

Kan Ürünleri Tedarik Zinciri

Blood Products Supply Chain



Gizem Gül Koç



Ali Kokangül

Çukurova Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, Türkiye.

ABSTRACT

In daily life, blood products are transfused as part of medical treatments or surgical operations. This shows that stock management is very important, in case of need, if the desired blood product or products are not in the stock, the patient may be lost. On the other hand, collecting blood is an action that requires constant effort; in countries where donation is voluntary, many factors such as comfort, risks, convenience and accessibility can affect the donation decision. However, due to the pandemic process in recent years, blood donations have decreased in Turkey as well as in the world. When immigration from foreign countries is added to this, blood supply chain and stock management has become more important than ever in order to procure blood, separate it into its products, store it and deliver it to patients on time. The blood supply chain consists of giving blood and blood products from the donor to the recipient, that is, the person in need of blood, testing the blood product especially for infectious diseases before giving it to the patient, processing it to separate it into its products, and finally the relevant hospital, health center, intensive care units and distribution to services. However, whatever the circumstances, sufficient blood must be collected to meet the blood demand. In supply chain terminology, a good infrastructure is needed to match supply and demand, and to collect, process and distribute blood and its products. Although different configurations of the blood supply chain are implemented in hospitals in different countries of the world, the aim is the same, that is, to meet the demand for blood products with minimum cost and minimum waste. Scientists have dealt with the issue from different perspectives and carried out different studies in order to improve each process from the donation stage to the transfer stage to the patient. The most important of these studies are the simulation of the process and the researches on the supply chain.

ÖZET

Günlük hayatta gerek tıbbi tedaviler veya cerrahi ameliyatların bir parçası olarak kan ürünleri nakli yapılmaktadır. Bu durum stok yönetiminin çok önemli olduğunu gösterir; zira ihtiyaç durumunda stokta istenen kan ürünü veya ürünleri yoksa hasta kaybedilebilir. Öte yandan kan toplamak sürekli bir çaba gerektiren bir eylemdir; bağışın gönüllü olduğu ülkelerde konfor, riskler, kolaylık ve erişilebilirlik gibi birçok faktör bağış kararını etkileyebilir. Ancak son yıllarda pandemi süreci nedeni ile dünyada olduğu gibi Türkiye’de de kan bağışları azalmıştır. Buna dış ülkelere göçler de eklenince kanı tedarik etmek, kanı ürünlerine ayırtmak, depolamak ve hastalara zamanında ulaştırmak adına kan tedarik zinciri ve stok yönetimi her zamankinden daha da önemli hale gelmiştir. Kan tedarik zinciri, kan ve kan ürünlerinin donörden yani kan bağışında bulunan kişiden alıcıya yani kan ihtiyacı olan kişiye verilmesi, kan ürününü hastaya vermeden önce özellikle bulaşıcı hastalıklar yönünden test edilmesi, ürünlerine ayırtmak için işlenmesi ve nihayetinde de ilgili hastane, sağlık merkezi, yoğun bakım üniteleri ve servislere dağıtılması süreçlerini içerir. Ancak koşullar ne olursa olsun kan talebini karşılamak için yeterli miktarda kan toplanması gerekir. Tedarik zinciri terminolojisinde arz ile talebin eşleştirilmesi, kan ve ürünlerinin toplanması, işlenmesi ve dağıtılması için iyi bir altyapıya ihtiyaç vardır. Kan tedarik zincirinin farklı konfigürasyonları, dünyanın farklı ülkelerindeki hastanelerde uygulanmakla birlikte amaç aynıdır yani kan ürünleri talebini minimum maliyet ve minimum israfla karşılamaktır. Bilim insanları farklı bakış açılarıyla konuyu ele almış bağış aşamasından hastaya nakil aşamasına kadar geçen süreçteki her bir süreci iyileştirme adına değişik çalışmalar yürütmüşlerdir. Bu çalışmalardan en önemlileri sürecin simüle edilmesi ve tedarik zincirine yönelik yapılan araştırmalardır.

