



Acil Sağlık Hizmetleri ve Ambulanslarda Akıllı İnfüzyon Pompaları Kullanımının Ekonomik Etkileri

Economic Impacts of the Use of Smart Infusion Pumps in Healthcare Institutions

İbrahim Çınar¹, İbrahim Çatak²

¹İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İzmir, Türkiye

²İzmir İl Sağlık Müdürlüğü, Acil Sağlık Hizmetleri Başkanlığı, İzmir, Türkiye

ÖZ

Bu derleme, akıllı infüzyon pompalarının ambulans ve acil sağlık hizmetlerinde kullanımının ekonomik etkilerini ele almaktadır. Akıllı infüzyon pompaları, ilaç ve sıvıların doğru dozda ve güvenli şekilde uygulanmasını sağlayarak hasta güvenliğini artırmakta ve sağlık çalışanlarının iş yükünü azaltmaktadır. Özellikle 112 kara, hava ve deniz ambulanslarında hasta nakilleri sırasında bu cihazların kullanımı büyük önem taşımaktadır. Ambulanslarda kullanılan pompaların hastane cihazlarıyla uyumlu olması, nakiller sırasında cihaz değişikliği ihtiyacını önleyerek süreci kolaylaştırmaktadır. Bununla birlikte, cihazların kaybolması veya eksik bakımı sağlık kuruluşlarına ek maliyetler yaratabilir. Eğitim eksiklikleri ise sağlık çalışanlarının kullanımda hata yapma riskini artırabilir. Cihazların düzenli bakım ve kalibrasyonu, kullanım ömrünü uzatarak ekonomik verimliliği artırırken, nesnelerin internet teknolojisi ile entegre edilmiş akıllı infüzyon pompaları sayesinde uzaktan izleme imkanı sağlanabilmektedir. Bu çalışma, akıllı infüzyon pompalarının ekonomik etkilerini değerlendirerek düzenli bakım, eğitim ve sistem uyumluluğunun önemini vurgulamakta ve bu alandaki araştırmaların artırılmasını teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı tıbbi cihazlar, infüzyon pompası, sağlık ekonomisi

ABSTRACT

This review examines the economic impact of using smart infusion pumps in ambulance and emergency medical services. Smart infusion pumps ensure that medications and fluids are delivered in the correct dose and safely, enhancing patient safety and reducing the workload of healthcare professionals. The use of these devices is particularly critical during patient transfers in 112 land, air, and sea ambulances. The compatibility of ambulance pumps with hospital devices prevents unnecessary device changes during transfers, simplifying the process. However, lost or poorly maintained devices may incur additional costs for healthcare institutions. A lack of staff training increases the risk of errors during use. Regular maintenance and calibration extend the lifespan of these pumps, enhancing economic efficiency, while integration with internet of things technology allows for remote monitoring. This study evaluates the economic impact of smart infusion pumps, highlighting the importance of regular maintenance, staff training, and system compatibility. It also aims to raise awareness about the effective use of these devices and encourage further research in this field.

Keywords: Smart medical devices, infusion pump, healthcare economic

GİRİŞ

Akıllı infüzyon pompaları, sıvı ilaçları veya çözeltileri hastanın damar yoluna belirli bir hızda ve belirli bir sürede kontrollü bir şekilde ileten tıbbi cihazlardır. Akıllı infüzyon pompaları (Resim 1), tıbbi tedavilerde yaygın olarak kullanılmaktadır. En yaygın kullanım alanları, sıvı replasmanı, ilaç infüzyonu,

kan transfüzyonu ve diğer intravenöz (IV) tedavilerdir. Akıllı infüzyon pompaları yoğun bakımlar, anestezi üniteleri, ameliyathaneler, kardiyak kateterizasyon uygulanan birimler, acil servisler, 112 ambulansları ve evde bakım hizmetleri gibi çeşitli sağlık hizmeti alanlarında kullanılabilmektedir. Akıllı infüzyon pompası ile çeşitli sıvılar verilebilir. Bunlar arasında su, serum, antibiyotikler, ağrı kesiciler, antiemetikler,

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: İbrahim Çınar

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İzmir, Türkiye

E-posta: ibrahim.cinar@ikcu.edu.tr

ORCID ID: orcid.org/0000-0003-1122-3130

Geliş Tarihi/Received: 22.11.2024 **Kabul Tarihi/Accepted:** 28.03.2025 **Yayınlanma Tarihi/Publication Date:** 30.04.2025

Atıf/Cite this article as: Çınar İ, Çatak İ. Economic impacts of the use of smart infusion pumps in healthcare institutions. J Health Inst Turk. 2025;8(1):16-22





Resim 1. Akıllı infüzyon pompası örnekleri (kaynak: fotoğraf araştırmacılar tarafından çekilmiştir).

kan ve kan ürünleri, inotrop ilaçlar (dopamin, dobutamin), vazodilatör ilaçlar, trombolitik ilaçlar, bilinçli sedasyonda kullanılan ilaçlar vb. yer alabilir (1,2).

Akıllı infüzyon pompaları hasta güvenliğini en üst seviyede sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Özellikle ilaç doz hataları, yanlış ilaç seçme, bilgi ve beceri eksikliği veya unutkanlık kaynaklı sorunları çözebilmesi beklenmektedir (3-5). Akıllı infüzyon pompalarının çeşitli tipleri olmakla birlikte sıklıkla kullanımları birbirine benzerdir. Akıllı infüzyon pompaları sağlık çalışanlarının işini kolaylaştırmakta, ilaçların güvenli uygulanmasını sağlamaktadır (6). Bununla birlikte belirli bir maliyeti olan cihazlardır. Günümüzde bu cihazlar 200\$ ve altında üretim maliyetiyle piyasaya sürülebilmektedirler (7).

