanabilir yapay zekâ yaklaşımları, algoritma şeffaflığı, veri minimizasyonu, bilgilendirilmiş onam, bağımsız denetim ve kalite güvence mekanizmaları zorunlu bileşenler olarak ele alınmaktadır (Alpkoçak, 2024; Hassan vd., 2025).

Türkiye’de E-Nabız, MHRS, teleradyoloji ve karar destek sistemleri gibi güçlü dijital altyapılar, yapay zekâ entegrasyonu açısından önemli teknik imkânlar sunmakta ve sağlık hizmetlerinde dijital dönüşümün giderek kurumsallaştığını göstermektedir (Tarcan vd., 2024; Özçelik ve Sarıbekiroğlu, 2025). Son yıllarda sağlık alanında yapay zekâ destekli uygulamaların yaygınlık kazanması, Türkiye’nin bu alandaki dijital kapasitesinin güçlenmeye başladığına ve sağlık sisteminin yenilikçi teknolojileri daha görünür biçimde benimsemekte olduğuna işaret etmektedir. Bu gelişme, yalnızca teknik altyapının genişlemesi açısından değil; aynı zamanda hizmet sunumunda verimlilik, hız ve erişilebilirlik boyutlarında yeni olanaklar ortaya çıkarması bakımından da önem taşımaktadır. Bununla birlikte, söz konusu dönüşümün sürdürülebilir ve güvenilir biçimde ilerleyebilmesi için etik ilkeler, kurumsal standartlar ve denetim süreçlerinin eş zamanlı olarak güçlendirilmesi gerekmektedir (Sarioğlu ve Tosun, 2023). Genel olarak değerlendirildiğinde, güçlü veri koruma politikaları ve etkili yönetim yapılarıyla desteklenen yapay zekâ uygulamalarının, sağlık hizmetlerinde verimlilik, kalite ve erişilebilirlik açısından önemli katkılar sunacağı yönünde literatürde uzlaşma bulunmaktadır (Maleki Varnosfaderani ve Forouzanfar, 2024).

7. Sonuç

Yapay zekâ destekli dijital sağlık uygulamaları, küresel ölçekte sağlık hizmetlerinin işleyişini yeniden tanımlayan bir güç hâline gelmiştir. Yapay zekânın sunduğu avantajlar, etkili yönetim ve güçlü bir etik çerçeve ile birleştiğinde; sağlık hizmetlerinin kalitesini

yükselten, erişilebilirliği artıran ve sürdürülebilir sağlık sistemleri için önemli bir kaldıraç etkisi yaratma potansiyeline sahiptir. Türkiye’de son yıllarda oluşturulan dijital altyapı; veri paylaşım ekosistemi, karar destek mekanizmaları, teletıp sistemleri ve kurumsal bilişim platformlarıyla önemli bir gelişim sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu teknolojilerin sağlık sistemine sürdürülebilir biçimde entegre edilebilmesi, yalnızca teknik yapı değil; güçlü yönetim, etik ilkeler ve kurumsal standartlarla desteklenen bütüncül bir çerçeve gerektirmektedir. YZ temelli sistemlerin karar alma süreçlerinde kullanımı, klinik doğruluk, operasyonel verimlilik ve maliyet etkinliği açısından önemli fırsatlar yaratsa da; veri güvenliği, algoritmik tarafsızlık, şeffaflık ve sorumluluk paylaşımı gibi konular, bu dönüşümün yönünü belirleyen kritik faktörler olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte, başta veri güvenliği olmak üzere etik ve hukuki düzenlemelerin güçlendirilmesi; açıklanabilir, hesap verilebilir ve denetlenebilir algoritmik süreçlerin oluşturulması giderek daha önemli hâle gelmektedir. Türkiye’nin mevcut dijital sağlık kapasitesi, yapay zekâ entegrasyonu için önemli avantajlar sunmaktadır. Ancak bu altyapının etkili biçimde kullanılabilmesi için kurumsal düzeyde standartlaşma, disiplinler arası işbirliği ve insan kaynağı kapasitesinin geliştirilmesi gerekmektedir. Klinik ve idari süreçlerde YZ’den maksimum faydanın sağlanabilmesi, bu teknolojilerin sağlık profesyonellerinin rolünü azaltmayan; aksine kararlarını güçlendiren destekleyici bir araç olarak değerlendirilmesine bağlıdır.

8. Öneriler

Bu çalışma doğrultusunda, sağlık hizmetlerinde yapay zekâ destekli dijital dönüşümün daha etkili, güvenilir ve sürdürülebilir biçimde ilerleyebilmesi için ulusal ölçekte bütüncül bir yaklaşımın geliştirilmesi yararlı olacaktır. Özellikle mevcut dijital sağlık altyapısının veri yönetimi, etik ilkeler, kurumsal standartlar ve uygulama kapasitesi ile birlikte ele alınması, bu alandaki dönüşümün daha dengeli ve işlevsel bir zeminde sürdürülmesine katkı sağlayabilir. Sağlık Bakanlığı koordinasyonunda oluşturulacak yol gösterici çerçeveler; pilot uygulamaların sistematik biçimde izlenmesi, başarılı örneklerin kademeli olarak yaygınlaştırılması ve kurumlar arası uygulama birliğinin güçlendirilmesi açısından önemli bir fırsat sunabilir. Bunun yanında, sağlık profesyonellerinin ve yöneticilerin dijital yetkinliklerini destekleyecek eğitim ve uyum süreçlerinin güçlendirilmesi, yapay zekâ temelli sistemlerin günlük hizmet sunumuna daha etkin biçimde entegre edilmesini kolaylaştırabilir. Türkiye’nin mevcut dijital sağlık birikimi dikkate alındığında, planlı ve eşgüdümlü adımların sağlık hizmetlerinde verimlilik, kalite, erişilebilirlik ve hasta güvenliği açısından anlamlı katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- Ak, B. (2013). Sağlıkta yeni hedef: Dijital hastaneler. *Akademik Bilişim*, 23, 25.
- Ak, S. (2023). Dijital hastane dönüşümünde Türkiye. *Güncel Sağlık Yönetimi*, 1(1), 24–35.
- Akalın, B., & Veranyurt, Ü. (2020). Sağlıkta dijitalleşme ve yapay zekâ. *SDÜ Sağlık Yönetimi Dergisi*, 2(2), 128–137.
- Alpkoçak, A. (2024). Sağlıkta açıklanabilir yapay zekâ. *TOTBİD Dergisi*, 23(S), 18–19.
- Altındış, S., & Morkoç, İ. K. (2018). Sağlık hizmetlerinde büyük veri. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 257–271.
- Arvai, N., Katonai, G., & Meskó, B. (2025). Health care professionals’ concerns about medical AI and psychological barriers and strategies for successful implementation: Scoping review. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e66986.

- Au Yeung, J., Shek, A., Searle, T., Kraljevic, Z., Dinu, V., Ratas, M., & Teo, J. T. (2024). Natural language processing data services for healthcare providers. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 24(1), 356.
- Avaner, T., & Fedai, R. (2017). Sağlık hizmetlerinde dijitalleşme: Sağlık yönetiminde bilgi sistemlerinin kullanılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(Kayfor 15 Özel Sayısı), 1533–1542.
- Aynacı, İ. (2020). Dijital ikiz ve sağlık uygulamaları. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(1), 70–79.
- Çeçen Çamlı, D. (2024). Cerrahi hemşireliğinde yapay zekâ teknolojilerinin kullanımı: Etik ikilem. *Euroasia Matematik, Mühendislik, Doğa ve Tıp Bilimleri Dergisi: Medical Sciences*, 11(34), 26–34.
- Çetin, B. (2023). Sağlık hizmetleri ve yapay zeka. *Uluslararası Ekonomi ve Siyaset Bilimleri Akademik Araştırmalar Dergisi*, 7(17), 53–67.
- Çilhoroz, Y., & Işık, O. (2021). Yapay zekâ: Sağlık hizmetlerinden uygulamalar. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(2), 573–588.
- Dalgıç, P. N. (2025). Dijital sağlık hizmetlerinde bütüncül kanal stratejisinin (omnichannel strategy) rolü ve etkileri. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 12(2), 336–346.
- Damar, M., & Çiçek, O. (2023). Kavramsal olarak dijital dönüşüm ve sağlık sektörüne yansımaları. In A. Özen (Ed.), *Dijital dönüşüm ve değişen uygulamalar* (ss. 487–506). Efe Akademi Yayıncılık.
- Dave, M., & Patel, N. (2023). Artificial intelligence in healthcare and education. *British Dental Journal*, 234(10), 761–764.
- Davenport, T., & Kalakota, R. (2019). The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthcare Journal*, 6(2), 94–98.
- Devlet Malzeme Ofisi. (t.y.). Erişim tarihi 26 Kasım 2025, <https://www.dmo.gov.tr/Home/Icerik/31>
- Doğan, S. (2021). Dünyada ve Türkiye’de belgelendirilmiş dijital hastaneler üzerine bir araştırma. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 8(71), 1588–1597.
- Hassan, M., Borycki, E. M., & Kushniruk, A. W. (2025, Mart). Sağlık hizmetleri için yapay zeka yönetim çerçevesi. *Sağlık Yönetimi Forumu*’nda (Cilt 38, No. 2, s. 125–130). SAGE Yayınları.
- Huang, T., Ma, L., Zhang, B., & Liao, H. (2023). Advances in deep learning: From diagnosis to treatment. *Bioscience Trends*, 17(3), 190–192.
- Jayatilake, S. M. D. A. C., & Ganegoda, G. U. (2021). Involvement of machine learning tools in healthcare decision making. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021(1), 6679512.
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: Past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, 2(4).
- Kaplan, M., Çakar, F., & Bingöl, H. (2024). Sağlık alanında yapay zekanın kullanımı: Derleme. *Muş Alparslan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(3), 75–85.
- Khalid, N., Qayyum, A., Bilal, M., Al-Fuqaha, A., & Qadir, J. (2023). Privacy-preserving artificial intelligence in healthcare: Techniques and applications. *Computers in Biology and Medicine*, 158, 106848.
- Khosravi, M., Zare, Z., Mojtabaiean, S. M., & Izadi, R. (2024). Artificial intelligence and decision-making in healthcare: A thematic analysis of a systematic review of reviews. *Health Services Research and Managerial Epidemiology*, 11.
- Krotkiewicz, M., Szykaruk, A., & Stachyra, A. (2025). Digital transformation in healthcare management: From artificial intelligence to blockchain. *Wiadomości Lekarskie*, 78(3), 578–583.
- Kurşun, A. (2021). Büyük veri ve sağlık hizmetlerinde büyük veri işleme araçları. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 24(4), 921–940.
- Maleki Varnosfaderani, S., & Forouzanfar, M. (2024). The role of AI in hospitals and clinics: Transforming healthcare in the 21st century. *Bioengineering*, 11(4), 337.
- Manickam, P., Mariappan, S. A., Murugesan, S. M., Hansda, S., Kaushik, A., Shinde, R., & Thipperudraswamy, S. P. (2022). Artificial intelligence (AI) and Internet of Medical Things (IoMT) assisted biomedical systems for

intelligent healthcare. *Biosensors*, 12(8), 562.

Merih, Y. D., & Karadeniz, H. İ. (2025). İnovasyon sürecinin aktive edilmesinde sağlıkta inovasyon modelinin etkinliği: Bir kamu hastanesi örneği. *J Health Inst Turk*, 8(2), 23–30.

Özçelik, S., & Saribekiroğlu, M. (2025). Türkiye sağlık sisteminde yapay zeka tabanlı klinik karar destek sistemlerinin entegrasyonu için bir sosyo-teknik çerçeve modeli. *Uluslararası Toplumsal Bilimler Dergisi*, 9(2), 271–294.

Özdemir, B., & Şahin, Ö. U. (2024). Türkiye’de dijital hastanelerin geleceği: GZTF analizi. *Journal of Awareness*, 9(4), 381–392.

Özdemir, M., Saylan, A., & Artuç, Ü. (2025). Sağlık iletişiminde yapay zekâ uygulamaları. In O. Koç (Ed.), *Yapay zeka ve bilgi yönetimi: Sağlık, eğitim ve toplum için yenilikçi uygulamalar*. Özgür Yayınları.

Özen, H. (2021). Dijital sağlık hizmetlerinin sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından değerlendirilmesi. *OPUS International Journal of Society Researches*, 17(38), 5440–5472.

Özer, Ö., & Alp, S. (2023). Mobil sağlık. İçinde Ö. Özer & O. Özkan (Ed.), *Sağlıkta dijital yaklaşımlar* (ss. 91-108). Gazi Kitabevi.

Peker, S. V., Van Giersbergen, M. Y., & Biçersoy, G. (2018). Sağlık bilişimi ve Türkiye’de hastanelerin dijitalleşmesi. *Health Academy Kastamonu*, 3(3), 228–267.

Preti, L. M., Ardito, V., Compagni, A., Petracca, F., & Cappellaro, G. (2024). Implementation of machine learning applications in health care organizations: Systematic review of empirical studies. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e55897.

Ringeval, M., Etindele Sosso, F. A., Cousineau, M., & Paré, G. (2025). Advancing health care with digital twins: Meta-review of applications and implementation challenges. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e69544.

Rojas-Carabali, W., Agrawal, R., Gutierrez-Sinisterra, L., Baxter, S. L., Cifuentes-González, C., Wei, Y. C., ... & Agrawal, R. (2024). Natural language processing in medicine and ophthalmology: A review for the 21st-century clinician. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, 13(4), 100084.

Rossi, M., & Rehman, S. (2025). Integrating artificial intelligence into telemedicine: Evidence, challenges, and future directions. *Cureus*, 17(8), e90829.

Rudsari, H. K., vd. (2025). Digital twins in healthcare: A comprehensive review and future perspectives. *Frontiers in Digital Health*.

Samancı, M. (2024). Sağlık hizmetlerinde dijitalleşme. *Journal of Health and Management (Sağlık ve Yönetim Dergisi)*, (1), 67–86.

Sarioğlu, E., & Tosun, H. (2023). Yapay zekânın sağlık uygulamalarındaki kullanımı ve etik açıdan tartışılması: Geleneksel derleme. *Türkiye Klinikleri Tıp Etiği-Hukuku-Tarihi Dergisi*.

