



Kan Transfüzyonu Güvenliğini Sağlamada Yapay Zekâ Teknolojileri

Artificial Intelligence Technologies to Ensure Blood Transfusion Safety

  Gülsüm Kaya¹,  Nesrin Gareayaghi^{2,3},  Mustafa Altındış⁴

¹Yalova Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Destek ve Kalite Hizmetleri Müdürlüğü, Yalova, Türkiye

²Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Şişli Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul, Türkiye

³Sakarya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kan Bankacılığı Transfüzyon Tıbbi, Yüksek Lisans Öğrencisi, Sakarya, Türkiye

⁴Sakarya Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye

ORCID ID: Gülsüm Kaya: <https://orcid.org/0000-0003-2517-5512>, Nesrin Gareayaghi: <https://orcid.org/0000-0002-0812-1128>

Mustafa Altındış: <https://orcid.org/0000-0003-0411-9669>

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Gülsüm Kaya, e-posta / e-mail: gulsumkaya78@gmail.com

Geliş Tarihi / Received : 18-03-2024

Kabul Tarihi / Accepted: 22-04-2024

Yayın Tarihi / Online Published: 30-04-2024

Kaya G., Gareayaghi N., Altındış M. Artificial intelligence technologies to ensure blood transfusion safety. J Biotechnol and Strategic Health Res. 2024; 8(1):23-31

Öz

Kan transfüzyonu gerek tıbbi tedaviler veya cerrahi ameliyatların bir parçası olarak günlük hayatta yoğun bir şekilde hastalara uygulanmaktadır. Yaşamı tehdit eden durumların tedavisinde hayat kurtarmakla birlikte kan transfüzyon işleminin uygulama sürecinde bazı önemli riskler de bulunmaktadır. Kan transfüzyonuna hastanın klinik durumu uygun olsa da; transfüzyon sürecinde hatalı uygulamalar meydana gelebilir ve istenmeyen transfüzyon reaksiyonları gelişebilir. Daha önce insan gücünü gerekli kulan süreçleri veya görevleri otomatikleştirerek kurumsal performans ve üretkenliği artıran yapay zekâ (YZ) teknolojileri, kan transfüzyon süreci yönetiminde ve güvenlik önlemlerinin artırılmasında önemli rol oynayabilir. YZ ile kan bağışi süreçlerinin optimize edilmesi, kan stoklarını yönetilmesi, taleplere uygun şekilde dağıtılması ve kan bağışçılar ile alıcıların verileri yönetilerek uygun kan eşleştirilmesi yapabile potansiyeline sahiptir. Ayrıca YZ ile kan ürünlerinin kalitesi izlenebilir ve kontrol edilebilir. Otomatik görüntüleme ve analiz sistemleri, kan bileşenlerinin doğruluğunu ve bütünlüğünü değerlendirebilir, böylece kalite kan kontrol süreçleri iyileşebilir. Hasta güvenliği ve transfüzyon güvenliğinin korunmasında etiketleme hatalarını önlenmesi, uygun kan eşleştirilmesi yapılması ve transfüzyon reaksiyonlarını izlenmesi için YZ teknolojileri kullanılabilir. Bununla birlikte YZ ile hastaların tıbbi geçmişi, alerji geçmişi ve diğer faktörleri göz önünde bulundurularak olası reaksiyonların önceden belirlenmesi, hastaların kan transfüzyonuna verdiği tepkilerin tahmin edilmesi ve sürecin yönetilmesi sağlanabilir. YZ teknolojileri kan transfüzyonu güvenliğini arttırmada birçok uygulama ve avantajlara sahip olmakla birlikte bu uygulamaların kullanımında bazı güçlükler ve sınırlamalar bulunmaktadır. Bu derlemede amaç, kan transfüzyonu alanında gelecekte yapılacak YZ tabanlı çalışmalarını ile kan transfüzyonu sistemlerinin etkinliğini ve güvenilirliğini incelemektir.