Keywords:

Blood
Blood products
Donor
Supply chain

Anahtar Kelimeler:

Kan
Kan ürünleri
Donör
Tedarik zinciri

GİRİŞ

Kan ve kan ürünlerinin yönetimi insan ırkını özel olarak ilgilendiren bir sorundur. Kan ürünlerini elde etme aşamasında teknolojik gelişmeler olsa da donör kanına ve kandan üretilmiş ürünlere her zaman ihtiyaç olacağı kaçınılmaz bir gerçektir (1).

Kan sıradan bir doku örneği değildir. Bu derlemede kanın elde edilmesinden hastaya nakledilmesine kadar

geçen süreç olarak ifade ettiğimiz kan tedarik zinciri, bu süreci etkileyen faktörler, bu problemler için getirilen çözüm önerileri gözden geçirilmiş, pandemi sürecinden geçtiğimiz şu günlerde konunun önemine dikkat çekilmek istenmiştir.

KAN BAĞIŞINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER; DOĞAL AFETLER, PANDEMİ VE GÖÇLER

Değişik nedenlere bağlı olarak her gün her yaştan

Correspondence: Gizem Gül Koç, Çukurova Üniversitesi Mühendislik, Fakültesi, Endüstri Mühendisliği AD, Sarıçam, Adana, Türkiye. E-mail: gizemgkoc@gmail.com

Cite as: Koç GG, Kokangül A. Kan Ürünleri Tedarik Zinciri. Phnx Med J. 2023;5(2):56-60.

Received: 11.08.2022

Accepted: 17.08.2022



Koç ve ark.

yüzlerce insanın kan nakline ihtiyacı olmaktadır. Donör kan bağışısı oldukça düzensizdir (1). Burada deprem, sel gibi doğal afetler, savaş ve pandemiler gibi olağanüstü durumların etkisi büyüktür. Bireyler, afetlerden sırasında kan bağışısında bulunmaya isteklidir (2). Bununla birlikte, COVID-19 gibi bir pandemi diğer krizlerden çok farklıdır. Birincisi, doğal afetler ve savaş durumu gibi krizlerin aksine pandeminin herhangi bir birey için doğrudan bir sağlık tehdidi oluşturma potansiyeli olmasıdır. Bir kriz durumunda bireyler, etkilenen mağdurlara kıyasla kendilerini ayrıcalıklı hissedip yardım etme çabası içinde olsalar da söz konusu krizden kendileri etkilendiklerinde başkalarına yardım etme konusundaki kişisel yükümlülük duyguları azalabilir. İkincisi, COVID-19 son derece bulaşıcı olup hükümetler, şirketler ve bireyler için benzeri görülmemiş sorunlara yol açan kişinin kendisinin ve çevresinin sağlığına yönelik bir tehdittir. Hastalığın bulaşma riski algısı ve giderek zorlaşan koşullar (yani kısıtlamaların hafifletilmesi ve sıkılaştırılması) donör davranışını olumsuz yönde etkilemiştir. Mart 2020'de Almanya'da pandemiye kontrol altına almak adına tüm nüfusa yönelik önlemlerin alınmasını takip eden ilk haftalarda daha az kan bağışısı randevularının olması dikkat çekicidir. Bu durum pandemi nedeni ile çoğu hastane veya servislerin pandemi servisine dönüştürülmesi, rutin ameliyatlara ve tıbbi tedavilerin ertelenmesi dolayısı ile pandeminin başlangıç döneminde kan ihtiyacının azalması ile açıklanabilir (3). Ancak takip eden haftalarda, dünya genelinde tüm kan merkezleri bağışçı sayısında önemli azalmalar olduğunu ve stokların alarm verdiğini bildirmiştir (2). Bunda elektif ameliyatlara yeniden yapılmaya başlanmasının rolü büyüktür. Nitekim dünya çapında yaklaşık 28,4 milyon planlı ameliyatlara (%72,3) COVID-19 nedeniyle ertelendiği bildirilmiştir (4). Bu tablo uzun vadede daha yüksek bir kan talebini doğurmuştur. Pandemi ile ilgili diğer bir problem uzun yıllar sürecek olması, gönüllü kan bağışısının pandemiden sonra bile ciddi şekilde etkilenebileceği bu durumun kan bankaları ve toplum için ciddi sonuçlar yaratabileceğidir. Tam da burada etkin kan bağışısı/donör yönetimi çok önemlidir, çünkü özellikle bir bağışısının üzerinden ne kadar çok zaman geçerse, bağışıcının yeniden bağış yapma olasılığı o kadar azalmaktadır (5). Pandemi kadar önemli bir diğer sorun dış göçlerdir. Zira göçmen vatandaşlardan kan bağışısı alınmadığı gibi ihtiyaçları durumunda Kızılay stokunda bulunan kan/kan ürünleri kullanılmaktadır. Bütün bu nedenler kanı tedarik etmek, kanı ürünlere ayırtmak, depolamak ve hastalara zamanında ulaştırmak adına kan tedarik zinciri ve stok yönetimini her zamankinden daha da önemli hale getirmiştir. Zira ihtiyaç durumunda stokta istenen kan ürün veya ürünleri yoksa hasta kaybedilebilir. Bu olasılık, kan tedarik zinciri için karar vermenin oldukça önemli ve zor bir süreç olduğunu göstermektedir.