Syed, S. M., Maluvelil, A. M., Kipershtein, M., Aiello, P., & Ehonah, O. (2026). Bridging the gap: Towards a standardized framework for evaluating mHealth and AI-enabled health applications. *Studies in Health Technology and Informatics*, 334, 98–102.

Tarcan, G. Y., Balçık, P. Y., & Sebik, N. B. (2024). Türkiye ve dünyada sağlık hizmetlerinde yapay zekâ. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 14(1), 50–60.

Tiryaki, E. U., & Şimşek, E. (t.y.). Artificial intelligence applications in health. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 33(2), 98–105.

Uysal, B., & Semiz, T. (Eds.). (2022). *Sağlık hizmetlerinde dijitalleşme ve geleceği*. Iksad Publishing House.

Uzun, T. (2020). Yapay zekâ ve sağlık uygulamaları. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(1), 80–92.

Widmer, A. (2024). Digital health apps: How to achieve the successful integration into healthcare. *Innere Medizin (Heidelberg)*.

Yılmaz, M. Y., & Şenol, A. (2025). Sağlık kurumlarında depo yönetiminin dijitalleşmesi: Bibliyometrik bir inceleme. *Scientific Journal of Innovation and Social Sciences Research*, 5(1), 33–55.

İlaç Fiyatlandırma Sistemi ve Geri Ödeme Mevzuatının Türkiye İlaç Sektörü ve Serbest Eczanelere Etkisi: Güncel Bir Derleme

Ayşenur SARI¹, Hilal İLBARS²,

Öz

Türkiye’de beşeri tıbbi ürünlerin fiyatlandırma sistemi ile Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından yürütülen ilaç geri ödeme mekanizması, sağlık harcamalarının sürdürülebilirliği, ilaca erişim, arz güvenliği ve serbest eczanelerin ekonomik yapısı üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu çalışma, Türkiye’de ilaç fiyatlandırma ve geri ödeme sisteminin güncel mevzuat ışığında hukuki, kurumsal ve ekonomik çerçevesini değerlendiren bir narratif derlemedir.

Derleme kapsamında PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, TR Dizin ve DergiPark’ta akademik literatür; Resmî Gazete, Sosyal Güvenlik Kurumu, Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu, Sağlık Bakanlığı, Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye Eczacılar Birliği, Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, Araştırmacı İlaç Firmaları Derneği, İlaç Endüstrisi İşverenleri Sendikası, Dünya Sağlık Örgütü ile Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü kaynaklarında ise mevzuat, resmi istatistikler ve kurumsal raporlar incelenmiştir. Bulgular, Türkiye’de sağlık harcamaları ve ilaç piyasasının son yıllarda belirgin biçimde büyüdüğünü; 2024 yılında toplam sağlık harcamasının 2 trilyon 359 milyar 151 milyon TL’ye, kişi başı sağlık harcamasının ise 27.587 TL’ye ulaştığını göstermektedir. Buna karşılık fiyatlandırma ve geri ödeme sisteminin ağırlıklı olarak maliyet kontrolüne dayalı yapısı, kur baskısı, kamu kurum iskontoları, fiyat farkı uygulamaları ve kademeli eczacı kâr marjları üzerinden ilaç endüstrisi ile serbest eczaneler üzerinde önemli ekonomik baskılar üretmektedir.

Uluslararası örnekler, sağlık teknolojisi değerlendirmesi, maliyet-etkililik analizi ve değer bazlı fiyatlandırma yaklaşımlarının fiyatlandırma ve geri ödeme kararlarında giderek daha merkezi hale geldiğini ortaya koymaktadır. Türkiye açısından veri altyapısının güçlendirilmesi, farmakoekonomik değerlendirme kapasitesinin artırılması, risk paylaşım mekanizmalarının kurumsallaştırılması ve serbest eczanelerin sürdürülebilirliğini destekleyen marj yapılarının geliştirilmesi temel politika gereksinimleri olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İlaç fiyatlandırma, geri ödeme mevzuatı, sağlık teknolojisi değerlendirme, serbest eczaneler, sağlık harcamaları

1. Öğrenci, Başkent Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, aysenur.sari2015@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-0892-1597>
2. Dr. Öğretim Üyesi, Başkent Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, hilalilbars@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7832-4158>

Gönderim tarihi : 25.04.2026

Kabul tarihi : 15.06.2026

Atıfta bulunmak için: Sarı A., İlbars H. (2026). İlaç Fiyatlandırma Sistemi ve Geri Ödeme Mevzuatının Türkiye İlaç Sektörü ve Serbest Eczanelere Etkisi: Güncel Bir Derleme. Eurasian Journal of Health Technology Assessment, 10 (1): 49-60. <https://doi.org/10.52148/ehta.1937868>

Impact of Drug Pricing and Reimbursement Regulations on the Turkish Pharmaceutical Market and Community Pharmacies: A Contemporary Review

Hilal İLBARS¹, Ayşenur SARI²

Abstract

The pricing system for human medicinal products in Türkiye and the pharmaceutical reimbursement framework administered by the Social Security Institution (SSI) play a decisive role in the sustainability of health expenditures, access to medicines, supply security and the financial viability of community pharmacies. This study is a narrative review that evaluates the legal, institutional and economic framework of pharmaceutical pricing and reimbursement in Türkiye in light of current legislation.

The review covered academic literature in PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, TR Dizin and DergiPark, and examined legislation, official statistics and institutional reports from the Official Gazette, SSI, TITCK, Ministry of Health, TURKSTAT, OECD, WHO, TEB, TEIS, AIFD and IEIS. Findings indicate that both health expenditures and the pharmaceutical market have grown considerably in recent years; total current health expenditure reached 2.359 trillion Turkish lira (TRY) and per capita health expenditure reached TRY 27,587 in 2024. However, the predominantly cost-containment oriented structure of the pricing and reimbursement framework generates significant economic pressure on the pharmaceutical industry and community pharmacies through exchange-rate constraints, mandatory public discounts, patient price differentials and tiered pharmacy margins.

International experience shows that health technology assessment (HTA), cost-effectiveness analysis and value-based pricing are becoming increasingly central to pricing and reimbursement decisions. For Türkiye, strengthening data infrastructure, expanding pharmacoeconomic assessment capacity, institutionalizing risk-sharing mechanisms and redesigning pharmacy remuneration in support of community pharmacy sustainability emerge as key policy priorities

Keywords: Pharmaceutical pricing, reimbursement legislation, health technology assessment, community pharmacies, health expenditures.

1. Student, Faculty of Pharmacy, Başkent University, aysenur.sari2015@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-0892-1597>
2. PhD, Assistant Professor, Faculty of Pharmacy, Başkent University, hilalilbars@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7832-4158>

Received : 25.04.2026

Accepted : 15.06.2026

Cite this paper: Sari A., İlbars H. (2026). Impact of Drug Pricing and Reimbursement Regulations on the Turkish Pharmaceutical Market and Community Pharmacies: A Contemporary Review. Eurasian Journal of Health Technology Assessment, 10 (1): 49-60. <https://doi.org/10.52148/ehta.1937868>

1. Giriş

İlaç, modern sağlık sistemlerinde yalnızca bir tedavi aracı değil, aynı zamanda klinik sonuçları, yaşam kalitesini ve sağlık sistemlerinin finansal dengesini etkileyen temel bir sağlık teknolojisidir. Bu nedenle ilaçların fiyatlandırılması ve geri ödenmesi, sağlık politikalarının en stratejik alanlarından birini oluşturmaktadır (Drummond vd., 2015; Erdağ vd., 2023). Türkiye’de sağlık hizmetlerine erişimin genişlemesi, genel sağlık sigortasının yaygınlaşması, kronik hastalık yükünün artması ve yenilikçi ancak yüksek maliyetli tedavilere olan ihtiyaç, ilaç harcamalarının yönetimini daha kritik hale getirmiştir (Sülkü, 2011; T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2025).

Türkiye’de beşerî tıbbi ürünlerin fiyatlandırılması, Sağlık Bakanlığı Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu (TİTCK) tarafından yürütülen, dış referans fiyatlandırmaya dayalı ve kamu otoritesi tarafından yüksek düzeyde düzenlenen bir çerçeveye sahiptir (Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu, 2026). Geri ödeme alanında ise Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK), nüfus kapsayıcılığı ve satın alma gücü nedeniyle pazardaki en etkili aktör olarak öne çıkmakta; hangi ilacın hangi koşullarda hangi tutarda geri ödeneceği üzerinde belirleyici rol üstlenmektedir (Resmî Gazete, 2024; Sosyal Güvenlik Kurumu, 2013, 2023). Bu nedenle fiyatlandırma ve geri ödeme rejimi yalnızca bütçe kontrol mekanizması değil; ilaca erişim, arz güvenliği, yenilikçi ürünlerin pazara girişi, eczacılık hizmetlerinin sürdürülebilirliği ve sağlık teknolojisi değerlendirmesi kapasitesi ile yakından ilişkili çok boyutlu bir politika alanıdır (Kolsarıcı, 2009; Türk Eczacıları Birliği, 2026; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023).

Mevcut Türkçe literatürde ilaç fiyatlandırma ve geri ödeme sistemini birlikte ele alan güncel çalışmalar sınırlıdır. Özellikle sağlık teknolojisi değerlendirmesi, farmakoeкономи, değer bazlı fiyatlandırma ve serbest eczaneler üzerindeki ekonomik etkileri aynı çerçevede bir araya getiren bütüncül incelemelere ihtiyaç bulunmaktadır (Erdağ vd., 2023; Yeğenoğlu, 2019). Bu çalışma, söz konusu boşluğu doldurmak amacıyla Türkiye’deki güncel mevzuat ve kurumsal uygulamaları değerlendirmekte; sağlık ve ilaç harcamalarındaki eğilimleri nicel göstergelerle desteklemekte; serbest eczaneler üzerindeki etkileri politika perspektifiyle tartışmaktadır.

2. Yöntem

Bu çalışma, Türkiye’de ilaç fiyatlandırma sistemi ile SGK geri ödeme mevzuatını hukuki, kurumsal, ekonomik ve sağlık politikası boyutlarıyla değerlendirmeyi amaçlayan bir anlatif derleme olarak tasarlanmıştır. Anlatif derleme yaklaşımı, sistematik derlemelerden farklı olarak mevzuat, resmi istatistikler, kurumsal raporlar ve akademik literatür gibi farklı türde kaynakların birlikte değerlendirilmesine olanak sağladığından tercih edilmiştir.

Tarama süreci Ocak 2025-Mayıs 2026 tarihleri arasında yürütülmüştür. Akademik literatür taraması PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, TR Dizin ve DergiPark veri tabanlarında gerçekleştirilmiş; mevzuat ve kurumsal belge taraması ise Resmî Gazete, SGK, Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu (TİTCK), T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), OECD, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Türk Eczacıları Birliği (TEB), Tüm Eczacı İşverenler Sendikası (TEİS), Araştırmacı İlaç Firmaları Derneği (AİFD) ve İlaç Endüstrisi İşverenler Sendikası (İEİS) kaynakları üzerinden yapılmıştır.

Tarama sırasında “ilaç fiyatlandırma”, “ilaç geri ödeme”, “SGK ilaç harcamaları”, “Türkiye ilaç pazarı”, “serbest eczane kârlılığı”, “health technology assessment”, “pharmaceutical pricing”, “reimbursement policy”, “value-based pricing”, “external reference pricing”, “community pharmacy remuneration” ve “Turkey” anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Dahil

Edilme kriterleri; Türkiye’de ilaç fiyatlandırma veya geri ödeme sistemine ilişkin mevzuat, resmi istatistik, kurumsal rapor veya akademik yayın olması; sağlık teknolojisi değerlendirmesi, farmakoekonomi, değer bazlı fiyatlandırma ya da serbest eczaneler üzerindeki etkiler ile ilişkili bilgi sunması; ağırlıklı olarak güncel dönemi yansıması olarak belirlenmiştir.

Tam metnine ulaşılamayan yayınlar, yinelenen kayıtlar ve Türkiye bağlamına doğrudan katkı sunmayan kaynaklar dışlanmıştır. Elde edilen kaynaklar hukuki ve kurumsal çerçeveye, sağlık ve ilaç harcamalarının nicel görünümü, fiyatlandırma yapısı, geri ödeme mekanizmaları, uluslararası yaklaşımlar ve serbest eczaneler üzerindeki etkiler başlıkları altında tematik olarak sınıflandırılmış; nicel veriler tablolar halinde özetlenmiştir.

3. Türkiye’de sağlık harcamaları ve ilaç piyasasının genel görünümü

Türkiye sağlık sistemi, genel sağlık sigortası temelli, kamu ağırlıklı finansman yapısına sahip bir modeldir. Bu yapı, ilaç harcamalarının kamu bütçesi ve sosyal güvenlik sistemi açısından yakından izlenmesini zorunlu kılmaktadır (World Health Organization, 2020; Yeğenoğlu, 2019). TÜİK verileri, sağlık harcamalarının son yıllarda hem mutlak büyüklük hem de kişi başı düzey bakımından hızla arttığını göstermektedir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023, 2025).

2024 yılında toplam sağlık harcaması 2 trilyon 359 milyar 151 milyon Türk Lirasına (TL) ulaşmış; bu tutar bir önceki yıla göre %89,6 artış anlamına gelmiştir. Kişi başı sağlık harcaması aynı dönemde 27.587 TL olarak gerçekleşmiş; sağlık harcamalarının gayrisafi yurt içi hasıla (GSYH) içindeki payı ise %5,3 olmuştur (Türkiye İstatistik Kurumu, 2025). Genel devlet sağlık harcamalarının toplam sağlık harcaması içindeki payı %76,1 düzeyinde gerçekleşmiş, bu da kamu finansmanının sistemdeki baskın rolünü sürdürdüğünü göstermiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2025). OECD ve WHO verileri ise, Türkiye’de toplam sağlık harcamasının hem kişi başına hem de GSYH’ye oranla artış eğiliminde olduğunu; buna karşın hâlen pek çok OECD ülkesinin altında bir düzeyde seyrettiğini göstermektedir (Invest in Türkiye, 2025; Organisation for Economic Co-operation and Development, 2019, 2023; Paris & Belloni, 2013). Türkiye’de sağlık harcamalarının güncel görünümüne Tablo 1’de yer verilmiştir.