Anahtar Kelimeler Kan transfüzyonu, transfüzyon güvenliği, yapay zekâ

Abstract

Blood transfusion is applied extensively to patients in daily life, both as a part of medical treatments or surgical operations. Although it saves lives in the treatment of life-threatening conditions, there are also some significant risks in the application process of blood transfusion. Even if the patient's clinical condition is suitable for blood transfusion; Erroneous practices may occur during the transfusion process and undesirable transfusion reactions may occur. Artificial intelligence (AI) technologies, which increase organizational performance and productivity by automating processes or tasks that previously required manpower, can play an important role in blood transfusion process management and increasing safety measures. AI has the potential to optimize blood donation processes, manage blood stocks, distribute them in accordance with demands, and make appropriate blood matching by managing the data of blood donors and recipients. Additionally, the quality of blood products can be monitored and controlled with AI. Automated imaging and analysis systems can evaluate the accuracy and integrity of blood components, thus improving quality blood control processes. AI technologies can be used to prevent labeling errors, perform appropriate blood matching, and monitor transfusion reactions in protecting patient safety and transfusion safety. However, with AI, it is possible to determine possible reactions in advance, predict patients' reactions to blood transfusion and manage the process by taking into account the patients' medical history, allergy history and other factors. Although AI technologies have many applications and advantages in increasing blood transfusion safety, there are some difficulties and limitations in the use of these applications. The aim of this review is to examine the effectiveness and reliability of blood transfusion systems through future AI-based studies in the field of blood transfusion.

Keywords Blood transfusion, transfusion safety, artificial intelligence

GİRİŞ

İnsandan insana kan nakli, 19. yüzyılın başlarında, sağlıklı donör ile alıcının kanı arasında uyumluluğa izin veren kan grubu antijenleri A ve B'nin keşfiyle klinik bir gerçeklik haline gelmiştir. Geçtiğimiz yüzyılda kan grubu ve uyumluluk verilerinin doğru şekilde belgelenmesi ve arşivlenmesi ihtiyacı giderek artan bir sorun haline gelmiştir. İkinci Dünya Savaşı, verilerin daha güvenli izlenebilirliğine ve geri alınabilirliğine olanak tanıyan ilk ilkel mekanik veri işleminin tanıtılmasıyla gelişime özel bir ivme kazandırmıştır. Verilerin daha iyi toplanması ve saklamasına yönelik teknolojilerinin eşzamanlı olarak gelişimi, kanın donörden kan bankasına alınmasına ve ihtiyaç olan bireylere ulaştırılmasına olanak sağlamıştır. Kan transfüzyonu otomasyon süreçlerinde makine öğreniminin kullanılmaya başlanması, tekdüzelik ve standardizasyona olanak sağlamış, ardından transfüzyon ihtiyaçlarını ve uyumluluğu tahmin etmek için derin öğrenme algoritmalarının geliştirilmesi, hasta bakımının güvenliğinin iyileştirilmesine katkıda bulunmuştur. Derlememizde kan transfüzyonu ve yapay zekâ çalışmalarından önce kan transfüzyon süreçleri gözden geçirilecektir.

Kan Transfüzyonu

Günlük hayatta yoğun bir şekilde hastalara uygulanan kan transfüzyonu, tedavi veya cerrahi girişimler gibi tıbbi nedenlerden dolayı kaybedilen kan ve kan ürünlerinin yerine konmasını sağlayan yaşam kurtarıcı bir tıbbi müdahaledir.¹ Küresel düzeyde en yaygın klinik uygulamalardan biri olan kan transfüzyonu, bir sıvı infüzyonu değil, bir doku veya organ naklidir.² Kan transfüzyonu, yaşam kurtaran ve sağlığı iyileştiren bir tıbbi tedavi yöntemi olduğu için dünyada yılda yaklaşık 112 milyon ünite kan bağışı toplanmakta ve 14 milyon ünite kan transfüzyonu yapılmaktadır. Ayrıca, kan transfüzyonu hem donör hem de kan alıcı hasta için istenmeyen olaylara veya kazalara yol açabileceğinden dolayı bazı riskler de bulundurmaktadır.^{2,3} Bu nedenlerden dolayı kan ve kan ürünleri güvenliği hasta bakımını iyileştirmede ve hasta güvenliğinin korunmasında önemli bir bileşendir.

Hasta güvenliği, sağlık kurumlarında sağlık hizmeti sunumunda hastanın karşılaşılabileceği olumsuzluk ve kazaların önlenmesi, olumsuz etkilerin ve yan etkilerin iyileştirilmesi veya hafifletilmesi amacıyla alınan önlemlerin tümü olarak tanımlanmaktadır.⁴ Sağlık hizmeti sunumunda önlenemez tıbbi hatalardan dolayı 300'de bir oranında hastanın hayatını kaybetme riskinin bulunduğu düşünülmekte ve tıbbi hatalar nedeniyle her 10 hastadan birinin zarar gördüğü belirtilmektedir.⁵