AKILLI İNFÜZYON POMPALARI KULLANIMININ FAYDALARI

Akıllı infüzyon pompasının kullanımının bazı faydaları bulunmaktadır. Söz konusu faydalar sayesinde transfüzyon süresi kısalabilmekte, istenen hızda ve güvenli bir şekilde transfüzyonun yapılması sağlanarak hızlı infüzyona bağlı oluşabilecek alerjik tepkimeler azalabilmektedir (8). İnfüzyon pompası yardımıyla ilaçların ne sürede ve ne oranda gidebileceği doğru şekilde takip edilebilmektedir. Bunun sonucu olarak ilaçlar kesintiye uğramadan sürekli ve güvenli bir şekilde infüze edilebilmektedir. Böylece ilaçların aşırı dozda kontrolsüz verilmesi önlenmektedir. İnfüzyon pompası kullanılmayınca oluşabilecek serum setine ilişkin hava veya tıkanıklık sorunları önemli oranda azalabileceğinden dolayı serum seti kaynaklı ortaya çıkabilecek olumsuzluklar

azalabilmektedir (6). Tüm bu faydalarının yanında akıllı infüzyon pompalarının oluşabilecek olası sorunları tamamen ortadan kaldırmadığı da bilinmektedir. Bu nedenle inovasyon çalışmalarına devam edilmesi önerilmektedir (9).

AKILLI İNFÜZYON POMPALARININ OLASI KOMPLİKASYONLARI

Akıllı infüzyon pompası kullanımının bazı komplikasyonları olabilmektedir. Bu komplikasyonların %10 oranında görüldüğü ifade edilmektedir. En sık görülen komplikasyon tromboflebittir. Komplikasyonlar sıklıkla hastanın yatiş pozisyonundan, kateterin bulunduğu bölge, kateterin uzun süreli durması, aşırı sıvı yüklenmesi ve ödemli deriden kaynaklanabilmektedir. Kullanılan ilaçlardan sırasıyla, prednol, dormicum, dopamin, noradrenalin ve antibiyotikler diğer ilaçlara kıyasla komplikasyon oluşumuna daha çok yol açabilmektedir (10).

AKILLI İNFÜZYON POMPASI KAYNAKLI OLUŞABİLECEK SORUNLAR

Akıllı infüzyon pompalarının kullanımı kolay olmasına rağmen cihazın kullanımıyla ilgili bazı sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu sorunlar, hastaların ölümüne, ciddi yan etkilere ve sağlık sisteminde büyük aksaklıklara neden olabilmektedir. Akıllı infüzyon pompası kaynaklı oluşabilecek sorunlar dört başlık altında değerlendirilebilir.

1- Teknolojik ve Donanım Kaynaklı Sorunlar: Cihazın yazılım ve programlama hatalarının olması. Cihazın sisteminin güncel tutulmaması nedeniyle sistemin işlem

esnasında çökebilmesi. Birden fazla ekran ve düğme kullanımı nedeniyle karmaşık programlama. Karmaşık ilaç kütüphaneleri. Yanlış veri girişine neden olan hatalı yazılım menüleri. Küçük ekranlar ve zayıf görsellik nedeniyle bilgiye erişim zorluğu. Eldivenle pompa kontrollerinin zor olması. İntravenöz (IV) tüplerin karmaşık ve düzensiz olması (11,12). Cihazlar arasında üretim standardının olmaması. Batarya süresinin yetersizliği. Cihaz modellerinin değişmesi. Alarm sistemlerindeki hatalar. Alarm yoğunluğu ve cihazın alarm vermesi durumunda bununla uğraşırken harcanan zaman. İnfüzyon setinin havasının çıkarılması ile ilgili sorunlar. İnfüzyon için kullanılan setlerin montajında yaşanan sorunlar. Kullanımı esnasında taşıma, montaj, teknolojik hakimiyet, arıza çıktığında tamir desteği gibi sorunlardan oluşmaktadır (6).

2- Kullanıcı Kaynaklı Hatalar: Eğitim eksikliği en önemli kullanıcı hatası kaynağıdır. Eğitim eksikliği nedeniyle cihaz kullanıcıları teknolojiyi yanlış kullanabilirler, yanlış verilere güvenerek klinik kararlar alabilirler. Özellikle çalışanların yanı sıra uygulama alanına giden öğrenciler de bu hatayı yapabilirler. Zaman baskısı ve iş yükü fazlalığı oluşabilir. İş yükü nedeniyle cihazla çalışırken kafa karışıklığı ve dalgınlıklar ortaya çıkabilir. İlaç pompalarının kullanımı hemşirelerde bilişsel yükün artmasına neden olabilir. Sağlık çalışanları cihaza fazla güvenirlir ve verileri sorgulamadan karar alırlarsa tıbbi hata yapabilirler (12,13). Klinik ortamın karmaşıklığı cihaz kullanımında hataları beraberinde getirebilir. Cihazın uyarılarından duyulan rahatsızlık nedeniyle cihaz uyarılarını atlama (bypass hatası) ve ilaç kitaplığını devre dışı bırakma gibi davranışlar ortaya çıkabilir. Yanlış doz veya infüzyon hızının girilmesi ile yanlış ilaç seçimi veya hatalı programlama sorunları oluşabilir. İkinci infüzyonlar ve bolus dozlarda hatalar ortaya çıkabilir (11,14,15).