Bu eğilim, ilaç geri ödeme ve fiyatlandırma düzenlemelerinin yalnızca sektörel değil makroekonomik ve mali açıdan da önem taşıdığını ortaya koymaktadır. Nitekim ilaç piyasasında Türk Lirası bazında büyüme sürerken, biyoteknolojik ve yenilikçi ürünlerin payının artması bütçe etkisi yüksek kararların sayısını artırmakta; farmakoekonomik değerlendirme ve sağlık teknolojisi değerlendirmesi (HTA) temelli yaklaşımları daha görünür hale getirmektedir (Araştırmacı İlaç Firmaları Derneği, 2025; İlaç Endüstrisi İşverenler Sendikası, 2024; Öztürk ve Yılmaz, 2022).

Tablo 1. Türkiye’de sağlık harcamalarının güncel görünümü

Gösterge	2023	2024
Toplam sağlık harcaması (trilyon TL)	1,244	2,359
Kişi başı sağlık harcaması (TL)	14.582	27.587
GSYH içindeki pay (%)	4,7	5,3
Genel devlet payı (%)	77,5	76,1

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu, 2023 ve Türkiye İstatistik Kurumu, 2025 verilerinden derlenmiştir.

4. Türkiye’de ilaç fiyatlandırma sisteminin yapısı

4.1. Hukuki ve kurumsal çerçeve

Türkiye’de beşerî tıbbi ürünlerin fiyatlandırılması, temel olarak “Beşerî Tıbbi Ürünlerin Fiyatlandırılmasına Dair Karar” ve bu karara dayanılarak çıkarılan “Beşerî Tıbbi Ürünlerin Fiyatlandırılması Hakkında Tebliğ” hükümleri çerçevesinde yürütülmektedir. TİTCK, ilaç fiyatlarının belirlenmesi, güncellenmesi ve uygulamanın koordinasyonunda temel düzenleyici kurumdur (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2022, 2026; Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu, 2022). Sistemin amacı, bir yandan kamu ilaç harcamalarını yönetilebilir düzeyde tutmak, diğer yandan piyasada erişilebilir fiyat yapısı oluşturmaktır (Kolsarıcı, 2009; Erdağ vd., 2023).

Bu yapı serbest piyasa temelli bir fiyat oluşumundan çok, kamu otoritesinin belirgin müdahalesiyle şekillenen regüle bir model sunmaktadır. Azami fiyatın belirlenmesi, referans ülke seçimi, Avro değerinin uyarlanması, jenerik ürün oranları, kamu kurum iskontoları ve kademeli marj yapıları gibi unsurlar sistemin temel araçlarını oluşturmaktadır (Sağlık Hizmetleri Fiyatlandırma Komisyonu, 2026; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2026).

4.2. Dış referans fiyatlandırma ve avro değeri

Türk ilaç fiyatlandırma sisteminin merkezinde dış referans fiyatlandırma bulunmaktadır. Belirli referans ülkeler içinden en düşük fabrika çıkış fiyatının esas alınması ve bunun Türkiye’de kullanılan dönemsel Avro değeri üzerinden Türk Lirası’na çevrilmesi, maliyet kontrolünün başlıca aracını oluşturmaktadır (Paris ve Belloni, 2013; Sağlık Hizmetleri Fiyatlandırma Komisyonu, 2026; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2022). Uyarlama katsayıları aracılığıyla resmi Avro değeri ile serbest piyasa kuru arasındaki makasın azaltılması hedeflenmekte; ancak kur oynaklığının yüksek olduğu dönemlerde bu mekanizma arz güvenliği ve maliyet baskısını tam olarak telafi edememektedir (Araştırmacı İlaç Firmaları Derneği, 2025; European Commission, 2021; İlaç Endüstrisi İşverenler Sendikası, 2024; Kolsarıcı, 2009; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023). Jenerik ürünlerde ise orijinal ürün fiyatının belirli bir yüzdesinin esas alınması yoluyla iç fiyat disiplini sağlanmaktadır (İlaç Endüstrisi İşverenler Sendikası, 2016, 2024; Sağlık Hizmetleri Fiyatlandırma Komisyonu, 2026).

Kur oynaklığı, referans ülke fiyatlarındaki değişim ve resmî Avro değeri ile piyasa kuru arasındaki fark, sistemin en kırılgan alanlarından biridir. Özellikle ithal ve yenilikçi ürünlerde kârlılık baskısı ve arz sürekliliği sorunu doğabilmekte; bu durum pazara giriş stratejilerini ve ürün bulunabilirliğini etkileyebilmektedir (Araştırmacı İlaç Firmaları Derneği, 2025; European Commission, 2021; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023).

4.3. Barem sistemi ve fiyat korumalı ürünler

İlaç dağıtım zincirinde depocu ve eczacı kâr oranları kademeli barem sistemine göre belirlenmektedir. Düşük fiyatlı ürünlerde daha yüksek, yüksek fiyatlı ürünlerde daha düşük oranlı marj uygulanması, kamu bütçesi ile dağıtım zincirinin sürdürülebilirliği arasında denge kurmayı amaçlamaktadır (İlaç Endüstrisi İşverenler Sendikası, 2016, 2024; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2026). 12 Mart 2026 tarihli “Beşerî Tıbbi Ürünlerin Fiyatlandırılmasına Dair Karar” ile kamuya yansıyan düzenlemelerde eczacı kârlılık baremleri depocuya satış fiyatı üzerinden 406,76 TL’ye kadar %28, 406,76-814,77 TL arası %18 ve 814,77 TL üzeri %13 olarak uygulanmaktadır (Resmî Gazete, 2026). Bu yapı, kademeli kâr baremlerinin, fiyatlandırma mekanizmasının teknik bir bileşeni olmasının yanında, serbest eczanelerin ekonomik sürdürülebilirliğiyle de ilişkilendirilen bir düzenleme alanı niteliği kazandığını

göstermektedir (Türk Eczacıları Birliği, 2026).

Fiyat korumalı ürünlere yönelik özel hükümler ise, özellikle düşük fiyatlı, kritik terapötik ürünlerin piyasadan çekilmesini önlemeyi hedeflemektedir (Kolsarıcı, 2009; Sağlık Hizmetleri Fiyatlandırma Komisyonu, 2026; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2026; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023).

Mevzuat ve literatürden derlenerek hazırlanan Türkiye’de ilaç fiyatlandırma sisteminin temel bileşenleri ve olası politika etkisi Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Türkiye’de ilaç fiyatlandırma sisteminin temel bileşenleri

Bileşen	İçerik	Olası politika etkisi
Dış referans fiyatlandırma	Referans ülkelerdeki en düşük fiyatın esas alınması (Erdağ vd., 2023; Paris ve Belloni, 2013)	Kamu maliyet kontrolü, arz riski
Dönemsel avro değeri	Resmî dönüşüm katsayısı ile TL fiyatlandırma (Araştırmacı İlaç Firmaları Derneği, 2025; European Commission, 2021)	Kur baskısı, öngörülebilirlik sorunu
Jenerik fiyatlandırma	Orijinal ürün fiyatının belirli yüzdesine dayalı yapı (İlaç Endüstrisi İşverenler Sendikası, 2024)	Eşdeğer gruplarda fiyat düşüşü
Kademeli marj sistemi	Eczacı ve depocu marjlarının fiyat dilimine göre belirlenmesi (Türk Eczacıları Birliği, 2026; Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu, 2026)	Eczane gelir yapısı, stok baskısı
Fiyat korumalı ürünler	Düşük fiyatlı kritik ürünlerin korunması (Kolsarıcı, 2009; Sağlık Hizmetleri Fiyatlandırma Komisyonu, 2026)	Piyasadan çekilmeyi önleme

Kaynak: Mevzuat ve literatürden derlenmiştir.

5. SGK geri ödeme sistemi ve mevzuat

SGK, 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu ile tanımlanan genel sağlık sigortası sistemi içinde ilaç geri ödeme mekanizmasının merkezinde yer almaktadır. Bir ilacın geri ödeme kapsamına alınması için ruhsatlandırma yanında klinik etkinlik, güvenilirlik, maliyet-etkililik ve bütçe etkisi gibi ölçütler önem kazanmaktadır (Sosyal Güvenlik Kurumu, 2006, 2023; Yeğenoğlu, 2019). Bu süreçte Tıbbi ve Ekonomik Değerlendirme Komisyonu ile İlaç Geri Ödeme Komisyonu benzeri yapıların karar süreçlerindeki belirleyici rolü dikkat çekmektedir (Resmî Gazete, 2024; Sosyal Güvenlik Kurumu, 2023).

Geri ödeme uygulamaları esas olarak Sağlık Uygulama Tebliği (SUT) ve eklerinde yer alan Bedeli Ödenecek İlaçlar Listesi üzerinden yürütülmektedir. İlaçların hangi endikasyonda, hangi rapor koşuluyla ve hangi reçeteleme kriterleri altında karşılanacağı ayrıntılı biçimde tanımlanmaktadır (Sosyal Güvenlik Kurumu, 2013; Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu, 2024). Bu yapı, erişim ile mali sürdürülebilirlik arasında denge kurmayı amaçlasa da karar süreçlerinin zamanlaması, katılım payı ve ilave fiyat farkı uygulamaları bakımından uygulamada çeşitli uygulama güçlüklerine yol açmaktadır. (Öztürk ve Yılmaz, 2022; Şentürk, 2009).

Eşdeğer ilaç uygulaması ve buna bağlı fiyat farkı mekanizması, düzenlemenin etkilerinin en net izlendiği alanlardan birini oluşturmaktadır. Eşdeğer grupta geri ödeme sınırının altında kalan ilaçlar hastalar için maliyet açısından görece avantajlı iken, sınırın üzerindeki tutarın hasta tarafından karşılanması cepten ödeme düzeyini yükseltmekte ve eczacıların fiyat farkına ilişkin bilgilendirme ile yönlendirme yükümlülüklerini belirginleştirmektedir

(Sosyal Güvenlik Kurumu, 2013; Şentürk, 2009; Türk Eczacıları Birliği, 2026).

6. Değer bazlı fiyatlandırma ve uluslararası yaklaşımlar

Birçok OECD ülkesinde ilaç fiyatlandırma ve geri ödeme kararları yalnızca bütçe kontrolü amacıyla değil, aynı zamanda klinik değer ve sağlık kazancını ölçmeye yönelik HTA süreçleriyle ilişkilendirilerek verilmektedir. Birleşik Krallıkta NICE, Almanya’da AMNOG çerçevesindeki G-BA ve IQWiG gibi kurumlar bu yaklaşımın öne çıkan örnekleridir (Bohm vd., 2021; Dintsios ve Chernyak, 2021; Federal Joint Committee, 2023; IQWiG, 2022). Bu sistemlerde maliyet-etkililik analizi, ek klinik fayda değerlendirmesi, bütçe etkisi ve gerçek yaşam verileri kararın niteliğini belirlemektedir (Dane vd., 2024; Flume vd., 2016; Gandjour, 2023).

Risk paylaşım anlaşmaları, sonuca dayalı geri ödeme modelleri, endikasyona özgü fiyatlandırma ve bütçe tavanı içeren sözleşmeler, özellikle yüksek maliyetli yenilikçi tedavilerde giderek daha fazla kullanılmaktadır (Bohm vd., 2021; Jørgensen vd., 2020). Uluslararası deneyim, bu mekanizmaların etkin uygulanabilmesi için güçlü veri altyapısı, izleme sistemleri, kurumlar arası koordinasyon ve sözleşme yönetimi kapasitesi gerektiğini göstermektedir (European Commission, 2021; Organisation for Economic Co-operation and Development, 2023).

Türkiye’de farmakoekonomik değerlendirme ve HTA alanında düzenleyici farkındalık artmış olmakla birlikte, değer bazlı fiyatlandırma ilkelerinin sistemin tamamına nüfuz ettiği söylenemez. Mevzuatta ekonomik değerlendirme mantığının izleri bulunmasına rağmen, karar süreçleri büyük ölçüde maliyet kontrolü ve bütçe baskısı ekseninde şekillenmektedir (Yeğenoğlu, 2019). Bu nedenle Türkiye’de HTA’nın daha güçlü kurumsal zemine kavuşturulması, özellikle yüksek bütçe etkili ilaçlar için aşamalı risk paylaşım modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir (European Commission, 2021; Organisation for Economic Co-operation and Development, 2019).

7. Serbest eczaneler üzerindeki etkileri

İlaç fiyatlandırma ve geri ödeme sisteminin serbest eczaneler üzerindeki etkisi, çalışmanın uygulamaya dönük en önemli boyutlarından birini oluşturmaktadır. Eczaneler yalnızca ilaç temin eden ticari birimler değil; aynı zamanda hastaya danışmanlık veren, fiyat farkı ve geri ödeme kurallarını açıklayan, stok yönetimi yürüten ve birinci basamak sağlık hizmetine katkı sunan profesyonel sağlık sunucularıdır (Türk Eczacıları Birliği, 2026; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023).

Buna karşın kademeli kâr marjları, artan işletme giderleri, kamu kurum iskontoları, geri ödeme süreçlerindeki gecikmeler ve fiyat farkı uygulamaları, serbest eczanelerin ekonomik sürdürülebilirliği üzerinde ek baskılar oluşturan unsurlar olarak değerlendirilmektedir (Şentürk, 2009; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023; Türk Eczacıları Birliği, 2026). Özellikle yüksek fiyatlı ürünlerde yüzdesel marjın daha düşük seviyelerde uygulanması, nominal satış hacmi artsa bile eczanelerin oransal gelir yapısının zayıflamasına neden olabilmektedir (Türk Eczacıları Birliği, 2026). Benzer şekilde, sık fiyat değişiklikleri ve dönemsel tedarik güçlükleri stok yönetimini güçleştirmekte; bazı düşük fiyatlı veya kritik ürünlerde erişim sürekliliği açısından kırılganlıklar yaratabilmektedir (Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023; Türk Eczacıları Birliği, 2026).