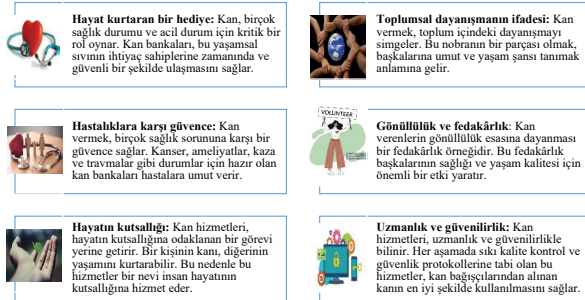
Sağlık hizmetleri kalitesinin öncelikli hedeflerinden biri hasta güvenliğinin korunması ve tıbbi hataların önlenmesidir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre her yıl yaklaşık 10 milyon birey gelişen tıbbi hatalardan dolayı yaralanmakta, sakat kalmakta veya hayatını kaybetmektedir. En yaygın görülen tıbbi hatalar; yanlış ilaç uygulamaları, anestezi ve cerrahi hataları, tıbbi yaralanmalar, sağlık bakımı ilişkili enfeksiyonlar, güvenli olmayan enjeksiyon uygulamaları, güvenli olmayan kan ve kan ürünleri transfüzyon uygulamaları, hasta düşmeleri ve uzun dönem yatışa bağlı gelişen basınç ülserleri olarak sıralanabilir. Kan transfüzyonu güvenliği hasta güvenliği açısından önemli yere sahiptir. Yapılan bir çalışmada; ilaç hatalarıyla oluşan mortalite oranı kan transfüzyon hatalarına bağlı oluşan mortalite oranından daha az olduğu bildirilmiştir. Her iki kan transfüzyonu hatasından biri ölüme neden olmaktadır. Kan transfüzyonu hatalarına göre ilaç hataları, çok az daha masumdur.⁶ Kan transfüzyonu uygulama öncesi, transfüzyon sırasında ve transfüzyonu sonrasında hasta güvenliği açısından tüm sürecin farkında olunmalı ve sıkı takip yapılmalıdır.⁷

Hasta güvenliğine yönelik DSÖ tarafından 2020 yılında yayınlanan "Küresel Hasta Güvenliği Eylem Planı 2021–2030" adlı küresel eylem planında "Sağlıkta kimsenin zarar görmediği, her hastanın her zaman, her yerde güvenli ve saygılı bakım gördüğü bir dünya" vizyonu amaçlanmıştır.⁸ Yaşamı tehdit eden durumların tedavisinde hayat kurtarıcı bir tıbbi müdahale olan kan transfüzyon prosedüründe hasta güvenliğini sağlamak için bir dizi önlem

almak gereklidir. Güvenli kan transfüzyonunun temel unsurları, kan bağışısı yapan donörlerin ve kan alıcı hastaların kan grubu uyumu, enfeksiyon riskini azaltılması amacıyla kan ürünleri testlerinin titizlikle yapılması ve doku tipi eşleştirmesi gibi faktörlerdir. Bununla birlikte kan transfüzyonu esnasında gelişebilecek reaksiyonları tanımlamak ve tedavi etmek amacıyla sürekli izlemek de önemlidir. Bu tedbirler, etkin ve güvenli kan transfüzyonunun sağlanması için kritik öneme sahiptir.^{9,10}

Kan Transfüzyon Hizmetleri ve Kan Bağışlamanın Önemi

Hastalık veya kaza sonucunda her yıl binlerce birey kan bulamadığı için hayatını kaybetmektedir. Ülkemizde, 2023 yılında 2 milyon 674 bin 375 ünite kan bağışısı yapılsa da sürekli kana ihtiyaç duyulmaktadır.¹¹ Kanın tek kaynağı insandır. Bu yaşamsal öneme sahip sıvının eşdeğeri yoktur. Bu nedenle kan bağışlamak, hayat kurtarmakla eş değerdir. Kan bağışısı, kan bekleyen binlerce insanın hayatını kurtarmakla birlikte, kan vericisi donörün de sağlığına olumlu katkı sağlamaktadır. Kan bağışısında bulunmanın faydaları Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kan bağışısında bulunmanın faydaları

Transfüzyon Güvenliği

Kan transfüzyonunda hasta odaklı, kanıt temelli, kaliteli ve etkin hasta bakımı sağlamanın yanında, hastaların yönetimi ve kan ürünlerinin transfüzyonunu optimize etmek için sistematik yaklaşım gereklidir.¹² Ülkemizde kan transfüzyonu işlemlerinin güvenli ve etkili bir şekilde yürütülmesi için Sağlık Bakanlığı tarafından Ulusal Kan ve Kan Bileşenleri Hazırlama, Kullanım ve Kalite Güvencesi Reh-

beri yayınlanmıştır. Kan transfüzyon süreçlerinden olan kan bağışısı temel ilkeleri, kan bağışısı süreci, kan alım işlemi sırasında doldurulması gerekli formlar ve uygulanan testler, kan ürünlerinin üretimi, saklanması, depolanması, taşınması, hemovijilans, biyogüvenlik, kalite yönetim sistemi gibi temel konular bu rehberde detaylı bir biçimde ele alınmıştır.¹³