3- Siber Güvenlik Riskleri: Akıllı infüzyon pompaları hastane bilgi sistemleriyle bütünleşik ve hastane internet ağlarına bağlı olursa siber güvenlik sorunları oluşabilmektedir. Cihazların hackerler tarafından ele geçirilme riski bulunmaktadır. Cihazlara kötü amaçlı yazılımlar eklenebilir. Bu şekilde hasta verileri çalınabilir, kimlik hırsızlığı yapılabilir. Bazı durumlarda infüzyon pompalarının doz ayarları değiştirilebilir. Hastaya yanlış ilaç dozları uygulanabilir. Cihazlar devre dışı bırakılabilir. Bu gibi durumları önleyebilmek için güçlü şifreleme yöntemleri kullanılabilir. Yalnızca yetkili kişilere cihaza erişim izni verilebilir. Ağ güvenliği mümkün olan en üst düzeyde sağlanabilir. Konuyla ilgili farkındalık eğitimleri oluşturulabilir (14).

4- Enfeksiyon ve Kontaminasyon Riski: Akıllı infüzyon pompaları sayesinde hastane ve hastane öncesi ortamlarda enfeksiyon riskleri azalabilmektedir. Bununla birlikte kullanım

esnasında cihaz kanüllerinin sterilite kurallarına dikkat edilmeden ve kontaminasyona maruz kalarak değiştirilmesi enfeksiyon gelişimine zemin hazırlayabilir. Bu nedenle cihaz kullanımı konusunda eğitim verilmesi önemlidir (16).

AKILLI İNFÜZYON POMPASI KULLANIMINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN NOKTALAR

Akıllı infüzyon pompalarının kullanımında dikkat edilmesi gereken bazı önemli noktalar bulunmaktadır. Cihazların doğru kullanılmaması ve teknik sorunlar hasta sağlığını riske atabilmektedir. Bundan dolayı şu noktalara dikkat edilmelidir (1,11,14,16):

- İnfüzyon pompaları kullanılırken ilaç kütüphaneleri ve doz hatası azaltma sistemleri kullanılmalıdır. İlaç kütüphanesi güncel tutulmalıdır.
- Cihazlara elle (manuel) girişler yapılmamalıdır. Cihazın uyarı sistemleri devre dışı bırakılmamalıdır. Yanlış alarm yoğunluğunu önlemek için diğer çevresel uyarılar azaltılmalıdır. Alarmlara göre oluşabilecek komplikasyonları önlemek için hekim bilgilendirilmelidir. Alarmların doğruluğu sağlık çalışanları ve teknik çalışanlar tarafından sürekli denetlenmelidir. Eksiklik veya hata öngörülüyorsa bu hatalar hızla düzeltilmelidir.
- Cihazların düzenli bakımı ve kalibrasyonları yapılmalıdır.
- Cihaz kullanılırken ikili doğrulama sistemi kullanılmalıdır. İlaç adı, dozu, konsantrasyonu ve infüzyon hızının doğru girildiğinden emin olunmalıdır.
- Özellikle yoğun bakım ve pediatrik hastaların olduğu birimler başta olmak üzere önceden belirlenmiş ilaç protokolleri kullanılmalıdır.
- Tüm sağlık çalışanları infüzyon pompası kullanımına ilişkin eğitim almalıdır.
- IV kateter hatlarının doğru bağlanması önemlidir. Bağlantı noktalarının doğruluğu için çift kontrol yapılmalıdır.
- Hava embolisini önlemek için hava filtreleri kullanılmalıdır.
- Kateter giriş noktaları steril tutulmalı ve düzenli olarak değiştirilmelidir. İşlemler esnasında eldiven ve antiseptik solüsyon kullanılmalıdır.
- Acil durumlar için yedek pil bulundurulmalıdır.
- Cihazların hastane sistemiyle eş güdümlü çalışması sağlanmalıdır. Bununla birlikte siber saldırılara karşı önlem alınmalıdır.
- Hastalar cihaza bağlı olsalar da olası komplikasyonlara karşı sürekli gözlenmelidir.
- Cihaz üzerine ilaç özellikleri ve ilacı hazırlayan sağlık çalışanlarının bilgilerin kaydedilmesi sağlanmalıdır.

AKILLI İNFÜZYON POMPALARININ AMBULANS VE ACİL SAĞLIK HİZMETLERİNDE KULLANIMI

Akıllı infüzyon pompaları sıklıkla hastanelerde yoğun bakım servisleri başta olmak üzere tüm servislerde kullanılmakla birlikte 112 kara, deniz ve hava ambulansı araçlarının gidebileceği her ortamda da çalışabilmektedir. Birçok acil durumda da durumu acil olan hastaların nakli akıllı infüzyon pompası eşliğinde gerçekleştirilebilmektedir. Bu nakiller doğrudan hastaneler arası yapılabilirken, acil durumda en yakın hastaneye girip, hastanın durumu durağan hale getirildikten sonra daha uygun hastaneye nakil şeklinde de planlanabilir.