KAN TEDARİK ZİNCİRİ

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) kan bağışıcılarını gönüllü bağışıcılar, takas ve paralı bağışıcılar olmak üzere üç başlık altında toplamıştır. Kan ve kan ürünlerinin, toplanması, bir takım testlere tabii tutulması, ürünlere ayrılması, depolanması, dağıtımı ve hastaya nakil süreçlerinin geneline kan tedarik zinciri denir. Her ne kadar kan bağışısının büyük bir oranı gönüllü bağış ve takasa dayansa

da bağış noktalarına ulaşım, kanın ürünlere ayrıştırılması işlemi, depolama ve dağıtım hizmetleri beraberinde maliyeti de getirmektedir.

Genel olarak, verimli bir kan tedarik zinciri talebi karşılmalı ve aynı zamanda israfı ve maliyetleri en aza indirmelidir. Bağışçı gönüllüğü, bağış noktasına ulaşım (mesafe/maliyet), kan merkezindeki personelin bağışçıya yaklaşımı, kan alınmasından ürün çıktısına kadar geçen sürenin yönetimi, kan ürünlerini sınırlı raf ömrü, yetersiz stok gibi pek çok bileşen tedarik zincirinde aksaklıklara yol açar. Sistemin uygunluğu, özellikleri ve karmaşıklığı göz önüne alındığında, tüm aşamalarında karar verme sürecini desteklemek için sağlam metodolojiler geliştirmek gerektiği, insan hayatı tehlikede olduğunda, kan tedarik zincirinin gerçek dünyadaki önemi aşikardır.

KAN TEDARİK ZİNCİRİ PROBLEMLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Katsaliaki ve Brailsford'a göre, ürünler ve alt ürünler dahil olmak üzere kandan yüzden fazla farklı ürün elde edilebilir ki eritrositler ve trombosit suspansiyonu, plazma, ve kriyopresipitat bunların en önemlileri olarak kabul edilir (6). Kan ve kan ürünlerinin kendine has özellikleri vardır. Kan grupları, uyumlulukları ve kan ürünlerinin farklı raf ömürleri gibi faktörler karar verme sürecini karmaşık hale getirmektedir. Trombosit ve eritrosit suspansiyonu, taze donmuş plazma plazma ve kriyopresipitatın farklı raf ömürleri vardır. Trombositler sadece 5 günlük raf ömrü ile en kritik bileşendir, bunu 42 gün ile eritrosit ve son olarak bir yıl ile plazma ve kriyopresipitat takip eder. Bu, bir kan ürününün raf ömrü sona ermeden önce transfüze edilmemişse imha edilmesi gerektiği anlamına gelir.