Kan Transfüzyon Sürecinde Hatalar

Kan transfüzyon zinciri karmaşık bir süreç olup, çoğunlukla maneldir ve tıbbi hataya açıktır. Kan alıcı hastalar için hasta tanımlama hataları yüksek risk içermektedir. İlk basamak olan yeni hasta kaydı, transfüzyon sürecinin en kritik tanımlama noktasıdır. Doğru hasta kaydının yapılması, daha önceki ABO ve Rhesus (Rh) tespitiyle uyumlu özel kan bileşenleri ihtiyaçları da dahil olmak üzere tıbbi hikayesi ve kan transfüzyonu geçmişi ile bağlantı kurulabilmesi için gereklidir. ABO-uyumsuz kan transfüzyonlarının %10’unu oluşturan kayıt hataları, hastayı etkilemekle birlikte numune toplama gereksinimleri, gecikmiş prosedürler ve boşa harcanan ürünler ile bileşenler nedeniyle de sağlık sistemine ekonomik bir yük oluşturmaktadır.

Kanada’da, ulusal veri tabanındaki kayıt hatalarını tanımlamak, bu hataları karakterize etmek, yüksek riskli kritik hata noktalarını belirlemek, sistemin yeniden değerlendirilmesi ve yeniden tasarımı için ihtiyaçları tespit etmek amacıyla 2008-2017 arası kan transfüzyonu yapılan hastalarda meydana gelen kayıt hataları incelenmiştir. Çalışma boyunca, üç ildeki 10 hastane bölgesinden 554 kayıt hatası bildirilmiştir. Transfüzyon laboratuvarında alınan numune başına küresel kayıt hatası 5.4/10 000 oranında olup; 2008’den 2017’ye genel olarak hata oranında önemli bir değişiklik olmadığı raporlanmıştır (p=0.5). En sık bildirilen hatalar sırasıyla, isim hataları (%31,7), mükerrer hasta kayıtları (%29,3) ve eksik kol bantları (%10,6) olup; en az saptanan raporlar ise yanlış kol bandı (% 0,7), başka birinin kimliğini kullanan hastalar (%1,7) ve yanlış cinsiyet (%1,7) olduğu raporlanmıştır.¹⁴

Kan transfüzyon uygulama sürecinde, hasta bilgileri, kimlik doğrulama ve kan ve kan ürünleri bileşenlerini tanımlamada yapılan yanlışlıkları önlemek için alınacak tedbirler şu şekilde sıralanabilir;

- Hasta kimliğinin doğrulanması ve ilk kayıtların sisteme doğru yapılması,
- Kan bileşenlerinin hazırlanması ve uygulanması sırasında kan ürünlerinin bakterilerle enfekte veya kontamine olmasının önlenmesi,
- Donör seçiminin doğru yapılması ve hasta başında son kontrollerin dikkatli bir şekilde yapılması,
- Başta hemşireler olmak üzere kan transfüzyon süreci ile ilgili tüm sağlık personeline eğitimlerin düzenli verilmesi ve takibinin yapılması,
- Transfüzyonun izlenmesi, kalite programlarının geliştirilmesi, kan transfüzyonunun uygulanmasında protokollere ve rehberlere bağlı kalınması ve bunun denetlenmesi.³

İstenmeyen Olay

Kan ve kan ürünlerinin toplanması, test edilmesi, işlenmesi, depolanması, dağıtımı ve transfüzyon sürecine bağlı gelişen ve bağışçı veya alıcıda istenmeyen reaksiyonlara neden olabilecek durum olarak tanımlanır. Kan transfüzyon

İstenmeyen Olaylar Şekil 2'de gösterilmektedir. ¹⁵	
İstenmeyen Ciddi Olay	Kan veya kan ürünlerinin toplanması, test edilmesi, işlenmesi, depolanması, dağıtımı ve transfüzyon süreciyle ilgili gelişen, bağışçı veya alıcıda ölüme veya hayatı tehlikeye, kalıcı ve belirgin sakatlığa, iş görmezliğe, hastaneye yatma veya hastanede kalma süresinin uzamasına neden olabilen durumlardır.
Sorunsuz Seyreden Transfüzyon Hataları	Yanlış, uygunsuz veya yetersiz bileşenin transfüzyonuna rağmen alıcıda istenmeyen duruma yol açmamış olan hatalardır.
Yanlış Transfüzyon	Hasta için transfüzyon uygunluk gerekliliklerini yerine getirmeyen veya bir başka hasta için hazırlanmış kan ve kan bileşenlerinin transfüzyonudur.
Ramak Kala	Kan transfüzyon hatalarının transfüzyon gerçekleşmeden fark edilerek son anda gerçekleşmesi önlenmiş olaylardır.