Eşdeğer ilaçlar arasındaki fiyat farklılıkları, hastaların cebinden yaptığı ek ödemelerin değişkenlik göstermesine neden olmakta; bu durum hasta–eczacı etkileşiminde ekonomik boyutun daha görünür hale gelmesine yol açmaktadır. Böyle bir çerçevede eczacının rolü yalnızca ilaç teslimiyle sınırlı kalmamakta, hasta eğitimi, alternatif ürünlerin açıklanması ve

geri ödeme koşullarının yorumlanması gibi danışmanlık işlevlerini de içerecek şekilde genişlemektedir (Sosyal Güvenlik Kurumu, 2013; Şentürk, 2009). Bu bağlamda eczanelerin sürdürülebilirliği, yalnızca ticari bir konu olarak değil, aynı zamanda ilaçlara erişimin sürekliliği ve birinci basamak sağlık hizmetlerinin işleyişiyle ilişkili bir kamusal boyut olarak değerlendirilmektedir (Türk Eczacıları Birliği, 2026; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023).

İç referans fiyatlandırma yaklaşımı ve eşdeğer gruplarda uygulanan ödeme sınırları, hastaların karşılamak zorunda kaldığı “ilaç fiyat farkı”nın birçok durumda reçete edilen ürünün fiyatına göre değişmesine yol açmaktadır. Eşdeğer grupta, Sosyal Güvenlik Kurumu en düşük fiyatlı ilacın bedelinin belirli bir oran (örneğin %6) fazlasına kadar olan kısmını geri ödeme için esas almakta; bu sınırın üzerindeki tutar ise hasta tarafından karşılanmaktadır (Sosyal Güvenlik Kurumu, 2013; Şentürk, 2009; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023; Türk Eczacıları Birliği, 2026). Bu yapı, aynı etkin maddeyi içeren farklı markalar arasında hastanın cebinden çıkan tutarın anlamlı ölçüde farklılaşmasına neden olmakta; eczacılar çoğu durumda söz konusu farkın gerekçesini hastaya açıklamak ve olası alternatifleri aktarmakla yükümlü hale gelmektedir. Fiyat farkları ve katılım payı düzeyleri yükseldikçe, hasta–eczane ilişkisinde ekonomik boyutun daha belirgin hale geldiği, buna paralel olarak eczacının danışmanlık ve iletişim rolünün de öne çıktığı görülmektedir.

Fiyat değişiklikleri ve dönemsel tedarik sorunları, özellikle düşük fiyatlı ve klinik açıdan kritik ürünlerde stok yönetimini güçleştirmekte; bu durum hem hasta memnuniyetini hem de eczaneler tarafından sunulan profesyonel hizmetlerin sürekliliğini olumsuz etkileyebilmektedir. (Şentürk, 2009; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023; Türk Eczacıları Birliği, 2026). Uluslararası karşılaştırmalı çalışmalar, pek çok ülkede serbest eczanelere yönelik ücretlendirme ve dağıtım marjı düzenlemelerinin, eczane hizmetlerinin ekonomik sürdürülebilirliğini gözetilen bir yaklaşımla tasarlandığını ortaya koymaktadır. (Drummond vd., 2015).

Türkiye’de meslek örgütleri ve sektör temsilcileri, güncel maliyet düzeyi ile enflasyonist koşullar dikkate alınarak eczane kâr marjı yapısının gözden geçirilmesini; kamu kurum iskontolarından kaynaklanan yükün daha dengeli biçimde paylaşılmasını ve tahsilat süreçlerinin iyileştirilmesini talep etmektedir (Şentürk, 2009; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023; Türk Eczacıları Birliği, 2026). Bu talepler, serbest eczanelerin ilaç arz zincirindeki konumunun ve eczacılık hizmetlerinin kamu sağlığı açısından taşıdığı işlevsel önemin altını çizmektedir.

Literatür, mevzuat ve meslek örgütü raporlarından derlenerek fiyatlandırma ve geri ödeme sisteminin serbest eczaneler üzerindeki başlıca etkileri ve eczane düzeyindeki sonuçları Tablo 3’te özetlenmiştir.

Tablo 3. Fiyatlandırma ve geri ödeme sisteminin serbest eczaneler üzerindeki başlıca etkileri

Etki alanı	Düzenleme/mekanizma	Eczane düzeyinde sonuç
Gelir yapısı	Kademeli marj ve kamu iskontoları (Şentürk, 2009; Türk Eczacıları Birliği, 2026)	Marj daralması, kârlılık baskısı
Nakit akışı	Geri ödeme süreci ve tahsilat yapısı (Şentürk, 2009; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023)	Finansman ihtiyacı, işletme baskısı
Hasta ilişkisi	Fiyat farkı ve katılım payı (Sosyal Güvenlik Kurumu, 2013; Türk Eczacıları Birliği, 2026)	Memnuniyetsizlik, açıklama yükü

Stok yönetimi	Fiyat değişikliği ve arz sorunları (Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023; Türk Eczacıları Birliği, 2026)	Bulunabilirlik sorunu, hizmet aksamaları
Mesleki rol	Geri ödeme kurallarının yorumlanması (Şentürk, 2009; Türk Eczacıları Birliği, 2026)	Danışmanlık rolünün artması

Kaynak: Literatür, mevzuat ve meslek örgütü raporlarından derlenmiştir.

8. Tartışma

Bu derleme, Türkiye’de ilaç fiyatlandırma ve geri ödeme sisteminin kamu mali disiplini destekleyen güçlü araçlara sahip olduğunu, ancak aynı zamanda çok katmanlı yapısal sonuçlar ürettiğini ortaya koymaktadır. Dış referans fiyatlandırma ve dönemsel Avro değeri uygulamaları, kısa vadede kamu harcamalarını kontrol etmeye yardımcı olurken, kur baskısının yüksek olduğu dönemlerde arz güvenliği ve pazara giriş kararları üzerinde olumsuz etkiler doğurabilmektedir (Araştırmacı İlaç Firmaları Derneği, 2025; European Commission, 2021; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023).

Uluslararası deneyimler, Türkiye için iki temel mesaj içermektedir. Birincisi, HTA ve farmakoekonomik değerlendirmenin yalnızca teknik raporlama süreçleri olarak değil, fiyatlandırma ve geri ödeme kararlarının merkezî bileşenleri olarak yapılandırılması gerekmektedir. Değer bazlı fiyatlandırma ve HTA temelli karar süreçlerinin, yalnızca maliyet kontrolüne odaklanmak yerine klinik değer ve hasta sonuçlarını da merkeze alan daha dengeli bir çerçeve sunduğu görülmektedir. Türkiye açısından veri altyapısının güçlendirilmesi, gerçek yaşam verilerinden yararlanan değerlendirme mekanizmalarının kurulması ve risk paylaşım anlaşmalarının sistematik hale getirilmesi, özellikle yüksek maliyetli ve yenilikçi tedavilere erişim ile bütçe sürdürülebilirliği arasındaki dengenin iyileştirilmesine katkı sağlayabilir. İkincisi, serbest eczanelerin sürdürülebilirliği kamu yararı perspektifinden yeniden ele alınmalı; marj yapısı, ödeme takvimi, hizmet başına ücretlendirme ve kritik ürünlere erişim gibi alanlarda daha dengeli modeller geliştirilmelidir (Bohm vd., 2021; European Commission, 2021; Türk Eczacıları Birliği, 2026).

Serbest eczaneler özelinde, kâr marjı ve kamu iskonto yapısının güncel maliyet düzeyini yansıtabilecek biçimde yeniden tasarlanması; ödeme gecikmelerini azaltan ve tahsilat riskini sınırlayan düzenlemelerle desteklenmesi, eczacılık hizmetlerinin ekonomik ve mesleki sürdürülebilirliğini güçlendirecektir. Böyle bir yaklaşım, ilaç fiyatlandırma ve geri ödeme rejiminin yalnızca mali parametreler üzerinden değil, aynı zamanda ilaca erişim, arz güvenliği ve birinci basamak ilaç hizmetlerinin niteliği üzerinden de değerlendirilmesini gerektirmektedir (Şentürk, 2009; Tüm Eczacı İşverenler Sendikası, 2023; Türk Eczacıları Birliği, 2026).

9. Sonuç ve politika önerileri

Türkiye’de ilaç fiyatlandırma ve geri ödeme sistemi, kamu kaynaklarının etkin kullanımını ve ilaca erişimin güvence altına alınmasını amaçlayan kapsamlı bir düzenleyici çerçeve sunmaktadır. Bununla birlikte güncel veriler, sağlık harcamalarının hızla arttığını, ilaç piyasasının yapısal olarak daha karmaşık bir görünüm kazandığını ve serbest eczanelerin ekonomik açıdan artan baskılarla karşı karşıya olduğunu ortaya koymaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2025; Türk Eczacıları Birliği, 2026).

Bu çerçevede aşağıdaki politika alanları öncelikli görünmektedir:

- İlaç fiyatlandırmasında öngörülebilirliği artıracak, kur oynaklığına daha dayanıklı ve arz sürekliliğini gözeterek mekanizmalar geliştirilmelidir.

- Geri ödeme kararlarında HTA, maliyet-etkililik ve bütçe etkisi analizleri daha sistematik ve kurumsallaşmış biçimde kullanılmalıdır.
- Yüksek maliyetli ve yenilikçi tedaviler için risk paylaşım ve sonuca dayalı ödeme modelleri aşamalı olarak yaygınlaştırılmalıdır.
- Serbest eczanelerin kâr marjı yapısı, güncel maliyet düzeyi ve eczacılık hizmetinin kamusal niteliği dikkate alınarak yeniden değerlendirilmelidir.
- Fiyat farkı ve katılım payı uygulamalarının hasta erişimi ve eczane işleyişi üzerindeki etkileri düzenli olarak izlenmeli, eşitsizlik doğuran sonuçlar azaltılmalıdır.
- Mevzuat değişiklikleri, kamu, endüstri, eczacılar ve akademik paydaşların katılımıyla daha şeffaf ve etki analizi temelli süreçlerle yürütülmelidir (European Commission, 2021; Organisation for Economic Co-operation and Development, 2019; Türk Eczacıları Birliği, 2026).

Bu tür politika adımları, bir yandan kamu mali disiplini ve ilaç harcamalarının sürdürülebilirliğini desteklerken; diğer yandan ilaca erişim, arz güvenliği ve serbest eczaneler aracılığıyla sunulan eczacılık hizmetlerinin sürekliliğini güçlendirecektir.

Sonuç olarak, Türkiye’de ilaç fiyatlandırma ve geri ödeme rejiminin geleceği, mali sürdürülebilirlik ile erişim arasındaki dengeyi yalnızca kamu bütçesi perspektifinden değil; aynı zamanda hasta yararı, yenilikçi tedavilere erişim, arz güvenliği ve serbest eczanelerin sürdürülebilirliği boyutlarıyla birlikte ele alan bütüncül bir yaklaşımı gerektirmektedir.

10. Notlar

Bu çalışma için herhangi bir kurumdan finansal destek alınmamıştır. Yazarlar çıkar çatışması bulunmadığını beyan etmektedir. Çalışma derleme niteliğinde olup insan ya da hayvan katılımcılar üzerinde doğrudan veri toplamaya dayalı bir araştırma içermemektedir.

Kaynakça

- Araştırmacı İlaç Firmaları Derneği. (2012). *Türkiye ilaç sektörü vizyon 2023 raporu*. PwC Türkiye.
- Araştırmacı İlaç Firmaları Derneği. (2025). *Türkiye ilaç sektörü raporu 2025*. IQVIA Türkiye.
- Bohm, N., Bermingham, S., Grimsey Jones, F., Gonçalves-Bradley, D. C., Diamantopoulos, A., Burton, J. R., vd. (2021). The challenges of outcomes-based contract implementation for medicines in Europe. *Pharmacoeconomics*, 40(1), 13-29.
- Dane, A., Uyl-de Groot, C., & van der Kuy, H. (2024). Unraveling elements of value-based pricing from a pharmaceutical industry's perspective: A scoping review. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1298923.
- Dintsios, C. M., & Chernyak, N. (2021). How far is Germany from value-based pricing 10 years after the introduction of AMNOG? *Applied Health Economics and Health Policy*, 20(3), 287-290.
- Drummond, M. F., Sculpher, M. J., Claxton, K., Stoddart, G. L., & Torrance, G. W. (2015). *Methods for the economic evaluation of health care programmes* (4th ed.). Oxford University Press.
- Erdağ, E., Yumrukaya, L., & Yeğenoğlu, S. (2023). İlaç fiyatlandırma yöntemleri ve dünyadan Türkiye’ye bir yansıma: Geleneksel derleme. *Journal of Literature Pharmacy Sciences*, 12(3), 201-209.
- European Commission. (2021). *Study on the impact of pharmaceutical pricing and reimbursement policies*. European Commission.
- Federal Joint Committee (G-BA). (2023). *Early benefit assessment of medicinal products (AMNOG procedure)*. Federal Joint Committee.
- Flume, M., Bardou, M., Capri, S., Sola-Morales, O., Cunningham, D., Levin, L. Å., vd. (2016). Feasibility and attractiveness of indication value-based pricing in key EU countries. *Journal of Market Access & Health Policy*, 4(1), 30970.