Sağlıklı, süregelen ve ucuz kan temini ile ilgili ürünün bozulabilirliği göz önüne alınarak "bozulabilir envanter" yönetimi ile ilgili kapsamlı bir literatür vardır. Kan tedarik zinciri, 1960 yılından bu yana araştırmacıların ilgi odağı olmuş, konuya ilgi 1970-1980'li yıllarda giderek artmıştır. Özellikle bozulabilir olması gerçeğinden hareketle, etkili yöntemlerin geliştirilmesine çalışılmıştır (7).

Veinott, durağan talep varsayımı altında bir periyodik gözden geçirme politikası geliştirmiştir. Sonuçlar, bozulabilir envanter için optimal sipariş politikalarının, bozulmayan duruma yakından karşılık geldiğini göstermektedir. Optimal sipariş miktarları, Q^* ekonomik sipariş miktarı (EOQ), talep oranı ve ömür formülü ($EOQ = Q^* = \sqrt{2 AD/2}$) ile hesaplanır (8). Rasgele arz ve rasgele talep karşısında kan teminini aksaksız bir şekilde sürdürebilmek için yeterli düzeyde kan stoğuna sahip olmak gerekir.

Jennings'e göre kan merkezlerinde envanter kontrolünde ortaya çıkan problemler birkaç nedenden dolayı son derece karmaşıktır. Bunun nedenleri;

1. Arz ve talebin rastgele olması,
2. Yapılan çalışmalarda belirli bir hasta için talep edilen, cross-match (hastanın ve kan verecek kişinin kanlarının uyumlu olup olmadığını belirleyen süreç) yapılan ve hastanın kullanımı için rezerve edilen kanların yaklaşık %50'sinin sonuçta o hasta için gerekli olmadığına belirlenmiş olması,
3. Kanın bozulabilir bir ürün ve mevcut yasal ömrünün en fazla 21 gün ile sınırlı olması,
4. Her kan merkezinin tipik olarak bir dizi başka kan

merkezi ile etkileşime ve iletişime girmesidir (9). Pierskalla ve Roach, çabuk bozulan envanter problemini çözme adına sistemin verimliliğini maksimize etmek, karşılanmayan kan/kan ürün miktarını ve kullanılmayan çok eski tarihli kan/kan ürünlerinin miktarının azaltmak üzere üç amaç fonksiyonu belirlemiştir. Bu amaç fonksiyonları için First in First Out (ilk giren ilk çıkar yöntemi - FIFO) yönteminin optimal olduğunu göstermeye çalışmışlardır. Bunu kanıtlamak için bir dinamik programlama formülasyonu kullanmışlardır. FIFO yöntemine göre kanlar sıraya alınır. Bu sıra, kan/kan ürünlerinin temin edilme tarihine göre belirlenir. Önce stoğa giren kan listenin başında yer alırken daha sonra stoğa giren kanlar listede arka sıralara yerleştirilir. Bu şekilde sıralama yapıldıktan sonra kan/kan ürünlerinin kullanımı listeye göre gerçekleştirilir. Böylece kan/kan ürünlerinin imha edilmesinin önüne geçilmiş olur. Nitekim çalışmalarının sonunda FIFO yönteminin tüm amaç fonksiyonları için en iyi uygulamalardan biri olduğunu kanıtlamışlardır (10). Brodheim ve ark., Markov zincir yaklaşımı kullanarak kan/kan ürünlerinin ortalama raf ömrü ve ortalama imha süreleriyle ilişkili bir envanter modeli geliştirmiştir (11). Pierskalla ve ark., kan bankacılığı tedarik zincirini stratejik yönden ele almışlar ve

1. Kan bankacılığı hangi lokasyonlarda yapılmalı,
2. Kan bağıışı alma ve kan nakli (transfüzyon hizmetleri), hangi kan merkezlerine verilmeli,
3. Bir bölgede kaç tane kan merkezi olmalı,
4. Kan merkezleri nerede olmalı ve
5. Talep ve arz nasıl koordine edilmeli gibi sorulara cevap bulmaya çalışmışlardır (12).