Şekil 2. Kan transfüzyon sürecinde istenmeyen olaylar¹⁵

İstenmeyen Reaksiyon

Kan veya kan ürünlerinin transfüzyonuna bağlı hasta ve donörde gelişen beklenmeyen ve istenmeyen durumlardır.

Bu hatalar nedeniyle hastada hemoliz, hemolitik olmayan ateş reaksiyonu, eritem, bakteriyel kontaminasyonu gibi erken istenmeyen etkiler ve hemoliz, post-transfüzyon purpura, karaciğer fonksiyon bozukluğu testlerinde yükselme gibi istenmeyen ciddi etkiler gelişebilir. Kan alma işlemi sürecinde bağışçıda da istenmeyen etkiler meydana gelebilmektedir.¹⁶

Hemovijilans

Kan ve kan bileşenlerinin elde edilmesinden alıcıların tabibine kadar tüm transfüzyon süreçlerini kapsayan, kan ve kan bileşenlerinin toplanması ve klinik kullanımına bağlı gelişen beklenmeyen veya istenmeyen olaylar hakkında veri toplamak, değerlendirmek ve bunların meydana gelişini veya tekrarını önlemek amacıyla yürütülen izleme prosedürleridir. Hemovijilans ile transfüzyonun bütün aşamalarında istenmeyen olay ve reaksiyonlar ile ilgili güvenilir bilgilere ulaşılması, buna bağlı hatalı uygulama ve tekrarların önlenmesi için gerekenlerin yapılması sağlanır. Bununla birlikte transfüzyon sürecinde izlenebilirlik veya iz sürmek de önemlidir. İzlenebilirlik, donörden alınan kan ve kan bileşenlerinin hastaya uygulanana kadar ve bunun tam tersi yöndeki süreçlerin izlenmesidir.¹⁵ Hemovijilansın temel hedefi transfüzyon güvenliğini artırarak hasta güvenliğini korumaktır.

Hemovijilans Koordinatörlüğü

Sağlık kurumlarında transfüzyon süreçlerini ve reaksiyonları takip etmek olumsuzlukların izini sürmek amacıyla hemovijilans koordinatörlüğü bulunur. Bu ekipte görev yapan hemovijilans hemşirelerinin görevleri şu şekildedir:

- Hastanede gerçekleştirilecek olan transfüzyonları takip etmek,
- Transfüzyon ile ilgili süreçleri denetlemek,
- Kliniklerdeki hemşirelere belli aralıklarla gerekli eğitimleri vermek,
- Gelişen transfüzyon reaksiyonları ve problemleri transfüzyon komitesine iletmek,
- İlgili birimler tarafından düzeltici ve önleyici aktivitelerin başlatılmasını takip etmek,

- İlgili kayıtlar ve dokümanları tutmak, komiteyi düzenli olarak uyguladığı işlemler hakkında bilgilendirmek,
- Transfüzyon süreçlerinin uygunluğunu denetlemek ve istenmeyen olay ve reaksiyonları hastane hemovijlans koordinatörüne bildirmek.¹⁷

Hasta Güvenliği ve Yapay Zekâ

Hızla değişen teknoloji ve aralıksız gelişen sağlık hizmeti modelleriyle sağlık hizmeti büyük bir dönüşüm geçirmektedir. Bu gelişmeler, hasta güvenliği konusunda da önemli etkilere yol açmaktadır. Yapay zekâ (YZ) genel olarak akıl yürütme, öğrenme ve uyarılama, hatırlama ve değerlendirme, duyuşsal anlayış ve etkileşim gibi insan zekâsının işlev ve performansını taklit edebilen bilgisayar teknolojileri olarak açıklanabilir. YZ çalışmaları, karmaşık problemleri çözmek için uzman bilgisinin kullanılmasına izin verdiği için tıbbi uygulamaya ve öğretime katkıda bulunabilir. YZ yöntemleri, karmaşık ve büyük verileri analiz edebilir ve veri seti içindeki anlamlı ilişkileri ortaya çıkarabilir. Sağlık hizmetlerinde YZ kullanımı gelişmekte ve hızla yaygınlaşmaktadır.¹⁸