Hasta nakilleri sırasında akıllı infüzyon pompalarının kullanımında bazı durumlara dikkat edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bunlar arasında en önemlilerinden birisi ambulansla kullanılan akıllı infüzyon cihazlarıyla hastanelerde kullanılan cihazların uyumlu olması gelmektedir. Bu sayede hasta nakillerinde gereksiz cihaz değişimi yapılmayacaktır. Bu nedenle bu cihazlar sağlık sistemine alınırken tüm sağlık sisteminde kullanılan belirli standartlara sahip cihazların alınmasının yapılması maliyet etkinlik açısından önemlidir. Ambulansla kullanılan cihazların bozuk olmaması gerekmektedir. Bundan dolayı düzenli bakımları ve kalibrasyonları yapılmalıdır. Ayrıca cihazların bataryaları sağlam ve dolu olmalıdır. Ambulanlar sadece araçtan güç alan bir yapıda oldukları için cihazların şarj ve batarya sorunlarının olması bu cihazlara ihtiyaç olduğu olgularda kullanımlarını kısıtlayabilecektir. Bundan dolayı ambulanslarda mutlaka yedek cihazlar veya yedek bataryalar bulunması ve her nöbet devir tesliminde kontrollerinin yapılması oldukça önemlidir (17). Akıllı infüzyon pompalarının soğuk, sıcak ve hareket halindeki ambulansın durumundan etkilenmesi söz konusu olabilmektedir. Bundan dolayı özellikle ambulanslarda kullanılan akıllı infüzyon pompalarının ambulansın çalışma koşullarına uygun cihazlar olması hasta güvenliği açısından önemlidir (18,19). Bununla birlikte ambulansın gittiği mesafenin ve transport süresinin de infüzyon pompasının akışında olumsuzluklar oluşturması mümkün olabilmektedir (19). Ambulanlara uygun cihazların kullanılmaması bazı durumlarda ilaç dozlarında sapmalar oluşturabilir. Ancak bu sapmaların elle kullanılan cihazlara göre oldukça az olduğu belirtilmektedir (20). Bu sapmalar neticesinde de hastalara uygulanan tedaviler etkin ve verimli olamayabilir. Hastalarda oluşabilecek ek sağlık sorunları sağlık sistemi içerisinde ek maliyetlere yol açabilir.

AKILLI İNFÜZYON POMPALARININ ACİL SAĞLIK HİZMETLERİNDE KULLANIMININ EKONOMİK ETKİLERİ

Akıllı infüzyon pompaları, sağlık sisteminde ekonomik açıdan önemli avantajlar sunmaktadır. Bu cihazların en temel ekonomik katkılarından birisi, hastanın klinik durumuna göre ilaç dozlarını hassas bir şekilde ayarlayabilme yeteneğinden kaynaklanmaktadır. Bu sayede, parenteral tedavi süreçlerinde meydana gelebilecek hatalar en aza indirilebilmektedir (21-23). Parenteral tedavi kaynaklı hataların sağlık sistemine ciddi maliyet yükü oluşturduğu bilinmektedir (24,25). Konuyla ilgili yapılan bir araştırmada ilaç hatalarının İngiltere sağlık sistemine yıllık maliyetinin 98,5 milyon pound olduğu belirtilmektedir. İngiltere'de yıllık yaklaşık 237 milyon ilaç hatası olduğu ifade edilmektedir. Bu hataların büyük oranda önemsiz hata olduğu belirtilmesine rağmen, bu hataların %54,4'ünün ilaç uygulama hatası olduğu belirtilmektedir (26). Konuyla ilgili yapılan sistematik bir derlemede (27) ilaç hatalarının birim maliyetinin 2,58 euro ile 111 bin 727 euro arasında değiştiği sonucuna varılmıştır. Özellikle hatalı ilaç uygulamaları, hastaların daha uzun süre hastanede kalmasına, hastane yatak kapasitesinin verimsiz kullanılmasına, hastaların yaşam kalitesinde düşüşe ve bazı durumlarda mortaliteye neden olarak sağlık harcamalarını önemli ölçüde artırmaktadır (23,26). Akıllı infüzyon pompaları kullanımı esnasında aynı hat kullanılarak ikinci bir infüzyon yapmanın pompalar sayesinde maliyet etkin olduğu bulunmuştur. Akıllı infüzyon pompaları kullanılarak uygulanan hidromorfon, fentanil, midazolam ve morfin ilaçlarından dört ayda 1509 şişe ilaç tasarrufu sağlanmıştır. Yıllık olarak da 5688 şişe tasarruf öngörülmüştür. İlaç tasarrufunun yıllık maliyeti 13 bin 246 Amerikan Doları, hemşire iş gücü tasarrufu da 35 bin 341 Amerikan Doları olarak hesaplanmıştır. Daha fazla ilaç için hesaplama yapılması durumunda infüzyon pompası kullanımının tasarruf oranını artırabileceği belirtilmiştir (28). Akıllı infüzyon pompalarının ilaç dozları ve infüzyon sürelerini hassas bir şekilde ayarlayabilmesi, aynı zamanda ilaç hatalarının önlenmesinde dikkate değer bir rol oynamaktadır. Akıllı infüzyon pompaları, ilaç yan etkilerini büyük ölçüde azaltarak, bu yan etkiler nedeniyle ortaya çıkabilecek ek sağlık harcamalarını engellemektedir. Konuyla ilgili yapılan bir araştırmada akıllı infüzyon pompası için yapılan bir euroluk yatırımın 2,15 euro kazanç olarak geri döndüğü tespit edilmiştir. Ayrıca sağlık sisteminde yan etkileri önlediği için 172 bin 279 euro kazanç sağladığı belirlenmiştir (29). Özellikle, cihazlara ilaç kütüphanelerinin eksiksiz şekilde yüklenmesi

ve güncellenmesi ilaç hatalarının azalmasına önemli katkı sağlamaktadır (30). 112 acil sağlık sisteminde ilaçlar hastalara acil müdahale durumları ve hasta sevkleri esnasında infüze edilebilmektedir. Bundan dolayı bu ilaçların hastaya hatasız bir şekilde uygulanması sağlık sistemine önemli oranda ekonomik katkı sağlayabilecektir.