Bu sorular dışında kan alma, birden fazla kan ürünü elde etme, envanter seviyelerini belirleme ve kontrol etme, kanın hastanelere tahsisi, birden fazla bölgeye kan ve kan ürünleri verme gibi konularda optimal kararlar alma ile ilgili birçok taktiksel operasyonel yöntemler hakkında bilgiler aktarmışlardır (12).

Kendall ve Lee, Bölgesel Kan Merkezleri'nde kan/kan ürünlerinin bozulmasını dolayısı ile imha edilmesini azaltmak, transfüze edilen kanların kalitesini artırmak, aynı zamanda kan merkezindeki maliyetleri ve stokta ürün bulundurmamaktan kaynaklanan maliyetleri kabul edilebilir seviyede tutabilmek için hedef programlama yöntemini kullanmıştır. Stok seviyeleri, ulaşılabilir taze kan, kanın bozulması, üretim tarihi ve kan toplama maliyetini programlamanın hedef kısıtları olarak belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, fazla kan/kan ürünü stoklamanın önüne geçilmiş, yeterli sayıda taze kan talepleri karşılanmış ve sonuçta ihtiyaç duyulan donör miktarı azaltılmıştır (13).

Prastacos ve Brodheim, Programlanmış Kan Dağıtım Sistemi (PBDS) adı verilen prototip bilgisayar tabanlı bir yazılım programı geliştirmişlerdir. Bu program ile

1. Bölgede ihtiyaç duyulan minimum ulaşılabilir kan/kan ürünü miktarı,
2. Kan ürünlerinin yeterli olmadığı durumlarda yapılması gereken B planı,
3. Bu hedefe ulaşmak için gerekli etkin kan dağıtım politikası,
4. Alternatif hedeflere ulaşmak için bölgesel arz düzeyi

gibi soruların cevabını bulmaya çalışmışlardır (14).

Omosigbo, bozulabilir ürünlerin kullanım olasılığını hesaplamak için genel bir formül öne sürmüştür. Bir ürünün sabit ömürlü bozulabilir envanter sisteminde kullanılma olasılığı için bir tahmin edici önermiş ve bu tahmin ediciyi sistemin önemli çalışma özelliklerini belirlemek için kullanmışlardır. Sabit bozulabilir envanter sisteminde, en önemli performans ölçütleri olan arzı karşılayamama ve bozulmayı matematiksel ifadelerle ortaya koymuşlardır. Çalışma sonucunda FIFO yönteminin pratikte oldukça işe yarar bir uygulama olduğunu bildirmişlerdir (15).

Rytila ve Spens, kan tedarik zincirini daha etkili yönetebilmek için eksik kan ürünü miktarı ve içeriği, donörden kan temin etme süresi, eski tarihli ürünleri azaltma gibi değişik faktörleri dikkate alan farklı senaryoları simülasyon programı ile çalışmışlar, sonuçta farklı kan gruplarındaki bozulmaları azaltmayı ve stok maliyetini minimize etmeyi başarmışlardır (16). Erickson, bir hastane Kan Merkezi'nde, kan tedarikinin sürdürülebilirliğini sağlamak adına kapsamlı bir acil eylem planı geliştirmiştir. Çalışmasında değişik acil durum senaryoları oluşturup, problemlerin çözümüne dayalı bilgisayar tabanlı bir felaket tahmin modeli tasarlamıştır (17). Ghandforoush ve Sen, mobil kan merkezlerinde trombosit üretimi ve bu ürünün kan merkezlerine etkin dağıtılmasında karar destek sistemini kullanmışlardır. Bu yöntem ile talep ve tedarik çok hızlı karşılanmasını sağlamış, fazla stoğun önüne geçerek maliyeti minimize etmişlerdir (18). Zhou ve ark., yaptıkları simülasyon çalışmalarında küçük hastanelerin gün aşırı, yoğun hastanelerin günlük kan sipariş vermesi gerektiğini göstermişlerdir (19).