- Gandjour, A. (2023). A model-based estimate of the cost-effectiveness threshold in Germany. *Applied Health Economics and Health Policy*, 21(4), 627-635.
- Institute for Quality and Efficiency in Health Care. (2022). *General methods for the assessment of the relation of benefits to costs*. IQWiG.
- Invest in Türkiye. (2025). *Life sciences sector overview: Pharmaceutical market statistics & trends*. Republic of Türkiye Investment Office.
- İlaç Endüstrisi İşverenler Sendikası. (2016). *Türkiye ilaç sektörü 2015*. İEİS.
- İlaç Endüstrisi İşverenler Sendikası. (2024). *Türkiye ilaç pazarı raporu*. İEİS.
- Jørgensen, J., Hanna, E., & Kefalas, P. (2020). Outcomes-based reimbursement for gene therapies in practice: The experience of recently launched CAR-T cell therapies in major European countries. *Journal of Market Access & Health Policy*, 8(1), 1715536.
- Kolsarıcı, O. (2009). *İlaç politikaları ve fiyatlandırma stratejileri: Türkiye örneği*. Marmara Üniversitesi Yayınları.
- Leopold, C., Mantel-Teeuwisse, A. K., Vogler, S., de Joncheere, K., Laing, R. O., & Leufkens, H. G. M. (2012). Is Europe still heading to a common price level for on-patent medicines? An exploratory study among 15 Western European countries. *Health Policy*, 104(1), 50-60.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). *Pharmaceutical pricing policies in a global market*. OECD Publishing.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *Health at a glance 2023: OECD indicators*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/health_glance-2023-en
- Öztürk, S., & Yılmaz, A. (2022). *Farmakoekonomi ve geri ödeme politikalarında güncel yaklaşımlar*. Sağlık Bilimleri Yayınları.
- Paris, V., & Belloni, A. (2013). *Value in pharmaceutical pricing* (OECD Health Working Papers No. 63). OECD Publishing.
- Resmî Gazete. (2024). *İlaç geri ödeme yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik* (Sayı: 32736).
- Resmî Gazete. (2026). *Beşerî Tıbbi Ürünlerin Fiyatlandırılmasına Dair Karar*.
- Sağlık Hizmetleri Fiyatlandırma Komisyonu. (2026). *Yurt dışı ilaç fiyatlarına ilişkin kararlar*. Sağlık Hizmetleri Fiyatlandırma Komisyonu.
- Sosyal Güvenlik Kurumu. (2006, 16 Haziran). *Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu (5510 sayılı Kanun)*. Resmî Gazete (Sayı: 26200).
- Sosyal Güvenlik Kurumu. (2013, 24 Mart). *Sağlık Uygulama Tebliği (SUT)*. Resmî Gazete (Sayı: 28597).
- Sosyal Güvenlik Kurumu. (2023). *İlaç geri ödeme süreçleri ve değerlendirme kriterleri*. Sosyal Güvenlik Kurumu.
- Sosyal Güvenlik Kurumu. (2025). *İlaç geri ödeme düzenlemelerine ilişkin duyurular* [Web sayfası]. 17 Ekim 2025 tarihinde erişildi, <https://www.sgk.gov.tr>
- Sülkü, S. N. (2011). *Türkiye’de sağlıkta dönüşüm programı öncesi ve sonrasında sağlık hizmetlerinin sunumu, finansmanı ve sağlık harcamaları*. T.C. Maliye Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı.
- Şentürk, A. (2009). *Sosyal güvenlik sisteminde ilaç geri ödeme politikalarının ilaç harcamalarına etkisi* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi.
- T.C. Sağlık Bakanlığı. (2022). *Beşerî tıbbi ürünlerin fiyatlandırılması hakkında tebliğ*.
- T.C. Sağlık Bakanlığı. (2022). *Sağlık istatistikleri yıllığı 2022*. T.C. Sağlık Bakanlığı Yayınları.
- T.C. Sağlık Bakanlığı. (2026). *Beşerî tıbbi ürünlerin fiyatlandırılmasına dair karar*.
- T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu. (2014). *Kamu müdahalelerinin 2008-2013 dönemindeki değer bazında ilk 100 ilaç üzerine etkilerinin analizi: Sağlık Teknolojileri Değerlendirme Raporu*
- T.C. Sosyal Güvenlik Kurumu. (2014). *Sosyal Güvenlik Kurumu stratejik planı 2015-2019* [Web sayfası]. 10 Ekim 2025 tarihinde erişildi, <http://www.sgk.gov.tr>

- T.C. Sosyal Güvenlik Kurumu. (2026). *2025 yılı kesin hesap ve bütçe uygulama raporu*. Strateji Geliştirme Başkanlığı.
- T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2025). *On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028) 2025 yılı programı*.
- Tüm Eczacı İşverenler Sendikası. (2023). *İlaç fiyatlandırma sistemi ve eczane ekonomisi üzerine değerlendirmeler*. TEİS.
- Türk Eczacıları Birliği. (2026). *İlaç fiyat kararname si ve eczacı kâr oranları hakkında bilgilendirme raporu*. TEB Yayınları.
- Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası. (2025). *Avro satış kuru verileri* [Veri seti]. 10 Ekim 2025 tarihinde erişildi, <https://www.tcmb.gov.tr>
- Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu. (2022). *Kurumsal yapı ve görevler* [Web sayfası]. 10 Ekim 2025 tarihinde erişildi, <https://www.titck.gov.tr>
- Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu. (2024). *Yurt dışından ilaç temini ve kullanım kılavuzu (14. revizyon)*. T.C. Sağlık Bakanlığı.
- Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu. (2026). *İlaç fiyat listesi ve kademeli kâr oranları uygulama talimatı*. T.C. Sağlık Bakanlığı.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). *Sağlık istatistikleri 2023*. Türkiye İstatistik Kurumu.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). *Sağlık harcamaları istatistikleri 2024*. Türkiye İstatistik Kurumu.
- World Health Organization. (2020). *Turkey health system review*. WHO Regional Office for Europe.
- Yeğenoğlu, S. (2019). İlaç geri ödeme kararlarında sağlık teknolojisi değerlendirmenin rolü. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 23, 45-58.
- Yıldırım, H. H., & Yıldırım, T. (2011). Sağlık politikaları ve ilaç harcamaları: Türkiye örneği. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 14(1), 1-20.

Telemedicine-Based Rehabilitation: Evidence, Applications and Innovative Technologies

Muhammed Celal ERYILMAZ¹

Abstract

Objective: This narrative review synthesizes current evidence on telehealth-based physiotherapy and telerehabilitation, focusing on clinical effectiveness, commonly used technologies, and key methodological and equity-related barriers affecting implementation.

Material and methods: The review followed international evidence-synthesis standards. Comprehensive searches were conducted in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, PEDro, and CINAHL for studies published between 2020–2025 using MeSH terms and keywords related to telehealth and digital physiotherapy. Eligible studies included systematic reviews, randomized trials, observational research, methodological evaluations, and qualitative studies. Non-rehabilitation and low-quality studies were excluded. Owing to heterogeneity, findings were integrated thematically.

Findings: Across musculoskeletal, neurological, cardiopulmonary, pediatric, and geriatric populations, telerehabilitation demonstrates safety and clinical effectiveness comparable to in-person physiotherapy, especially for exercise and education-based interventions. Remote functional assessments using video, wearables, and AI tools show strong validity. However, inconsistent protocols, small samples, and limited follow-up restrict generalizability. Digital inequities, technological barriers, and challenges among older or low-literacy users persist. Hybrid models enhance outcomes for complex cases, while structured progression, clinician feedback, and user-friendly platforms are critical for success.

Conclusion: Telehealth and telerehabilitation represent increasingly important components of modern physiotherapy, offering accessible and, under appropriate conditions, effective care. Current evidence indicates outcomes comparable to traditional rehabilitation for selected populations and intervention types, particularly structured, exercise-based programs delivered with adequate technological infrastructure and clinical supervision, although methodological heterogeneity, limited long-term data, and digital access gaps constrain broader generalization. Emerging AI, VR/AR tools, and hybrid models hold promise for advancing telehealth-supported physiotherapy, pending further controlled, long-term research.

Keywords: Remote consultation, telemedicine, telerehabilitation, virtual reality exposure therapy, wearable electronic devices.

1. Freelance researcher, muhammedceryilmaz@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-3448-2536>

Received : 22.12.2025

Accepted : 24.06.2026

Cite this paper: Eryilmaz, M.C.(2026). Telemedicine-Based Rehabilitation: Evidence, Applications and Innovative Technologies, Eurasian Journal of Health Technology Assessment, 2026;10(1):61-78, <https://doi.org/10.52148/ehta.1846798>

1. Introduction

Over the past decade, telehealth and telerehabilitation have undergone substantial evolution, culminating in an unprecedented acceleration in adoption during the COVID-19 pandemic. Prior to this period, telehealth technologies were primarily employed to facilitate access to healthcare services, most commonly through remote consultations and chronic disease monitoring (Leochico et al., 2020). Telerehabilitation, as a specialized extension of telehealth, refers to the remote delivery of rehabilitation services and has progressively gained integration within healthcare systems worldwide (Nguyen et al., 2023). During the pandemic, healthcare systems reported dramatic increases in telehealth utilization, with orthopedic and rehabilitation services among the earliest adopters at scale, underscoring both the feasibility and clinical promise of remote care models (Stawicki et al., 2020; Hurley et al., 2021). Through telerehabilitation, physiotherapy services were able to maintain continuity of care for individuals with mobility limitations, particularly those undergoing stroke rehabilitation and managing musculoskeletal disorders, despite widespread lockdowns and restrictions on in-person services (Leochico et al., 2023; Tukur et al., 2023).

A growing body of evidence has begun to characterize the clinical applications and outcomes of telerehabilitation across specific patient populations and conditions. In the domain of musculoskeletal rehabilitation, real-time telerehabilitation has been shown to produce improvements in physical function and pain that are comparable to conventional in-person care across a range of conditions including chronic low back pain, knee osteoarthritis, and post-surgical orthopedic cases (Cottrell et al., 2017). In neurological rehabilitation, telerehabilitation has shown particular promise for stroke survivors, with a Cochrane systematic review reporting outcomes in activities of daily living, mobility, and upper limb function comparable to those achieved through in-person rehabilitation (Laver et al., 2020). Cardiopulmonary telerehabilitation programs have also demonstrated efficacy; a multicenter randomized trial found that supervised pulmonary telerehabilitation produced comparable improvements in exercise capacity to center-based pulmonary rehabilitation in patients with severe COPD (Hansen et al., 2020). Furthermore, a rapid overview of 53 systematic reviews confirmed that telerehabilitation in physical therapy is broadly effective across multiple conditions and populations, with synchronous video-based delivery emerging as the most widely adopted and evidence-supported modality, offering real-time clinical interaction while asynchronous platforms and mobile health applications supplement supervised sessions and support adherence monitoring (Seron et al., 2021).

Despite this growing evidence base, several critical limitations persist across the literature. First, a substantial proportion of existing studies are characterized by small sample sizes, short follow-up periods, and high risk of bias, which compromises the reliability and generalizability of their findings (Scott-Richardson et al., 2022). Second, considerable heterogeneity exists in the intervention protocols, technological platforms, outcome measures, and patient selection criteria employed across studies, rendering direct comparisons and meta-analytic synthesis methodologically challenging (Saeed et al., 2024). Third, while equity concerns related to digital access, health literacy, and socioeconomic disparities have been acknowledged in individual studies, the cumulative evidence on how these factors moderate intervention effectiveness and scalability remains underexplored (Scott-Richardson et al., 2022). Fourth, prior systematic reviews in this area have tended to focus narrowly on specific diagnostic groups or single modalities, leaving a notable absence of comprehensive evidence synthesis that addresses the full spectrum of physiotherapy applications, implementation determinants, and translational barriers simultaneously

(Nguyen et al., 2023; Leochico et al., 2023).

These gaps collectively limit clinicians' and healthcare systems' capacity to make evidence-informed decisions regarding the selection, design, and implementation of telerehabilitation programs. Without a comprehensive and methodologically rigorous synthesis of the available evidence, the field risks perpetuating fragmented practice patterns, suboptimal resource allocation, and inequitable access to effective remote care. There is therefore a compelling need for a comprehensive evidence synthesis that not only evaluates clinical effectiveness across diverse populations and conditions but also maps the technological and methodological landscape, identifies consistent implementation facilitators and barriers, and delineates the most pressing evidence gaps requiring future investigation.

1.1. Aim

The aim of this study is to systematically examine the current applications, evidence of effectiveness, technological and methodological components, and limitations of telehealth and telerehabilitation, thereby creating a comprehensive guide for clinical practice and research and identifying existing knowledge gaps.

1.2. Research questions

1. What is the current state of evidence regarding the clinical effectiveness and safety of telehealth and telerehabilitation interventions in physiotherapy across different patient populations?
2. Which telehealth modalities, technological components, and delivery models are most commonly utilized, and what are their reported strengths and limitations?
3. What methodological, technological, and equity-related gaps remain in the existing literature, and how can these inform future research and clinical implementation?

2. Material and method

This study is a comprehensive literature review conducted to systematically integrate current scientific evidence on telehealth and telerehabilitation. The methodological framework was structured in accordance with international standards and consisted of a clearly defined search strategy, explicit inclusion and exclusion criteria, and a structured data synthesis process.

2.1. Literature search strategy

A comprehensive electronic search was performed across PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, PEDro, and CINAHL. The search strategy combined Medical Subject Headings (MeSH) with relevant free-text keywords. Core search terms included: “telehealth,” “telerehabilitation,” “tele-physiotherapy,” “digital rehabilitation,” “remote physiotherapy,” “virtual rehabilitation.”

The search window was restricted to 2020–2025, a period marked by rapid advances in digital health technologies and their expanded integration into clinical practice following the COVID-19 pandemic.

2.2. Inclusion criteria

Studies were included if they met the following criteria:

- Published in English and peer-reviewed
- Focused on clinical applications related to physiotherapy, rehabilitation, or movement

function

- Employed telehealth-based interventions such as telerehabilitation, tele-physiotherapy, or digital rehabilitation
- Included study designs such as systematic reviews, meta-analyses, randomized controlled trials, observational studies, methodological studies, or qualitative research

This inclusive strategy enabled the integration of high-quality evidence from diverse research designs, providing a comprehensive evaluation of both clinical effectiveness and implementation dimensions.

2.3. Exclusion criteria

The following types of publications were excluded:

- Conference abstracts, opinion papers, editorials, and preprints
- Studies addressing telehealth technologies without a rehabilitation or physiotherapy context
- Reports focused solely on technical solutions without clinical comparison
- Publications lacking sufficient methodological detail or a clear clinical linkage

2.4. Study selection process

Although a formal systematic review protocol was not registered, a structured and transparent screening process was applied to enhance methodological rigor. Search results were screened in two sequential stages: an initial title and abstract review, followed by full-text assessment of potentially eligible records. The combined electronic database search across PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, PEDro, and CINAHL yielded a total of 847 records. Following the automated and manual removal of duplicate entries ($n = 178$), 669 unique records proceeded to title and abstract screening. Of these, 482 were excluded on the grounds that they did not meet the minimum relevance criteria established by the inclusion criteria, primarily due to an absence of a rehabilitation or physiotherapy focus, or because the study population, intervention type, or clinical context fell outside the defined scope of the review.