Hasta güvenliği alanında YZ, ve veri analitiği büyük bir etkiye sahip olabilir. YZ, tıbbi kayıtları hızlı bir şekilde yorumlayabilir, paternleri tanımlayabilir ve riskleri tahmin edebilir. Ayrıca, YZ teknolojileri uygulamaları, hastaların takibini, teşhisini ve tedavisini iyileştirerek sağlık hizmetlerinin güvenliğini artırabilir ve hastane kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanabilir. Örneğin, YZ tabanlı algoritmalar, sağlık bakımı ilişkili enfeksiyonlar gibi yaygın istenmeyen durumları önlemek için erken uyarı sistemleri geliştirebilir. Bununla birlikte, hasta verilerini güvenli bir şekilde işlemek ve yorumlamak için blok zinciri gibi yeni teknolojiler de gizlilik ve güvenlik konularında önemli bir rol oynayabilir. YZ teknolojileri tabanlı karar destek sistemleri doğru biçimde uygulandığında hata tespiti, hasta sınıflandırması ve ilaç yönetimi süreçleri iyileştirilerek hasta güvenliğinin artırılması sağlanabilir.¹⁹

YZ, hasta güvenliği alanında, ilaç etkileşimleri ve dozaj hatalarının önlenmesi, düşme riskinin tahmini, yoğun bakım monitörizasyonu, enfeksiyon kontrolü ve izleme, hastane yatağı tahsisi ve hasta yoğunluğu yönetimi, tıbbi görüntüleme ve tanı gibi geniş kapsamda kullanılmaktadır (Şekil 3).¹⁹



Şekil 3. Yapay zekânın kullanıldığı hasta güvenliği alanları¹⁹

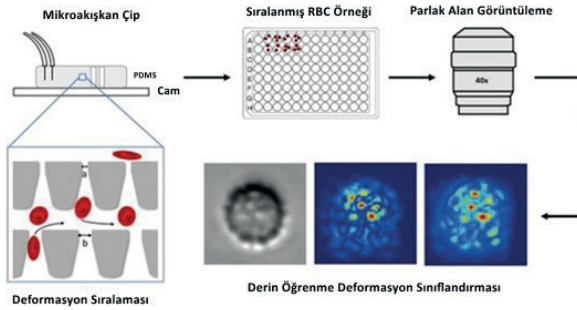
Kan Transfüzyonu Güvenliği ve Yapay Zekâ

Kan transfüzyonu güvenliğinin sağlanmasında YZ teknolojileri ile hataları azaltmak, süreçleri optimize etmek ve hasta güvenliğini artırmak mümkün olabilmektedir. Kan bankası eritrosit sayımında mikroakışkan sistemlerde dâhil, kan transfüzyonunun pek çok alanında YZ çalışmaları kullanılmaktadır.²⁰

Meier ve Tschoellitsch'nin hasta kan yönetiminde yapay zeka ve makine öğrenimini inceledikleri derlemede, en sık araştırılan konuların kan transfüzyonu tahmini (%30), kanama (%28) ve laboratuvar çalışmaları (%15) olduğu bildirilmiştir.²¹

Transfüzyon için yeterli kanın bulunmaması nedeniyle mevcut kan akışının mümkün olduğu kadar verimli kullanılması hayati önem taşımaktadır. Donör ve alıcı arasındaki kan uyumluluğunu sağlamak için kan grubunun +/- Rh faktörü ile O, A, B veya AB olarak değerlendirildiği iyi bilinmektedir. Son araştırmalar, kan grubunun yanı sıra, kırmızı kan hücrelerin (RBC)'nin şekli ve deforme edilebilirliğinin de kan transfüzyonunun etkinliğine kat-

kıda bulunan önemli faktörler olduğunu göstermektedir. British Columbia Üniversitesi Kan Araştırmaları Merkezi'nde derin öğrenme kullanılarak mikroskopi görüntülerinden RBC deforme edilebilirliği değerlendirilmiştir. RBC'leri deforme olabirliklerine göre sıralamak için bir mikroakışkan cihazı geliştirilmiştir (Şekil 4). Görüntülerden deforme olabirliği tahmin etmek için bilgisayar tabanlı teknikler oluşturulmuştur. Elde edilen görüntüler, derin öğrenme ağı adı verilen YZ modeline girdi olarak verilmiştir. Ağ üzerinden birçok kez yeterli sayıda görüntü aktararak model, yüzey özelliklerine, desenlerine ve yapılarına dayalı olarak bir hücrenin deforme olabirlik düzeyini tanımlayacak şekilde eğitilmiştir.²²



Şekil 4. Kırmızı kan hücreleri (RBC)'nin, mikroakışkan bir cihaz kullanılarak deforme olabirliklerine göre sıralanması, sıralanan hücrelerin yapay zekâ görüntü analizi yöntemleri kullanılarak çıkarılması, görüntülenmesi, işlenmesi ve değerlendirilmesi²²