Stanger ve ark., en iyi uygulama ilkelerini belirlemek için hastane transfüzyon laboratuvarlarındaki eritrosit envanter yönetimine odaklanmış ve kullanım süresi dolmasından kaynaklanan kayıpları minimize edecek önerilerde bulunmuşlardır. Çalışmaya dahil edilen hastanelerde transfüzyon laboratuvarı yöneticileri ile düşük israf ve iyi envanter yönetimi uygulamalarının etkenlerini belirlemeye çalışmışlardır. En iyi envanter yönetiminin karmaşık envanter modelleri ve algoritmalarının kullanılması olduğu, yetenekli, hizmet içi düzenli eğitim alan, deneyimli transfüzyon laboratuvarı personeli varlığının, elektronik çapraz eşleşme (cross-match), envanterin şeffaflığı ve basit yönetim prosedürlerinin performansı iyileştirdiğini göstermiştir (20). Li ve Liao, bir kan tedarik zincirindeki optimal parametreleri tahmin etmek için sinir ağları ve genetik algoritmalarla birleştirilmiş Taguchi yöntemini kullanarak bir model geliştirmiştir. Bu yöntem, metodoloji, optimal minimum ve maksimum envanterlerin yanı sıra donörlerin kan merkezlerine ulaşım yüzdesinin oranının bulunmasını sağlamaktadır (21). Duan ve Liao, rutin dışındaki kan taleplerini karşılayamama yüzdesini en aza indirmeyi amaçlayan bir optimizasyon modelinde belirsizliği dahil ederek bozulabilir ürünlerin tedarik zinciri envanter yönetimi için bir simülasyon optimizasyon modeli önermişlerdir (22).

Elston ve Pickrel, bir hastane Kan Merkezi'nde kan sipariş ve kullanım politikalarını belirlemek için simülasyon çalışması yapmışlar, çalışmalarında daha önce söylenenlerin aksine en uygun stok seviyelerinin

Koç ve ark.

son kullanma tarihi en eski olan kan veya ürününün ilk önce kullanılmasıyla gerçekleşmediğini ve bu uygulamanın en iyi politika olmadığını ileri sürmüşlerdir. Kan merkezinden talep edilen kan veya kan ürününün son kullanım tarihinin dikkate alınmadığı durumlarda bozulmaların en az olacağını belirtmişlerdir. Bunun aksine talep edilen kanın son kullanım tarihleri dikkate alınarak yeni hazırlanan ürünlerin öncelikli olarak kullanıldığı durumlarda bozulmaların biraz daha fazla olabileceğini ortaya koymuşlardır (23). Tam kan envanteri problemini sınıflandıran ilk çalışma Jennings tarafından yapılmıştır. Jennings, hastane Kan Merkezi'nin performansını değerlendirmek için simülasyon modeli kullanmıştır. Envanterin geçmiş bilgilerini ve eksikleri gösteren takas eğrilerini keşfeden ilk araştırmacıdır. Jennings, kan tedarik zincirinin nasıl işlediğinin temellerini açıklamıştır ve performansın 3 temel ölçütünün ürünün olmaması, israf, nakliye ve maliyeti olduğunu ileri sürmüştür (9). Cohen ve Pierskalla, muhtemel yeterli kan temin edememe yüzdesine ait problemleri göz önünde tutarak yeterli eritrosit teminini sağlamak için basit bir karar modeli önermişlerdir. Regresyon teknikleri ile simülasyon yöntemlerini birlikte kullanarak, günlük talep, ortalama aktarım, cross-match oranı ve cross-match serbest bırakma süresine bağlı olan bir hedef stok yöntemi geliştirmişlerdir. Modelleme tekniklerini, mevcut envantere minimum toplam maliyetle maksimum düzeyde yararlanmayı sağlayacak birkaç kritik noktada, karar vermeye izin verecek şekilde genişletmişlerdir (24). Brennan ve ark. bir Kan Merkezi'nde üç farklı senaryo üzerinden simülasyon modeli oluşturmuş, donörlerin kuyrukta bekleme oranlarını ve birimler arası transfer sürelerini minimize etmeyi hedeflemişlerdir. İki, üç birimdeki süreçleri birleştirerek, donör kabul, kuyrukta bekleme ve kanın ilgili yere transfer sürelerini azaltmışlardır (25). Fontaine ve ark., bir Kan Merkezi'nde transfüze edilen ışınlanmamış eritrosit veri setini analiz ederek stoktaki torbalanmış

eritrositlerin ortalama yaşını belirlemişlerdir. Raf ömürleri farklı olan kanlar için geliştirdikleri simülasyon modelinde altı senaryo tanımlamışlardır. Daha kısıtlayıcı raf ömür kuralları uyguladıklarında eritrositlerin hazır bulunma oranlarında artış, bozulma oranlarında ise düşüş olduğunu saptamışlardır (26).