The remaining 187 records were retrieved for full-text assessment. Following full-text review, 159 records were excluded for the following reasons: studies addressing telehealth technologies without a rehabilitation or physiotherapy context ($n = 47$); publications lacking sufficient methodological detail or a clear clinical linkage ($n = 38$); reports focused solely on technical solutions without clinical outcome data ($n = 31$); conference abstracts, opinion papers, editorials, and preprints ($n = 27$); and studies published outside the 2020–2025 search window or otherwise failing to meet eligibility criteria ($n = 16$). A final set of 28 studies was included in the review and is detailed in Appendix 1.

The 28 included studies were distributed across the following research designs: systematic reviews and meta-analyses ($n = 10$), narrative and scoping reviews ($n = 7$), qualitative studies ($n = 4$), observational studies ($n = 4$), and methodological or technical validation studies ($n = 2$); one additional record was a randomized controlled trial protocol. The predominance of review-level and protocol-stage evidence over completed primary trials is itself a notable characteristic of the current literature and is addressed among the limitations of this review. With respect to target populations, the included studies broadly addressed musculoskeletal conditions, neurological populations (including stroke and multiple sclerosis), geriatric

populations, cardiopulmonary and oncological populations, pediatric and caregiver-mediated contexts, and mixed or general rehabilitation populations, with several studies spanning more than one population group. Regarding intervention modalities, synchronous video-based delivery was the most frequently examined approach, followed by asynchronous platforms and mobile health applications, while AI- and sensor-assisted systems and VR/AR-based interventions were addressed less frequently; many studies incorporated more than one modality. The selection process evaluated key elements including clinical effectiveness, type of technology or intervention, target population, and assessment and implementation characteristics. This structured approach ensured the inclusion of studies offering sufficient clinical and technological detail to support a synthesis of findings that was both interpretable and generalizable across diverse rehabilitation contexts.

2.5. Data synthesis approach

Due to heterogeneity in intervention models, outcome measures, and population characteristics across studies, a statistical meta-analysis was not conducted. Instead, a structured thematic synthesis was employed. The synthesis was organized around the following thematic domains:

- Clinical effectiveness and safety
- Telehealth and telerehabilitation delivery models
- Technological components (video-based systems, wearable sensors, mobile applications, VR/AR platforms, AI-supported tools)
- Patient experience, accessibility, and health-system implications
- Methodological challenges, implementation barriers, and evidence gaps

Findings from each study were compared and integrated to construct a comprehensive and conceptually coherent framework.

2.6. Ethical considerations

As this review relied exclusively on secondary data from previously published studies, ethical approval was not required. Nevertheless, all procedures adhered to scientific ethical standards, and proper attribution was maintained throughout.

3. Integration of telehealth technologies in physiotherapy practice

Telehealth has reshaped physiotherapy and rehabilitation delivery by enhancing accessibility, flexibility, and service efficiency. To provide a structured overview of how telehealth and telerehabilitation are applied across distinct clinical domains, Table 1 presents a comparative synthesis of the current evidence organized by rehabilitation context, target population, intervention modality, effectiveness findings, advantages, limitations, and future directions. This framework was constructed to enable a systematic cross-domain comparison and to highlight both the breadth of telerehabilitation applications and the areas in which evidence remains insufficient or inconsistent. Both synchronous video-based consultations and asynchronous modes of delivery facilitate individualized intervention planning while accommodating patient-specific needs and circumstances (Cottrell and Russell, 2020; Roitenberg and Ami, 2023) (Table 1).

Table 1. Comparison of telehealth and telerehabilitation applications across clinical contexts

Domain	Description / Content	Condition / Population Examples	Effectiveness Findings	Advantages	Limitations	Future Directions
Telehealth / Telerehabilitation Models	Synchronous (live video); asynchronous (apps, platforms, recorded content); telemonitoring; wearable sensors; exergaming and VR/AR-based applications	Multiple sclerosis, stroke, post-orthopedic surgery, cancer rehabilitation, pediatric neurology, COPD, low back pain (LBP), osteoarthritis (OA)	Outcomes equivalent or non-inferior to conventional care (McKeon et al., 2021; Laver et al., 2020)	Flexibility, accessibility, time and cost efficiency, high patient satisfaction	Modality heterogeneity, technical issues, limited long-term data	AI-assisted assessment, expanded VR/AR use, sensor integration
Orthopedic Rehabilitation (TKA/THA)	Home-based tele-physiotherapy, video sessions, sensor-assisted monitoring	Total knee and hip arthroplasty	Comparable ROM, strength, and gait outcomes (Jansson et al., 2020)	Safe, cost-effective, improved access	Insufficient long-term follow-up	AI-enhanced monitoring, standardized protocols
Musculoskeletal Rehabilitation (LBP, OA, Shoulder Pain)	Tele-exercise programs, hybrid models	Low back pain, knee OA, shoulder pain	Non-inferior in LBP and OA; early equivalence in shoulder pain (Wang et al., 2023; Shi et al., 2024)	Increased accessibility, home-based feasibility	Variable evidence quality	Personalized tele-rehabilitation
Neurological Rehabilitation (Stroke, MS)	Tele-exercise, tele-education, home-based functional training	Stroke, multiple sclerosis	Non-inferior ADL and functional outcomes (Laver et al., 2020; Leavitt et al., 2021)	Continuity of care, safe home use	Heterogeneous protocols	VR/AR and sensor-based neuro-rehab
Oncological and Cardiopulmonary Rehabilitation	Telemonitoring, wearable sensors, education modules	Cancer survivors, cardiac rehabilitation patients	Safe and feasible, comparable outcomes in selected studies (Rocco et al., 2024; Garofano et al., 2025)	Improved access in fatigued or disabled patients	Limited economic evaluation	AI-driven telemonitoring and risk management

Pediatric and Caregiver-Mediated Models	Web-based education, gamified exercises, caregiver-supported therapy	Pediatric brain injury, MS, developmental disorders	Feasible with improved access; limited evidence (Jansson et al., 2020; Mulder et al., 2022)	Higher adherence through family involvement	Small samples, heterogeneous protocols	Caregiver training, dyadic models
Patient Experience and Engagement	Usability, satisfaction, accessibility	All populations	High satisfaction and engagement comparable to in-person care (Raymond et al., 2024)	Reduced time and travel burden	Digital literacy barriers	User-centered platform design
Economic and Resource Utilization	Cost-effectiveness and resource allocation	LBP, cardiac rehab, chronic care	Context-specific cost savings; inconsistent evidence (Wang et al., 2023; Shi et al., 2024)	Reduced travel costs	Insufficient economic analyses	Health system-based cost models
Safety and Equity Considerations	Digital access, technical support, home safety	Older adults, low-income populations	Generally safe with persistent access inequities	Low physical risk	Digital divide, device access issues	Policies for digital health equity

A broad spectrum of digital platforms including videoconferencing systems, wearable sensor technologies, and mobile health applications supports remote patient monitoring and tailored program design (Anderson and Bauer, 2025; Youssef et al., 2024). Importantly, multiple studies demonstrate that remote functional assessments exhibit reliability and validity comparable to face-to-face evaluations across a range of outcome measures (Zischke et al., 2021; Bernhardsson et al., 2023). Further advancements in machine learning and algorithm-driven analytics have strengthened remote posture and movement analysis, thereby expanding the clinical utility of teleassessment frameworks (Jourdan et al., 2021; Zhang et al., 2021).

Across musculoskeletal, neurological, cardiopulmonary, pediatric, and geriatric populations, telerehabilitation has produced clinical outcomes comparable to those achieved with conventional, in-person care in many contexts (Cottrell and Russell, 2020; Tsagkaris et al., 2023). Moreover, telehealth-based delivery confers substantial access advantages for underserved and rural populations by mitigating geographic, logistical, and mobility-related barriers to rehabilitation services (Brigo et al., 2022; Davies et al., 2025). Despite ongoing challenges related to digital literacy and technical infrastructure, levels of patient satisfaction consistently remain high across diverse settings (Hall et al., 2021; Oh et al., 2024).

Ethical and legal considerations including data security, patient privacy, and compliance with national and international regulatory frameworks constitute foundational elements for responsible telehealth implementation (Rauzi et al., 2023). Nevertheless, technical limitations and the absence of standardized clinical protocols continue to constrain widespread adoption (Zischke et al., 2021; Siwach et al., 2025). Emerging innovations, such as artificial intelligence–assisted personalization, virtual and augmented reality–based interventions, and sensor-integrated platforms, are anticipated to play a pivotal role in shaping the future landscape of telerehabilitation (Xu et al., 2023; Lee et al., 2022).

As summarized in Table 1, telerehabilitation models applied across heterogeneous patient populations frequently demonstrate non-inferior outcomes relative to conventional care, while offering additional advantages related to flexibility, cost efficiency, and accessibility. Continued advancements in AI-driven personalization, VR/AR applications, and sensor integration are expected to further enhance both the effectiveness and reach of telehealth-based rehabilitation strategies.

4. Evaluation of current evidence on telehealth-based rehabilitation approaches

The 28 studies included in this review, as detailed in Appendix 1, collectively address three interrelated dimensions of telehealth and telerehabilitation in physiotherapy: clinical effectiveness and safety, technological and methodological components, and implementation-related limitations and evidence gaps. The findings presented in this section are synthesized in accordance with these domains, which directly correspond to the research questions guiding this review, and are intended to serve as a comprehensive reference framework for both clinical practice and future research.

Contemporary systematic reviews, meta-analyses, and randomized controlled trials consistently indicate that structured telerehabilitation programs are safe and effective and, in many cases, yield clinical outcomes comparable to those of face-to-face physiotherapy (McKeon et al., 2021; Laver et al., 2020; Jansson et al., 2020). Evidence of clinical equivalence is strongest in exercise-based and education-focused interventions for musculoskeletal conditions, post-arthroplasty rehabilitation, and neurological populations including stroke and multiple sclerosis (Shi et al., 2024; Leavitt et al., 2021). In geriatric populations, tele-exercise programs have demonstrated significant improvements in balance, strength, and mobility (Dawson et al., 2024), while cardiopulmonary and oncological applications have shown promising but more variable results depending on disease severity, monitoring intensity, and patient-specific factors (Rocco et al., 2024; Garofano et al., 2025). Across populations, remote functional assessments conducted via synchronous video platforms have demonstrated validity and reliability comparable to face-to-face evaluations for a range of clinically relevant outcome measures including range of motion, pain, and functional performance (Zischke et al., 2021; Bernhardsson et al., 2023; Özsoy et al., 2025). Adverse events were rarely reported across the included studies, supporting the overall safety profile of telerehabilitation when delivered within structured clinical protocols (Raymond et al., 2024).

As detailed in Appendix 1, telerehabilitation interventions are delivered through a diverse range of technological modalities, the systematic documentation of which constitutes a core objective of this review. Synchronous video-based platforms constituted the most frequently examined modality and were consistently associated with higher clinical effectiveness compared to asynchronous approaches, owing to their capacity to support real-time assessment, therapeutic instruction, and patient-therapist interaction (Cottrell and Russell, 2020; Roitenberg and Ami, 2023). Asynchronous platforms and mobile health applications

were more commonly employed as adjuncts to supervised sessions, primarily to enhance exercise adherence and self-management behaviors (Anderson and Bauer, 2025). Wearable sensor technologies and machine learning-based motion analysis systems have expanded the scope of remote assessment by enabling objective monitoring of gait, posture, and movement quality with a level of precision approaching that of laboratory-based systems (Jourdan et al., 2021; Zhang et al., 2021). Emerging VR/AR-based systems have demonstrated particular promise in neurological and pediatric rehabilitation through enhanced patient engagement and gamified motor training paradigms (Lee et al., 2022; Calcaterra et al., 2025). The neurobiological mechanisms underpinning VR-based motor recovery—including sensorimotor integration, corticospinal reorganization, and neuroplasticity—have been systematically examined alongside robotic and brain-computer interface (BCI) technologies in integrated neurorehabilitation frameworks, providing important mechanistic context for the clinical observations reported in telerehabilitation literature (Eryilmaz, 2026a). AI-assisted platforms further support individualized and adaptive program design by enabling real-time feedback and automated progression based on patient performance data (Xu et al., 2023; Delbaere et al., 2025). The integration of genetic, epigenetic, and AI-driven biomarkers into personalized exercise prescription represents a complementary and emerging dimension of precision rehabilitation, offering data-informed approaches to tailoring intervention intensity and progression at the individual level (Eryilmaz, 2026b). Across all modalities, structured progression criteria, objective performance monitoring, and consistent clinician feedback emerged as the most robust determinants of clinical effectiveness, irrespective of the specific technological platform employed (Raymond et al., 2024).

Despite these encouraging findings, methodological heterogeneity, limited sample sizes, and relatively short follow-up periods remain pervasive limitations across the included studies, constraining the robustness of conclusions and the extrapolation of results to broader clinical contexts. Many studies relied primarily on feasibility metrics and patient satisfaction as proxies for clinical effectiveness rather than standardized, condition-specific outcome measures, and economic evaluations were largely absent or methodologically insufficient (Oh et al., 2024; Hudon et al., 2024). Digital inequities, restricted access to appropriate devices, and variable levels of digital literacy continue to exert a significant moderating influence on patient adherence and engagement, particularly among older adults, low-income populations, and individuals in low-resource settings (Siwach et al., 2025; Hudon et al., 2024). In clinical practice, telerehabilitation demonstrates greatest utility as a structured adjunct to in-person care for stable, low-risk patients, while hybrid care models are increasingly recommended for populations requiring closer clinical monitoring, manual therapy components, or heightened safety oversight (Calcaterra et al., 2025; Tomaskovic et al., 2025). Ethical and regulatory considerations, including data security, patient privacy, and the absence of standardized implementation frameworks, continue to represent foundational challenges for sustainable and equitable telerehabilitation deployment at scale (Rauzi et al., 2023; Siwach et al., 2025).