Kan bankası envanter yönetiminde derin pekiştirmeli öğrenme yöntemlerinden yararlanılıp yararlanılamayacağı, veya nasıl yararlanabileceğinin araştırıldığı çalışmada araştırmacılar eritrosit envanter yönetimini farklı kan grupları için derin pekiştirmeli öğrenme yöntemi ile modellenmişlerdir. Araştırmada, kullanılan Proksimal Politika Optimizasyonu algoritmasının tüm kan gruplarında optimale yakın seviyelerde performans gösterebilecek sipariş politikaları yakınsayabildiği görülmüştür. Sonuç olarak araştırmacılar, derin pekiştirmeli öğrenme yöntemi kullanılarak kan ürünleri envanter yönetiminden sorumlu uzmanlara sipariş kararları konusunda destek olabilecek

modeller kurulabileceğini bildirmişlerdir.²³ Gökler ve arkadaşlarının PCA Esaslı Hibrit ANFIS-Taguchi Yöntemi ile Kan Bankası için Talep Tahmini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, tahmin edilen eritrosit süspansiyon talep miktarının %88.1 oranla gerçekleşen talep miktarı ile benzer sonuç verdiği görülmüştür.²⁴

Şiddetli neonatal hiperbilirubinemde kan değişimi sırasında ortaya çıkan olumsuz olaylarla ilişkili risk faktörlerin yapay zeka uygulamaları ile araştırıldığı çalışmada, yapay zekanın yalnızca kan değişimi sırasında olumsuz olayları tahmin etmede daha iyi performans elde etmekle kalmadığı, aynı zamanda klinisyenlerin doğrusal olmayan ilişkileri daha derinlemesine anlamalarına ve uygulamaya yönelik eyleme dönüştürülebilir bilgi üretmelerine de yardımcı olduğu raporlanmıştır.²⁵

Kwon ve arkadaşlarının, transfüzyona ilişkin büyük verilere dayalı bir YZ modeli kullanarak tıbbi kurumlardaki aylık kan transfüzyonu ihtiyaçlarının tahmin etmek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, araştırmacılar Ocak 2010'dan Aralık 2021'e kadar Kore'deki kan türleri ve bileşenlerine ilişkin verileri değerlendirmişlerdir. Elde edilen bilgiler ile tahmine dayalı modeller geliştirilmiş ve bu üç model kullanılarak bir topluluk modeli oluşturulmuştur. Bu model ile araştırmacılar, kan tedarikinde sağlık kurumlarının gerekli kan miktarını önceden tahmin edebilmesine olanak sağlanabileceğini göstermişlerdir.²⁶

Chen ve arkadaşları, pompalı kalp cerrahisinde transfüzyon olaylarını tahmin etmek için elektronik sağlık kayıtlarına dayalı bir model geliştirmişlerdir. Çalışma sonucu araştırmacılar, mevcut elektronik sağlık kayıtlarına dayanan bir model ile intraoperatif küçük, orta veya büyük transfüzyonu doğru bir şekilde tahmin edilebileceği ve pompalı kalp cerrahisi hastalarında ameliyattan önce bireyselleştirilmiş transfüzyon risk profillerinin tanımlanabileceği ve hasta yönetimine yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir.²⁷ Kalp cerrahisinde masif perioperatif allojenik kan transfüzyonunun YZ öğrenimine dayalı tahmininin

incelendiği bir başka çalışmada, YZ öğrenimi modellerinin, hangi hastaların risk altında olmadığını tahmin ederek masif perioperatif allojenik kan transfüzyonunu önleyici olarak azaltmak için perioperatif koruyucu tedavi için hangi hastalara odaklanması gerektiği konusunda klinik karar desteği sağlayabileceği bildirilmiştir.²⁸

Sezaryen doğumda kırmızı kan hücresi transfüzyonu ihtiyacına yönelik YZ'ya dayalı tahmin modelinin oluşturulması ve etkisinin değerlendirildiği çalışmada, sezaryen doğumun preoperatif değerlendirmesi için iyi bir yardımcı karar desteği sağlayabileceği ve sonraki süreçte sezaryen hastaları için doğru perioperatif kan yönetiminin gerçekleştirilmesini teşvik edebileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.²⁹

Ramos ve arkadaşlarının, erişkin omurga deformitesi cerrahisinde perioperatif kan transfüzyonunun tahminine yönelik yapay sinir ağı modelinin araştırıldığı çalışmada, yapay sinir ağlarının risk altındaki hastaların belirlenmesine olanak tanıyabileceği, stratejik planlama yoluyla transfüzyon riskini potansiyel olarak azaltabileceği ve kaynak tahsisini iyileştirebileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.³⁰