Kan/kan ürünün temin etme onu etkin kullanma adına hükümetler, klinisyenler, biyologlar, mühendisler ortak çalışmalara imza atıp etkin stok yönetimi, maliyeti ve imhayı minimize etme adına ortak çalışmalar yürütmektedir. Bu çalışmalar tabii ki çok kıymetlidir. Bir diğer önemli nokta kayıtlı donörleri davet etme ve onları kan vermeye özendirir. Wevers ve ark. yaptıkları çalışmada davet edilen bağışçıların %55'inin bağış için geri döndüğünü, %45'inin ise geri dönmediğini ortaya koymuştur. Geri dönmeye karar veren ve geri dönmeyen bağışçıların özellikleri araştırıldığında yaş almış erkek bağışçıların geri dönme olasılıklarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Benzer demografik özellikleri taşıyan kadınlarda da bu oran yüksek olmakla birlikte erkek cinsiyete göre düşük olduğu belirlenmiştir. Kan merkezine kan bağışı yapmayacaklarını bildiren bağışçıların öne sürdükleri en önemli nedenin yeterli zamanlarının olmamasıdır. Ayrıca baş ağrısı varlığı gibi kan bağışına engel teşkil etmeyen genel fiziksel problemler nedeniyle bağışı ertelemeyi tercih ettikleri de dikkati çekicidir. Bu durum donörlerin kan transfüzyonunun aciliyet gereken bir durum olduğunun farkında olmadıklarını göstermektedir. **SONUÇ**

Kan tedarik zinciri bağışçıdan ürünün hastaya transfüzyonuna kadar geçen bir halkalar silsilesidir. Bu basamaklardan herhangi birindeki aksama donör ve hasta için hayati komplikasyonlara neden olabilir. Bu sürecin sağlıklı yürütülmesi adına her kan merkezinde tedarik zincirine yönelik matematiksel modellemeler yapılmalıdır. Zira her kan merkezinin kendi içinde farklı kan ürünü ihtiyacı, bölgesel ve yönetsel özellikleri olabilir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu çalışmada herhangi bir çıkarı dayalı ilişki olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik: Etik izin gerekmemektedir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışmada finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

Son onay: Tüm yazarlar tarafından onaylanmıştır.

Bu makale "Kan Ürünleri Tedarik Zinciri Optimizasyonu" başlıklı doktora tezinin genel bilgilerinden derlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Belien J, Force H. Supply chain management of blood products: A literature review. *European Journal of Operational Research*. 2012; 217(1):1-16.
2. Veseli B, Sandner S, Studte S, Clement M. The impact of COVID-19 on blood donations. *PLoS One*. 2022;17(3):e0265171.
3. Haw J, Holloway K, Masser B, Merz EM, Thorpe R. Blood donation and the global COVID-19 pandemic: Areas for social science research. *Vox Sang*. 2021;116(4): 363-365.
4. COVID Surg Collaborative. Elective surgery cancellations due to the COVID-19 pandemic: Global predictive modelling to inform surgical recovery plans. *Br J Surg*. 2020;107(11): 1440-1449.
5. Thomas SA, Feng S, Krishnan TV. To retain? To upgrade? The effects of direct mail on regular donation behavior. *Int J Res Mark*. 2015;32(1): 48-63.
6. Katsaliaki K, Brailsford SC. Using Simulation to Improve the Blood Supply Chain. *Operational Research for Emergency Planning in Healthcare*. 2007(1): 353-372.
7. Nahmias S. Perishable Inventory Theory: A Review. *Operations Research*. 1982;30(4): 680-708.
8. Veinott AF. Optimal Policy for a Multi-Product, Dynamic, Nonstationary Inventory Problem. *Management Science*. 1965; 12(3): 151-315.
9. Jennings JB. Blood Bank Inventory Control. *Management Science*. 1973;19(6): 593-715.
10. Pierskalla WP, Roach CD. Optimal Issuing Policies for Perishable Inventory. *Management Science*. 1972;18(11): 603-614.
11. Brodheim E, Cyrus D, Gregory P. On the Evaluation of a Class of Inventory Policies for Perishable Products Such as Blood. *Management Science*. 1975; 21(11):1320-1325.
12. Pierskalla WP, Sasseti R, Cohen M, Deuermeyer B, Marritt R, Consolo J, et al. Regionalization of Blood Banking Services. In *Executive Summary, edited by The Kendall KE, Lee SM. Formulating Blood Rotation Policies with Multiple Objectives. Management Science*. 1980; 26(11): 1145-1157.