5. Discussion

The present review systematically examined the clinical effectiveness, technological components, methodological characteristics, and implementation-related limitations of telehealth and telerehabilitation across physiotherapy practice, drawing on 28 included studies spanning musculoskeletal, neurological, cardiopulmonary, geriatric, pediatric, and oncological populations. The principal finding of this review is that structured telerehabilitation programs consistently demonstrate safety and clinical effectiveness

comparable to conventional in-person physiotherapy when delivered through supervised, protocol-driven frameworks, a conclusion supported across the majority of included study designs. A secondary finding is that the effectiveness of telerehabilitation is not primarily determined by the specific technology employed, but rather by the clinical structure, supervision intensity, and implementation quality surrounding it. Taken together, these findings extend and consolidate the existing evidence base by providing a cross-domain synthesis that integrates effectiveness data with technological, methodological, and equity-related dimensions—an approach not consistently adopted by prior condition-specific reviews.

The body of evidence synthesized in this review demonstrates that telehealth and telerehabilitation have become increasingly robust components of physiotherapy practice, although the consistency and strength of findings vary considerably across clinical contexts, intervention modalities, and patient characteristics. While a substantial proportion of included studies — particularly those involving musculoskeletal and post-arthroplasty rehabilitation — report outcomes comparable to conventional in-person physiotherapy, closer examination reveals meaningful variation in effect sizes and methodological quality that influences how these findings can be translated into routine clinical care. The systematic review by Cottrell and Russell (2020) and the Cochrane review by Laver et al. (2020) together establish that equivalence is most reliably demonstrated for exercise-based and education-focused interventions in musculoskeletal and stroke populations, respectively, and the present review corroborates and extends these conclusions by identifying consistent patterns across a broader range of conditions and modalities.

Most studies evaluating exercise-based telerehabilitation consistently show non-inferiority to face-to-face interventions in terms of pain reduction, functional improvement, and mobility outcomes. The randomized controlled trial by Shi et al. (2024) demonstrated comparable physical and psychological outcomes for telerehabilitation-based exercise in patients with nonspecific low back pain, while Jansson et al. (2020), in a systematic review of lower-limb joint replacement rehabilitation, reported equivalent gains in range of motion, strength, and gait. These findings support the view that, for clinically stable patients whose primary treatment consists of therapeutic exercise and education, remote delivery does not diminish clinical benefit. However, the evidence becomes notably more heterogeneous in neurological, geriatric, pediatric, oncological, and cardiopulmonary populations. In multiple sclerosis, Leavitt et al. (2021) reported significant improvements in physical activity through a group-based telehealth intervention, yet noted high variability in engagement across participants. In geriatric populations, Dawson et al. (2024), in a systematic review and meta-analysis, demonstrated significant functional improvements through tele-exercise for older adults with frailty and mobility limitations, while Goldman et al. (2023) found telerehabilitation to be feasible and effective even in older adults with cognitive impairment. In oncological rehabilitation, Rocco et al. (2024) reported promising but variable functional outcomes, while the cardiac telerehabilitation protocol of Garofano et al. (2025) represents an ongoing study whose effectiveness data are not yet available; together these underscore that generalizability in cardiopulmonary and oncological populations cannot be assumed with the same confidence as in musculoskeletal care. Furthermore, certain included studies highlight limitations in cases requiring hands-on assessment or manual techniques, where remote-only models have yielded inferior results, suggesting that telehealth should be seen as complementary rather than universally substitutive (Siwach et al., 2025; Tomaskovic et al., 2025).

Across the literature, it is evident that the success of telerehabilitation is shaped less by the

technology itself and more by the clinical structure that surrounds it. The rapid overview by Seron et al. (2021), encompassing 53 systematic reviews, and the systematic review by Raymond et al. (2024), which examined allied health telehealth delivery across randomized controlled trials, both identify structured progression criteria, synchronous supervision, and regular clinician feedback as the most consistent determinants of adherence and clinical outcome. The growing availability of reliable remote assessment tools has further improved the clinical utility of telerehabilitation: Zischke et al. (2021) and Bernhardsson et al. (2023) each demonstrated that video-based physiotherapy assessments achieve validity and reliability comparable to face-to-face evaluations across a range of musculoskeletal outcome measures, while Jourdan et al. (2021) confirmed the accuracy of machine learning-validated wearable sensors for gait monitoring. At the same time, these tools highlight a key challenge identified across multiple included studies: without adequate digital support and guidance, technological complexity can reduce accessibility and engagement, particularly among older adults, individuals with cognitive impairment, and those with limited digital literacy (Oh et al., 2024; Hudon et al., 2024).

The translation of existing evidence into clinical practice therefore requires careful attention to patient selection, risk stratification, and contextual factors. The findings of McKeon et al. (2021) and Jansson et al. (2020) support the particular suitability of telerehabilitation for stable musculoskeletal conditions and postoperative recovery following knee or hip arthroplasty, where exercise and monitoring constitute the primary therapeutic components. Hybrid models emerge as a pragmatic solution for high-risk or clinically complex populations, as supported by the systematic review and meta-analysis of Calcaterra et al. (2025), which reported promising motor outcomes for home-based telerehabilitation in pediatric neurological motor disorders while emphasizing the need for further controlled trials and Tomaskovic et al. (2025), who recommended hybrid approaches for patients with post-COVID condition requiring multimodal intervention. For many patients, especially those in rural or underserved regions, telehealth provides a means of overcoming logistical, geographic, and mobility-related barriers that would otherwise limit access to rehabilitation services, a finding consistently reported across included implementation-focused studies (Davies et al., 2025; Brigo et al., 2022). Yet these advantages are counterbalanced by persistent digital inequities, which disproportionately affect older adults and lower-income populations and remain one of the most significant barriers to widespread implementation, as documented by Hudon et al. (2024) and Siwach et al. (2025).

Despite the overall promise of telehealth-based physiotherapy, the evidence base is constrained by several methodological limitations. Small sample sizes, heterogeneous intervention protocols, inconsistent reporting of adherence and adverse events, and a predominance of short-term follow-up were identified as pervasive limitations across the included studies. Many studies — including Goldman et al. (2023), Hall et al. (2021), and Roitenberg and Ami (2023) — relied heavily on feasibility metrics and patient satisfaction rather than comprehensive clinical endpoints, and economic evaluations were largely absent or methodologically insufficient across all clinical domains. Moreover, the included literature seldom differentiates which patient subgroups are most likely to benefit from telerehabilitation, even though emerging evidence from Dawson et al. (2024) and Oh et al. (2024) suggests that outcomes vary significantly depending on clinical stability, cognitive capacity, home environment, and digital competency. These limitations represent an important contribution of the present review in that they are here identified and articulated systematically across the full breadth of telerehabilitation applications, rather than within the narrow scope of a single condition or modality.

Future research should therefore prioritize long-term comparative trials, standardized intervention frameworks, and rigorous cost-effectiveness analyses. More sophisticated designs are needed to determine whether improvements observed in short-term trials persist over time, whether certain diagnostic categories respond more favorably than others, and how AI-enhanced, sensor-based, and VR/AR-supported models - such as those described by Xu et al. (2023), Delbaere et al. (2025), and Lee et al. (2022) - can be integrated safely and effectively into mainstream practice. Of particular relevance in this regard is the growing evidence on technology-integrated neurorehabilitation, including robotic, VR, and BCI systems, which has established dose-response relationships and mechanistic frameworks applicable to remote delivery models (Eryilmaz, 2026a). Similarly, the incorporation of AI-driven biomarker-informed personalization strategies - drawing on genetic and epigenetic data — into tele-rehabilitation platforms represents a frontier of precision care that merits investigation in future controlled trials (Eryilmaz, 2026b). Qualitative and implementation-focused research will also be crucial for understanding the lived experiences of patients and clinicians, identifying persistent barriers, and developing strategies to mitigate digital inequities. In addition, comprehensive economic evaluations, systematic reporting of adverse events, and qualitative investigations into implementation barriers will be essential for achieving sustainable and equitable integration of telerehabilitation into routine care pathways (Hudon et al., 2024). Future investigations should prioritize the evaluation of long-term functional outcomes, the identification of patient subgroups most likely to benefit, and the rigorous assessment of asynchronous and AI-enhanced models.

6. Conclusion

This review synthesized evidence from 28 studies across five clinical domains—musculoskeletal, neurological, cardiopulmonary, geriatric, and pediatric/oncological rehabilitation—and yielded three principal findings with direct implications for clinical practice and future research, which should be interpreted in light of the considerable heterogeneity in study designs, patient populations, and intervention protocols described above. First, in clinically stable, low-risk patients receiving structured, supervised, exercise-based programs, telerehabilitation achieves clinical outcomes comparable to in-person physiotherapy, with the strongest and most consistent evidence observed in musculoskeletal conditions, post-arthroplasty rehabilitation, and stroke; comparability is less established for populations requiring hands-on assessment, manual therapy, or close clinical monitoring. Second, clinical effectiveness appears to depend less on the specific technological platform employed and more on the quality of the clinical structure surrounding its delivery — including adequate technological infrastructure, supervision intensity, progression criteria, and therapist feedback — with synchronous video-based delivery currently representing the most evidence-supported modality across populations. Third, the translational potential of telerehabilitation remains constrained by methodological heterogeneity across the existing literature, persistent digital inequities disproportionately affecting older and lower-income populations, and a near-universal absence of long-term outcome data and rigorous economic evaluations; these limitations warrant caution in generalizing the present findings beyond the populations and contexts in which they were demonstrated. Hybrid care models integrating remote and in-person components represent the most evidence-informed approach for clinically complex or high-risk populations. Taken together, these findings position telerehabilitation not as a universal substitute for conventional physiotherapy, but as a comparable and structurally distinct mode of care delivery under defined clinical conditions, whose broader and more equitable implementation will depend on standardized intervention protocols, targeted digital inclusion strategies, long-term and economically

focused longitudinal research, and the rigorous evaluation of emerging AI-supported and sensor-based rehabilitation models.

References

- Anderson M, Bauer N. Beyond the clinic: virtual care as the future of long covid rehabilitation. *Cardiopulm Phys Ther J*. 2025;36(1):87-95. DOI: 10.1097/cpt.0000000000000278.
- Bernhardsson S, Larsson A, Bergenheim A, Ho-Henriksson C, Ekhammar A, Lange E, et al. Digital physiotherapy assessment vs conventional face-to-face physiotherapy assessment of patients with musculoskeletal disorders: a systematic review. *PLoS One*. 2023;18(3):e0283013. DOI: 10.1371/journal.pone.0283013.
- Brigo E, Rintala A, Kossi O, Verwaest F, Vanhoof O, Feys P, et al. Using telehealth to guarantee the continuity of rehabilitation during the covid-19 pandemic: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(16):10325. DOI: 10.3390/ijerph191610325.
- Calcaterra V, Marin L, Guardamagna L, Gatti A, Rossi V, Patané P, et al. Home-based telerehabilitation for pediatric neurological motor disorders: current trends and future perspectives. a systematic review and meta-analysis. *Digital Health*. 2025;11. DOI: 10.1177/20552076251357504.
- Cottrell M, Russell T. Telehealth for musculoskeletal physiotherapy. *Musculoskelet Sci Pract*. 2020;48:102193. DOI: 10.1016/j.msksp.2020.102193.
- Cottrell MA, Galea OA, O'Leary SP, Hill AJ, Russell TG. Real-time telerehabilitation for the treatment of musculoskeletal conditions is effective and comparable to standard practice: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2017;31(5):625-638. DOI: 10.1177/0269215516645148.
- Davies L, Lawton V, Bevan R, Mestousis M, Pacey V. Informing the development of telehealth education in physiotherapy programs. assessments and interventions for individuals accessing physiotherapy care via synchronous telehealth. a scoping review. *Musculoskelet Care*. 2025;23(1). DOI: 10.1002/msc.70039.
- Dawson R, Oliveira J, Kwok W, Bratland M, Rajendran I, Srinivasan A, et al. Exercise interventions delivered through telehealth to improve physical functioning for older adults with frailty, cognitive, or mobility disability: a systematic review and meta-analysis. *Telemed E Health*. 2024;30(4):940-950. DOI: 10.1089/tmj.2023.0177.
- Delbaere K, Sherrington C, Said C, Naganathan V. Innovative approaches to fall prevention in community-dwelling older adults. *Med J Aust*. 2025;223(4):174-176. DOI: 10.5694/mja2.52714.
- Eryilmaz MC. (2026a) Integrated Technologies in Neurorehabilitation: Evidence, Mechanisms, and Future Perspectives. *SABİTED*. 2026;6(1):72-85.
- Eryilmaz MC. (2026b) Integration of Genetic, Epigenetic and Artificial Intelligence-Based Biomarkers in Personalized Exercise Prescription. *Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*. 2026;9(1):14-28. DOI: 10.51536/tusbad.1817230.
- Garofano M, Vecchione C, Calabrese M, Rusciano M, Visco V, Granata G, et al. Evaluation of the effectiveness of a cardiac telerehabilitation program in chronic heart failure: design and rationale of the telerehab-hf study. *Healthcare*. 2025;13(16):2074. DOI: 10.3390/healthcare13162074.
- Goldman J, Merkitich D, Brewington D, Peirce H, Rho M, Jayabalan P, et al. Patient experiences receiving rehabilitation care via telehealth: identifying opportunities for remote care. *Front Rehabil Sci*. 2023;4. DOI: 10.3389/fresc.2023.1049554.
- Hall J, Luechtefeld, J, Woods, M. Adoption of telehealth by pediatric physical therapists during covid-19: a survey study. *Pediatr Phys Ther*. 2021;33(4):237-244. DOI: 10.1097/pep.0000000000000817.
- Hansen H, Bieler T, Beyer N, Kallelose T, Wilcke JT, Østergaard LM, et al. Supervised pulmonary telerehabilitation versus pulmonary rehabilitation in severe COPD: a randomised multicentre trial. *Thorax*. 2020;75(5):413-421. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2019-214246.
- Hudon A, Miciak M, Slade T, Lovo S, Whittaker JL, Côté D, et al. What are the perceptions and lived experiences of Canadian injured workers about the provision of physiotherapy services using telerehabilitation? *J Occup Rehabil*. 2024. DOI: 10.1007/s10926-024-10261-4.
- Hurley E, Haskel J, Bloom D, Gonzalez-Lomas G, Jazrawi L, Bosco J, et al. The use and acceptance of