Akıllı infüzyon pompaları, ilaçların doğru dozda ve doğru konsantrasyonda uygulanmasını sağlayarak sağlık hizmetlerinde etkinlik ve verimliliği artırmaktadır. Bu sayede sıvı tedavilerinde ünite ve litre bazında tasarruf elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Meksika'da yoğun bakımda akıllı infüzyon pompası kullanımıyla ilgili bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırma sonucuna göre infüzyon pompası kullanımı bir yılda 55 bin 850,97 Meksika Pesosu oranında tasarruf sağlamıştır. Akıllı infüzyon pompalarının geleneksel infüzyon pompalarına oranla %17,1 daha tasarruflu olduğu bulunmuştur. Bu tasarrufun IV solüsyon tüketimi ve kullanılan sıvı hacminin azalması kaynaklı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca infüzyon pompalarının hasta güvenliğini artırdığı, ilaç hatalarını azalttığı ve sağlık hizmetinin kalitesini yükselttiği ifade edilmiştir (31). Özellikle 112 acil sağlık sisteminde sıvıların bolus veya dakış (damar yolu açık kalacak şekilde) uygulanması esnasında eksiksiz doz ayarı yapılabilmektedir.

Cihazların kullanımı sırasında ilaç adı, konsantrasyonu, hasta bilgileri, ilacın hazırlandığı tarih ve saat, hazırlayan sağlık personelinin adı gibi bilgilerin tam ve eksiksiz bir şekilde kaydedilmesi gerekmektedir. Bu bilgilerin eksik girilmesi, ilaç hatalarına ve dolayısıyla ekonomik kayıplara yol açabilir (32). Bu bilgilerin tam olarak girilmesi yoluyla hastaya yapılan ilaç ve sıvı uygulamalarının tekrarlı gözden geçirilmesine imkan sağlanarak önemli ilaç hataları önlenmektedir. Bununla birlikte infüzyon pompası kullanımında, ilaçların elle hazırlanıp pompaya yerleştirilmesi yerine, üretici firmalar tarafından önceden hazırlanmış paketler kullanılması, acil sağlık çalışanlarının iş yükünü azaltırken, acil ve stresli iş durumlarında insan hatasından kaynaklanabilecek güvenlik risklerini de düşürebilecektir. Özellikle çoklu ilaç uygulamasının gerekli olduğu ciddi cerrahi operasyonlar sonrası, farklı özellikteki ilaçların birbirleriyle etkileşime girmeden güvenli bir şekilde infüzyon pompası aracılığıyla uygulanması büyük önem taşımaktadır. Böylece 112 ambulanslarıyla hasta nakilleri esnasında oluşabilecek sorunlar en aza indirilebilmektedir. Bu durum, hem sağlık çalışanlarının iş yükünü azaltmakta hem de ilaç ve sıvı uygulamalarındaki hataların azalmasıyla birlikte oluşabilecek ek hastalık maliyetlerini düşürebilmektedir. Böylece, sağlık çalışanlarının iş verimliliği de artabilmektedir (33). Konuyla ilgili yapılan araştırmalar bu bilgileri desteklemektedir. Yapılan bir araştırmada akıllı infüzyon pompalarının hastanelerde kullanımı ve elektronik sağlık kayıtlarıyla eşleştirme

yapılması sonucunda özellikle hemşireler tarafından elle ilaç dozu girişlerinin azaldığı ve bu sayede ilaç hatalarının önemli oranda düştüğü belirtilmiştir. Böylece ilaçlar daha doğru kaydedilmiştir ve hastane gelirleri artmıştır. Hastane gelirlerinin artmasında kayıp faturalandırma oranının %11,9'dan %7,4'e düşmesi etkili olmuştur. Ayrıca hemşirelerin hatalı ilaç uygulama oranı %86 azalmıştır. Böylece hastanenin yıllık ek geliri 370 bin Amerikan Doları artmıştır (34). İsviçre'de yoğun bakımlarda yapılan bir araştırmada da akıllı infüzyon pompası kullanımı sayesinde sağlık çalışanlarının hasta bakımı ve iş yüklerinin hafiflediği, ilaç hatalarının azaldığı belirtilmiştir. Akıllı infüzyon pompası kullanımı sayesinde yıllık 600 bin İsviçre Frangı tasarruf oluşabileceği belirtilmiştir (35).