13. Prastacos GP, Brodheim E. "PBDS: A Decision Support System for Regional Blood Management. *Management Science*. 1980;26(5): 451–463.
14. Omosigho SE. Determination of Outdate and Shortage Quantities in the Inventory Problem with Fixed Lifetime. *International Journal of Computer Mathematics*. 2002;79(11): 1169–1177.
15. Ryttilä JS, Spens KM. Using Simulation to Increase Efficiency in Blood Supply Chains. *Management Research News*. 2006; 29(12); 801–819.
16. Erickson ML, Champion MH, Klein R, Ross RL, Neal ZM, Snyder EL. Management of Blood Shortages in a Tertiary Care Academic Medical Center: The Yale-new Haven Hospital Frozen Blood Reserve. *Transfusion*. 2008; 48(10): 2252–2263.
17. Ghandforoush P, Sen TK. A DSS to Manage Platelet Production Supply Chain for Regional Blood Centers. *Decision Support Systems*. 2010; 50(1): 32–42.
18. Zhou D, Lawrence CL, William P. Inventory Management of Platelets in Hospitals: Optimal Inventory Policy for Perishable Products with Regular and Optional Expedited Replenishments. *Manufacturing & Service Operations Management*. 2011;13 (4): 420–438.
19. Stanger SHW, Yates N, Wilding R, Cotton S. Blood Inventory Management: Hospital Best Practice. *Transfusion Medicine Reviews*. 2012; 26(2): 153–163.
20. Li YC, Liao HC. The Optimal Parameter Design for a Blood Supply Chain System by the Taguchi Method. *International Journal of Innovative Computing Information and Control*. 2012; 8(11): 7697–12.
21. Duan, Q, Liao TW. A New Age-based Replenishment Policy for Supply Chain Inventory Optimization of Highly Perishable Products. *International Journal of Production Economics*. 2013; 145(2): 658–671.
22. Elston RC, Pickrel JC. A Statistical Approach to Ordering and Usage Policies for a Hospital Blood Bank. *Transfusion*. 1963; 3(1): 41–47.
23. Cohen MA, Pierskalla WP. Target Inventory Levels for a Hospital Blood Bank or a Decentralized Regional Blood Banking System. *Transfusion*. 1979;19(4): 444-454.
24. Brennan JE, Golden BL, Rappoport JK. Go with the Flow: Improving Red Cross Bloodmobiles Using Simulation Analysis. *Interfaces*. 1992; 22(5):1-13.
25. Fontaine MJ, Yenho TC, Feryal E, Goodnough LT. Age of Blood as a Limitation for Transfusion: Potential Impact on Blood Inventory and Availability. *Transfusion*. 2010;50(10): 2233–2239.
26. Wevers A, Wigboldus DHJ, Kort WLAM, van Baaren R, Veldhuizen IJT. Characteristics of donors who do or do not return to give blood and barriers to their return. *Blood Transfus*. 2014; 12(Suppl 1): 37–43.