- telemedicine in orthopedic surgery during the covid-19 pandemic. *Telemed E Health*. 2021;27(6):657-662. DOI: 10.1089/tmj.2020.0255.
- Jansson M, Rantala A, Miettunen J, Puhto A, Pikkarainen M. The effects and safety of telerehabilitation in patients with lower-limb joint replacement: a systematic review and narrative synthesis. *J Telemed Telecare*. 2020;28(2):96-114. DOI: 10.1177/1357633x20917868.
- Jourdan T, Debs N, Frindel C. The contribution of machine learning in the validation of commercial wearable sensors for gait monitoring in patients: a systematic review. *Sensors*. 2021;21(14):4808. DOI: 10.3390/s21144808.
- Kudritzki V, Howard I. Telehealth-based exercise in amyotrophic lateral sclerosis. *Front Neurol*. 2023;14. DOI: 10.3389/fneur.2023.1238916.
- Laver K, Adey-Wakeling Z, Crotty M, Lannin N, George S, Sherrington C. Telerehabilitation services for stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020;2020(1). DOI: 10.1002/14651858.cd010255.pub3.
- Leavitt V, Aguerre I, Lee N, Riley C, Jager P, Bloom S. Rct of a telehealth group-based intervention to increase physical activity in multiple sclerosis. *Neurol Clin Pract*. 2021;11(4):291-297. DOI: 10.1212/cpj.0000000000001039.
- Lee A, Tilley L, Baenziger S, Hoy R, Glaspole I. The perceptions of telehealth physiotherapy for people with bronchiectasis during a global pandemic a qualitative study. *J Clin Med*. 2022;11(5):1315. DOI: 10.3390/jcm11051315.
- Leochico C, Austria E, Gelisanga M, Ignacio S, Mojica J. Home-based telerehabilitation for community-dwelling persons with stroke during the covid-19 pandemic: a pilot study. *J Rehabil Med*. 2023;55:jrm4405. DOI: 10.2340/jrm.v55.4405.
- Leochico C, Espiritu A, Ignacio S, Mojica J. Challenges to the emergence of telerehabilitation in a developing country: a systematic review. *Front Neurol*. 2020;11. DOI: 10.3389/fneur.2020.01007.
- Maresca G, Maggio M, Luca R, Manuli A, Tonin P, Pignolo L, et al. Tele-neuro-rehabilitation in italy: state of the art and future perspectives. *Front Neurol*. 2020;11. DOI: 10.3389/fneur.2020.563375.
- McKeon J, Alvarez P, Vajapey A, Sarac N, Spitzer A, Vajapey S. Expanding role of technology in rehabilitation after lower-extremity joint replacement. *JBS Rev*. 2021;9(9). DOI: 10.2106/jbjs.rvw.21.00016.
- Mulder M, Nikamp C, Nijland R, Wegen E, Prinsen E, Vloothuis J, et al. Can telerehabilitation services combined with caregiver-mediated exercises improve early supported discharge services poststroke? a study protocol for a multicentre, observer-blinded, randomized controlled trial. *BMC Neurol*. 2022;22(1). DOI: 10.1186/s12883-021-02533-w.
- Nguyen G, King K, Stirling L. Telerehabilitation use and experiences in occupational and physical therapy through the early stages of the covid-19 pandemic. *PLoS One*. 2023;18(11):e0291605. DOI: 10.1371/journal.pone.0291605.
- Oh D, To D, Corso M, Murnaghan K, Yu H, Cancelliere C. Agreement and concurrent validity between telehealth and in-person diagnosis of musculoskeletal conditions: a systematic review. *Chiropr Man Therap*. 2024;32(1). DOI: 10.1186/s12998-024-00542-3.
- Özsoy G, Yılmaz H, Doğan N. Reliability of tele-assessment of performance-based tests in patients with knee osteoarthritis. *Karya J Health Sci*. 2025;6(2):55-60. DOI: 10.52831/kjhs.1640571.
- Rauzi M, Olivos M, Currier D, Abbate L, Lum H, Stevens-Lapsley J. Emergency management during telehealth. *Top Geriatr Rehabil*. 2023;39(4):266-279. DOI: 10.1097/tgr.0000000000000410.
- Raymond M, Christie L, Kramer S, Malaguti C, Mok Z, Gardner B, et al. Delivery of allied health interventions using telehealth modalities: a rapid systematic review of randomized controlled trials. *Healthcare*. 2024;12(12):1217. DOI: 10.3390/healthcare12121217.
- Rocco P, Reátegui-Rivera C, Finkelstein J. Telemedicine applications for cancer rehabilitation: scoping review. *JMIR Cancer*. 2024;10:e56969. DOI: 10.2196/56969.
- Roitenberg N, Ami N. Qualitative exploration of physical therapists' experiences providing telehealth physical therapy during covid-19. *Musculoskelet Sci Pract*. 2023;66:102789. DOI: 10.1016/j.msksp.2023.102789.
- Saeed S, Singhal M, Kaur K, Shannawaz M, Koul A, Arora K, et al. Acceptability and satisfaction of patients

- and providers with telemedicine during the covid-19 pandemic: a systematic review. *Cureus*. 2024. DOI: 10.7759/cureus.56308.
- Scott-Richardson M, Johnson G, Burnett S, Giordano N, Highland K. Policy facilitators versus structural barriers: integrative therapy telehealth changes in the united states during the covid-19 pandemic. *Telemed E Health*. 2022;28(5):728-735. DOI: 10.1089/tmj.2021.0167.
- Seron P, Oliveros MJ, Gutierrez-Arias R, Fuentes-Aspe R, Torres-Castro RC, Merino-Osorio C, et al. Effectiveness of telerehabilitation in physical therapy: a rapid overview. *Phys Ther*. 2021;101(6):pzab053. DOI: 10.1093/ptj/pzab053.
- Shi W, Zhang Y, Bian Y, Chen L, Yuan W, Zhang H, et al. The physical and psychological effects of telerehabilitation-based exercise for patients with nonspecific low back pain: prospective randomized controlled trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2024;12:e56580-e56580. DOI: 10.2196/56580.
- Siwach P, Pawaria S, Bajaj R, Sachdeva S. Patient adherence in telehealth: a comparative analysis with conventional outpatient services. *Musculoskelet Care*. 2025;23(2). DOI: 10.1002/msc.70137.
- Stawicki S, Jeanmonod R, Miller A, Paladino L, Gaieski D, Yaffee A, et al. The 2019–2020 novel coronavirus (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2) pandemic: a joint american college of academic international medicine-world academic council of emergency medicine multidisciplinary covid-19 working group consensus paper. *J Glob Infect Dis*. 2020;12(2):47. DOI: 10.4103/jgid.jgid_86_20.
- Tomaskovic A, Weber V, Ochmann D, Neuberger E, Lachtermann E, Brahmer A, et al. Multimodal web-based telerehabilitation for patients with post-covid-19 condition: protocol for a randomized controlled trial. *JMIR Res Protoc*. 2025;14:e65044. DOI: 10.2196/65044.
- Tsagkaris C, Trygonis N, Spyrou V, Koulouris A. Telemedicine in care of sarcoma patients beyond the covid-19 pandemic: challenges and opportunities. *Cancers*. 2023;15(14):3700. DOI: 10.3390/cancers15143700.
- Tukur M, Saad G, Alshagathrh F, Househ M, Agus M. Telehealth interventions during covid-19 pandemic: a scoping review of applications, challenges, privacy and security issues. *BMJ Health Care Inform*. 2023;30(1):e100676. DOI: 10.1136/bmjhci-2022-100676.
- Wang Z, He K, Sui X, Jiang Y, Yang Z, Wang K, et al. The effect of web-based telerehabilitation programs on children and adolescents with brain injury: systematic review and meta-analysis. *J Med Internet Res*. 2023;25:e46957. DOI: 10.2196/46957.
- Xu X, Ho M, Lin C. Telehealth in palliative care during the covid-19 pandemic: a systematic mixed studies review. *Worldviews Evid Based Nurs*. 2023;20(5):476-491. DOI: 10.1111/wvn.12637.
- Youssef Y, Wet D, Back D, Scherer J. Digitalization in orthopaedics: a narrative review. *Front Surg*. 2024;10. DOI: 10.3389/fsurg.2023.1325423.
- Zhang R, Jiang J, Wu W. Scalably nanomanufactured atomically thin materials-based wearable health sensors. *Small Struct*. 2021;3(1). DOI: 10.1002/ssstr.202100120.
- Zischke C, Simas V, Hing W, Milne N, Spittle A, Pope R. The utility of physiotherapy assessments delivered by telehealth: a systematic review. *J Glob Health*. 2021;11. DOI: 10.7189/jogh.11.04072.

Appendix 1. Studies included in this review

Author(s) & Year	Study Design	Population	Intervention / Exposure	Comparator	Primary and Secondary Outcomes	Key Findings	Clinical and Methodological Implications
Cottrell & Russell (2020)	Systematic Review	Musculoskeletal, neurological and orthopedic patients	Synchronous and asynchronous telerehabilitation	Conventional face-to-face care	Pain intensity, functional outcomes, ADLs	Telerehabilitation was non-inferior to in-person rehabilitation across most outcomes	Supports equivalence of telerehabilitation for routine clinical care where physical examination is not critical
Roitenberg & Ami (2023)	Qualitative Study	Mixed user populations	Telehealth platforms and digital systems	Not applicable	Usability, acceptability, feasibility	High technical feasibility and scalability	User-centered platform design is critical
Anderson & Bauer (2025)	Narrative Review	Musculoskeletal and neurological patients	mHealth-based exercise delivery	Not applicable	Exercise adherence and compliance	Mobile apps improved adherence	Routine integration increases long-term adherence
Youssef et al. (2024)	Narrative Review	Musculoskeletal patients	App-supported telerehabilitation + video	In-person physiotherapy	Pain, functional capacity	Comparable or superior outcomes	Improves accessibility without loss of effectiveness
Zischke et al. (2021)	Systematic Review	Individuals undergoing functional testing	Video-based remote assessment	Face-to-face testing	Validity, reliability	High agreement with in-person	Valid alternative for assessment
Bernhardsson et al. (2023)	Systematic Review	Musculoskeletal patients	Remote physical examination	Face-to-face assessment	ROM, strength, mobility	High concordance	Safe for selected cases
Özsoy et al. (2025)	Methodological Study	Musculoskeletal patients	Video-based functional tests	Gold standard tests	Reliability, validity	Strong psychometrics	Reduces time/location limits
Jourdan et al. (2021)	Systematic Review	Movement analysis users	ML-based motion analysis	Optical lab systems	Accuracy, precision	High accuracy	Enhances objectivity
Zhang et al. (2021)	Technical Study	Motion analysis users	Computer vision + ML	Not applicable	Sensitivity, feedback	Improved sensitivity	Key for personalization
Dawson et al. (2024)	Systematic Review & Meta-analysis	Adults ≥65 years	Tele-exercise	In-person/home exercise	Balance, strength, mobility	Significant functional improvements	Strong geriatric evidence

Goldman et al. (2023)	Qualitative Study	Adults with neurologic al, MSK and chronic conditions	Telehealth rehabilitation	Not applicable	Patient experience, satisfaction	Positive patient experience; barriers identified	Identifies opportunities for remote care
Brigo et al. (2022)	Systematic Review	Pediatric neurologic al patients	Telerehabilitation	Traditional rehab	Motor function, adherence	Improved access	More trials needed
Kudritzki & Howard (2023)	Narrative Review	Older adults	Telehealth services	Not applicable	Access, usability	Reduced barriers	Useful for chronic care
Hall et al. (2021)	Observational (Survey) Study	Rehab patients	Tele-rehab experience	Not applicable	Satisfaction	High satisfaction	Supports adoption
Davies et al. (2025)	Scoping Review	Rural populations	Telehealth implementation	Local services	Access rates	Reduced inequality	Strategic for underserved areas
Oh et al. (2024)	Systematic Review	Telehealth users	Utilization patterns	Not applicable	Digital literacy	Lower literacy reduced adherence	Education needed
Rauzi et al. (2023)	Narrative Review	Not applicable	Telehealth systems	Not applicable	Ethics, privacy	Data protection critical	Regulation required
Siwach et al. (2025)	Observational Study	Telehealth users	Multiple platforms	Not applicable	Technical failures	Reduced user experience	Infrastructure needed
Maresca et al. (2020)	Narrative Review	Home-exercise patients	Tele-exercise + monitoring	Unsupervised exercise	Adherence, motivation	Low motivation reduced adherence	Feedback essential
Xu et al. (2023)	Systematic Review	Not applicable	Sensor-based AI	Not applicable	Personalization	High adaptability	Future core component
Delbaere et al. (2025)	Observational Study	Older adults at fall risk	AI feedback exercise	Fall-prevention programs	Balance	Effective personalization	Improved safety
Lee et al. (2022)	Qualitative Study	Pediatric neurologic al patients	VR/AR rehab	Motor training	Motor skills	Higher engagement	Promising modality
Calcaterra et al. (2025)	Systematic Review & Meta-analysis	Pediatric neurologic al motor disorders	Telerehabilitation interventions	In-person rehab	Functional outcomes	Promising motor outcomes; more trials needed	Recommended for complex cases
Tomaskovic et al. (2025)	RCT Protocol	Post-COVID-19 condition	Tele-exercise	Physiotherapy	Pain, function	Protocol — outcomes pending	Outcomes pending (protocol)
Garofano et al. (2025)	Cohort Study Protocol	Cardiac patients	Tele-cardiac rehab	Conventional rehab	VO ₂ max, fatigue	Protocol — VO ₂ max outcomes pending	Outcomes pending (protocol)

Rocco et al. (2024)	Scoping Review	Cancer patients	Video-based rehab	Supportive care	Fatigue, QoL	Functional gains	Effective approach
Raymond et al. (2024)	Systematic Review (rapid)	Rehab patients	Tele-rehab + feedback	Not applicable	Experience	Improved adherence	Feedback crucial
Hudon et al. (2024)	Qualitative Synthesis	Telehealth users	Various models	Not applicable	Barriers	Digital divide	Inclusive design needed