Yeni nesil infüzyon pompası teknolojileri, nesnelerin interneti (IoT) teknolojileri ile beraber kullanılabilmektedir. Böylece uzaktan hasta yönetimi için önemli yenilikler ortaya çıkabilmektedir. Bu cihazlar, IV tedavilerde hassas doz ölçümü ve yönetimi imkanı sağlayarak, hastaya uygulanan sıvı ve ilaçlar hakkında gerçek zamanlı geri bildirim sunabilmektedir. Böylece, uzaktan hasta izleme süreçleri daha güvenli ve doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle 112 acil sağlık sisteminde paramedikler tarafından uygulanan tedavinin 112 komuta kontrol merkezi hekimleri ya da hastanelerdeki uzman hekimler tarafından uzaktan izlenebilmesine imkan sağlanabilmektedir. Bu sayede 112 acil sağlık sisteminde hastaların tedavileri güvenli bir şekilde başlayıp yine güvenli bir şekilde hastanede devam edebilmektedir. Böylece hastalara durağan olmayan ortamlarda yalnız başına müdahale etmek zorunda olan paramedikler hekim desteğini de anlık olarak alabileceklerdir. Bunun sonucu olarak hastalar hastaneye henüz gelmeden takip edilebilecekler, tedavileri için ön hazırlık yapılabilecektir. Bu sayede hastaların uzun süreli hastane yatışları azalabilirken, 112 acil sağlık sisteminde çalışanların iş yükleri paylaşılabilecektir. Hastaların hastanede daha kısa süre kalmalarına yardımcı olabilen bu uygulamalar, sağlık kuruluşları üzerindeki maliyet yükünü azaltabilecektir (36).

Akıllı infüzyon pompalarının kullanımının sağladığı ekonomik faydalar, cihazların belirli bir kullanım ömrüne sahip olmasından dolayı sınırlı kalabilmektedir. Cihazların verimli ve güvenilir bir şekilde çalışabilmesi için düzenli bakımlarının yapılması, amortisman maliyetlerini de beraberinde getirmektedir. Düzenli bakım, cihazların kullanım ömrünü uzatırken aynı zamanda hasta güvenliğini artırmakta ve sağlık sisteminin verimliliğine katkı sağlamaktadır. Ancak, bu bakımların ihmal edilmesi, cihazların öngörülenden daha kısa sürede işlevselliğini yitirmesine ve sağlık sistemine ek maliyetler getirmesine yol açabilir. Cihazların ömrü sona erdiğinde de yenilenmeleri gerekmektedir. Bu süreçte, eskimiş cihazların yazılımlarının güncellenmesi ya da

güncellenemiyorsa daha gelişmiş teknolojik cihazlarla değiştirilmesi zorunlu hale gelebilmektedir (37). Özellikle 112 acil sağlık sisteminde kullanılan cihazların durağan ortamlarda çalışmaması nedeniyle daha sık bakımlarının yapılması yerinde olacaktır.

Akıllı infüzyon pompaları kaynaklı önemli bir sorun pompaların kaybolabilmesidir. Kayıp pompaların nerede olduğunun bilinmemesinden dolayı akıllı infüzyon pompaları için yeni ihaleler yapılabilmekte, kayıp pompa olabileceği nedeniyle ihtiyaçtan daha fazla sayıda infüzyon pompası siparişi verilebilmektedir. Ayrıca akıllı infüzyon pompalarının sipariş verilip kullanılmaması da önemli ekonomik kayıpları beraberinde getirebilmektedir. Bu pompaların bataryalarının ve diğer bileşenlerinin kullanım ömürleri bulunmaktadır. Bu ömür içerisinde en etkili şekilde kullanılmaları önemli ölçüde maliyet tasarrufu sağlayabilecektir. İhtiyaç fazlası pompa alınıp da depolarda bekletilmesi ya da ambulanslarda kullanılmaması önemli bir ekonomik kayıp oluşturacaktır. Bununla birlikte sağlık kuruluşlarına birbiriyle uyumsuz akıllı infüzyon pompalarının alınması pompaların ihtiyaç halinde servisler ve ambulanslar arasında değiştirilmesini zorlaştırabilmektedir. Bundan dolayı yeterli sayıda infüzyon pompasının sayısal olarak var olduğu düşünülebilir. Ancak bu sayısal var oluş kullanıma yansımayaabilir (38).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Akıllı infüzyon pompaları, ilaçların doğru dozda ve güvenli bir şekilde verilmesini sağlayarak hasta güvenliğini artırmakta ve sağlık çalışanlarının iş yükünü azaltmaktadır. Bu çalışma, akıllı infüzyon pompalarının özellikle ambulans ve acil sağlık hizmetlerindeki kullanımının olası ekonomik faydalarını infüzyon pompalarının farklı sağlık hizmeti alanlarında kullanılması sonucu elde edilen sonuçlardan yararlanarak tartışmıştır. Ambulanslarda kullanılan infüzyon pompalarının hastanelerdeki cihazlarla uyumlu olması, hasta nakilleri sırasında gereksiz cihaz değişimlerinin önüne geçerek süreci kolaylaştırmaktadır. Ancak, cihazların düzenli bakımının yapılmaması, eğitim eksiklikleri ve kayıplar, sağlık kuruluşlarına ek maliyetler getirebilir.

Acil sağlık hizmetlerinde akıllı infüzyon pompalarının kullanımı, hasta güvenliği ve sağlık hizmetlerinin etkinliği açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Özellikle ambulans ve acil servislerde kullanılan geleneksel elle infüzyon yöntemleri, hızlı ve hassas ilaç uygulamalarında zaman kaybına ve doz hatalarına neden olabilmektedir. Akıllı infüzyon pompalarının bu alanda yaygınlaştırılması, hastane öncesi acil sağlık hizmetlerinde ilaç uygulamalarının daha kontrollü ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayabilir.

Uluslararası araştırmalar, akıllı infüzyon pompalarının hasta yönetiminde zaman kazandırarak sağlık çalışanlarının iş yükünü azalttığını ve ilaç hata oranlarını düşürdüğünü göstermektedir. Infüzyon pompalarının kullanılması, ilaç kullanımında doğruluğu artırırken önemli oranda tasarruf da sağlayabilmektedir. Türkiye’de acil sağlık hizmetlerinde akıllı infüzyon pompalarının kullanımı henüz sınırlıdır ve bu teknolojinin yaygınlaştırılması için çeşitli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. 112 acil sağlık ekiplerinde kullanılan infüzyon sistemlerinin modernizasyonu, ilaç doz hatalarının azaltılması ve sağlık çalışanlarının bu sistemleri etkin bir şekilde kullanabilmesi için eğitim programlarının oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca, bu pompaların uzaktan takip edilebilir hale getirilmesi ve elektronik sağlık kayıt sistemleriyle eş güdümlü hale getirilmesi, hasta verilerinin anlık olarak izlenmesini sağlayarak acil müdahale süreçlerini daha verimli hale getirebilir.

Sonuç olarak, akıllı infüzyon pompalarının acil sağlık sistemine uyumlu hale getirilmesi, hasta güvenliğini artırmanın yanı sıra sağlık sistemindeki maliyet etkinliğini de olumlu yönde etkileyebilecektir. Türkiye’de acil sağlık hizmetlerinde bu sistemlerin yaygınlaştırılması, hastane öncesi ilaç yönetimini standartlaştırarak hasta bakım süreçlerini iyileştirecek ve acil sağlık çalışanlarının müdahalelerini daha güvenli hale getirebilecektir. Bu doğrultuda, akıllı infüzyon pompalarının 112 acil sağlık hizmetlerinde kullanımına yönelik projeler geliştirilmesi, sistemin uygulanabilirliği açısından önemli bir adım olacaktır. Ayrıca akıllı infüzyon pompalarının kullanım istatistiklerinin ayrıntılı tutulması da önemlidir. Bu sayede akıllı infüzyon pompası kullanımına ilişkin ekonomik analizler yapılabilecektir. Bunun sonucunda da 112 ambulanslarında akıllı infüzyon pompası kullanımına ilişkin yapılan yatırımların verimliliği değerlendirilebilecektir.

Dipnot

Yazarlık Katkıları

Konsept: İ.Ç., Dizayn: İ.Ç., Analiz veya Yorumlama: İ.Ça., Gözden Geçirme ve Düzeltme: İ.Ç., Onaylama: İ.Ça., Yazan: İ.Ç.

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar tarafından finansal destek almadıkları bildirilmiştir.

KAYNAKLAR

1. BSS Medikal. Program & cihazlar. 2023 [Erişim tarihi: 2023 Mar 13]. Infüzyon pompası. Erişim adresi: <https://bssmedikal.com/program-cihazlar/>
2. Sankaran S, Deny J, Rajasekaran MP, Govindaraj V, Mahaif RR, Srinivasan A, et al. Design and development of a low cost, smart infusion pump to deliver medications for patients using labview interface with arduino. Int J Eng Adv Technol. 2019;9(154):753-8.
3. Wolf ZR, Hughes RG. Best practices to decrease infusion-associated medication errors. J Infus Nurs. 2019;42(4):183-92.

4. Mansour ME. Design of low cost smart infusion pump. In: 2020 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCEEE). IEEE; 2021. p. 1-5.
5. Silva RCL da, QuinellatoLouro T, Peregrino AA de F, Silva CRL da, Marta CB, Itria A. Cost-effectiveness of infusion pumps to reduce errors in a pediatric ICU. *Rev Bras Enferm.* 2019;72(3):617-23. English, Portuguese.
6. Atcı S, Karahan A. İlaç uygulamalarında infüzyon pompası cihazlarının kullanımı ve güvenliği konusunda hemşirelerin yaşadığı sorunların incelenmesi. *THDD.* 2020;1(2):1-14.
7. Ali MI. Designing a low-cost and portable infusion pump. In: 2019 4th International Conference on Emerging Trends in Engineering, Sciences and Technology (ICEEST). IEEE; 2019. p. 1-4.
8. Özlük B, Faydalı S. Hemşielikte transfüzyon yönetimi ve güvenliği: bir kalite iyileştirme çalışması. *Uluslararası Hakemli Hemşirelik Araştırmaları Dergisi.* 2017;11:32-46.
9. Sutherland A, Jones MD, Howlett M, Arenas-Lopez S, Patel A, Franklin BD. Developing strategic recommendations for implementing smart pumps in advanced healthcare systems to improve intravenous medication safety. *Drug Saf.* 2022;45(8):881-9.
10. Gök-Metin Z, Özdemir L. Determining intravenous complications in patients with infusion pumps. *HEMAR-G.* 2016;18(2-3):22-30.
11. Giuliano KK. Intravenous smart pumps. *Crit Care Nurs Clin North Am.* 2018;30(2):215-24.
12. Klarich A, Noonan TZ, Reichlen C, Barbara SMJ, Cullen L, Pennathur PR. Usability of smart infusion pumps: a heuristic evaluation. *Appl Ergon.* 2022;98:103584.
13. Hodge KS. Let's talk tech. *Clinical Nurse Specialist.* 2025;39(1):1-2.
14. Herrero L, Cano M, Ratwani R, Sánchez L, Sánchez B, Sancibrián R, et al. A review of human factors and infusion pumps: lessons for procurement. *Front Digit Health.* 2025;7.
15. Schnock KO, Rostas SE, Yoon CS, Lipsitz S, Bates DW, Dykes PC. Intravenous medication administration safety with smart infusion pumps in the neonatal intensive care unit: an observational study. *Drug Saf.* 2024;47(1):29-38.
16. Giuliano KK, Penoyer D, Mahuren RS, Bennett M. Intravenous smart pumps during actual clinical use. *J Infus Nurs.* 2021;44(3):128-36.
17. Bourn S, Wijesingha S, Nordmann G. Transfer of the critically ill adult patient. *BJA Educ.* 2018;18(3):63-8.
18. Hong KY, Kim YY, Yoo SY, Lee JH, Kim DK, Min JJ. Simulation study on flow rate accuracy of infusion pumps in vibration conditions during emergency patient transport. *J Clin Monit Comput.* 2021;35(6):1253-61.
19. del Carmen Arcentales Herrera J, Santa Cruz Belela-Anacleto A, Pedreira MLG, Kusahara DM. Influence of transport conditions on infusion pumps performance and triggering alarms: a simulation-based research. *Int Emerg Nurs.* 2022;62:101144.
20. Loner C, Acquisto NM, Lenhardt H, Sensenbach B, Purick J, Jones CMC, et al. Accuracy of intravenous infusion flow regulators in the prehospital environment. *Prehospital Emergency Care.* 2018;22(5):645-9.
21. Shah N, Jani Y. Implementation of smart infusion pumps: a scoping review and case study discussion of the evidence of the role of the pharmacist. *Pharmacy.* 2020;8(4):239.
22. Alamer F, Alanazi AT. The impact of smart pump technology in the healthcare system: a scope review. *Cureus.* 2023.
23. Sharpe EE, Corbett LM, Rollins MD. Medication errors and mitigation strategies in obstetric anesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2024;37(6):736-42.
24. Nguyen PTL, Phan TAT, Vo VBN, Ngo NTN, Nguyen HT, Phung TL, et al. Medication errors in emergency departments: a systematic review and meta-analysis of prevalence and severity. *Int J Clin Pharm.* 2024;46(5):1024-33.
25. Castro RDNS, Aguiar LB, Volpe CRG, Silva CMS, Silva ICRD, Stival MM, et al. determining medication errors in an adult intensive care unit. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(18):6788.
26. Elliott RA, Camacho E, Jankovic D, Sculpher MJ, Faria R. Economic analysis of the prevalence and clinical and economic burden of medication error in England. *BMJ Qual Saf.* 2021;30(2):96-105.
27. Walsh EK, Hansen CR, Sahm LJ, Kearney PM, Doherty E, Bradley CP. Economic impact of medication error: a systematic review. *Pharmacoepidemiol Drug Saf.* 2017;26(5):481-97.
28. Lorenzo J, Antonio D, Sarraam M, Henley C. 1355: optimizing analgesic administration with smart pumps: a value-based care strategy. *Crit Care Med.* 2025;53(1).
29. Manrique-Rodríguez S, Sánchez-Galindo AC, López-Herce J, Calleja-Hernández MÁ, Martínez-Martínez F, Iglesias-Peinado I, et al. Implementing smart pump technology in a pediatric intensive care unit: a cost-effective approach. *Int J Med Inform.* 2014;83(2):99-105.
30. Blake JWC, Fiske SM, Giuliano KK. A qualitative analysis of intravenous smart pump usability. *Nurs Open.* 2022;9(4):2171-8.
31. Palacios Rosas E, Soria-Cedillo IF, Puértolas-Balint F, Ibarra-Pérez R, Zamora-Gómez SE, Lozano-Cruz E, et al. Impact of implementing smart infusion pumps in an intensive care unit in mexico: a pre-post cost analysis based on intravenous solutions consumption. *Hosp Pharm.* 2019;54(3):203-8.
32. Choo A, Tay A, Lee SF, Foong WS, Lau JY, Abdul Shukoor NA, et al. Clinical audit on the completeness of infusion pump drug labelling in medical wards, Balik Pulau Hospital. *Electronic-Perak Medical Journal.* 2022;2(1):48.
33. Weinger MB, Kline A. Reflections on the current state of infusion therapy. *Biomed Instrum Technol.* 2016;50(4):253-62.
34. Biloft J, Finneman L. Clinical and financial effects of smart pump–electronic medical record interoperability at a hospital in a regional health system. *Am J Health-Syst Pharm.* 2018;75(14):1064-8.
35. Kosa G, Morozov O, Lehmann A, Pargger H, Marsch S, Hunziker P. Robots and intelligent medical devices in the intensive care unit: vision, state of the art and economic analysis. *IEEE;* 2022.
36. Kok CL, Ho CK, Lee TK, Loo ZY, Koh YY, Chai JP. A novel and low-cost cloud-enabled iot integration for sustainable remote intravenous therapy management. *Electronics (Basel).* 2024;13(10):1801.
37. Silva MDS, Araújo JL, Nunes GAMA, Rosa MFF, Luz GVDS, Rosa SSRF, et al. Precision and reliability study of hospital infusion pumps: a systematic review. *Biomed Eng Online.* 2023;22(1):26.
38. Kemper BPH, Koopmans M, Does RJMM. Quality quandaries*: the availability of infusion pumps in a hospital. *Qual Eng.* 2009;21(4):471-7.