Kalça artroplastisi olan yaşlı hastalarda kan transfüzyonunun ana belirleyicilerini analiz etmek için YZ öğreniminin kullanıldığı çalışmada, YZ öğreniminin, kalça artroplastisi olan yaşlı hastalarda kan nakli için etkili bir tahmin modeli olduğu tespit edilmiştir.³¹ Cohen-Levy ve arkadaşlarının primer total kalça artroplastisi sonrası transfüzyon oranlarının tahmini için yeni makine öğrenimi modelleri geliştirmek ve doğrulamak amacıyla yapılan çalışmada, araştırmanın YZ uygulamasının yeni bir temsili olduğu ve sonuçların ameliyat öncesi transfüzyon planlamasını iyileştirme potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir.³² Bir diğer primer total diz artroplastisinde kan transfüzyonunu makine öğrenme yöntemi kullanarak öngören faktörlerin incelendiği çalışmada, araştırmacılar makine öğrenme algoritmasının kan transfüzyonuna ilişkin faktörlerin sıralamasını tahmin etmede istatistiksel bir analiz aracı olarak gücünü göstermiştir. Ayrıca makine öğrenme algoritma-

sının transfüzyon tahmini, tedavi sonuçları ve ameliyat öncesi planlamayı iyileştirme potansiyeline sahip yeni bir yapay zeka öğrenimi uygulamasını temsil ettiği belirtilmiştir.³³

YZ ile karar destek sistemleri yanı sıra transfüzyon güvenliği konusunda belirli çalışmalar için uygulama yöntemleri araştırılmıştır. Kan bankalarındaki YZ uygulamaları sıralanacak olursa;

- Donörlerin daha etkili bir şekilde seçilmesi ve kayıtlanmasında,
- Donör kanını alıcı kanıyla daha verimli ve doğru bir şekilde uygunluk testi oluşturmada,
- Donör davranışını ve tercihlerini tahmin etmede ve donör kazanmada,
- Kan talebini tahmin etmede ve transfüzyon için uygun kan bileşenlerinin mevcudunun takibinde,
- Bir hastanın cerrahi bir prosedür sırasında kan transfüzyonuna ihtiyaç duyup duymayacağını önceden tahmin etmede ve kan ürününün proaktif yönetimine izin vermede YZ uygulamaları kullanılmaktadır.²⁰

YZ kullanarak kan transfüzyonu güvenliğini sağlamak için bazı öneriler Tablo 1'de gösterilmiştir.³⁴ Kan transfüzyonu süreçlerindeki etkinliği ve güvenliği artırmada YZ teknolojilerinin kullanımı sırasında etik ve gizlilik konularına dikkat edilmesi gereklidir.

Tablo 1. Yapay zekâ kullanarak kan transfüzyonu güvenliğini sağlamak için bazı öneriler³⁴

Veri analizi ve tahminler	<ul style="list-style-type: none">YZ, büyük veri setlerini analiz ederek kan bağışçıları ve alıcıları arasında uygunluk konusunda tahminlerde bulunabilir.Risk faktörlerini belirleyerek potansiyel sağlık sorunlarını önceden tespit edebilir, bu da transfüzyon güvenliğini artırabilir.
Otomatik kimlik doğrulama ve takip	<ul style="list-style-type: none">YZ, bağışçı ve alıcı kimlik doğrulama süreçlerinde kullanılabilir. Bu durum yanlış kan transfüzyonlarını engelleyebilir.Kan torbalarının etiketlenmesi ve takip edilmesi süreçlerini optimize etmek için kullanılabilir.
Enfeksiyon kontrolü	<ul style="list-style-type: none">YZ, kan bağışlarında enfeksiyon riskini azaltmak için donörlerin sağlık geçmişi ve seyahat öyküsü gibi verileri değerlendirir.Enfeksiyon belirtilerini hızlı bir şekilde tanıyarak, kontaminasyon riskini minimize edebilir.
Stok yönetimi ve talep tahmini	<ul style="list-style-type: none">YZ, kan stoklarını etkili bir şekilde yönetmek ve talepleri tahmin etmek için kullanılabilir. Bu, acil durum müdahaleleri için daha iyi hazırlık sağlar.İhtiyaç duyulan kan gruplarını ve bileşenleri belirleyerek stokların optimal seviyelerde tutulmasına yardımcı olabilir.
Karar destek sistemleri	<ul style="list-style-type: none">YZ, kan transfüzyonu kararları konusunda sağlık profesyonellerine destek olabilir. Hastanın durumunu değerlendirerek en uygun kan ürünlerini ve dozajlarını önerir.
Eğitim ve bilinçlendirme	<ul style="list-style-type: none">YZ tabanlı eğitim araçları, sağlık personelinin güncel kan transfüzyonu protokollerine uygun şekilde eğitmek için kullanılabilir.Bilgi eksikliklerini tespit edip, personeli sürekli olarak bilinçlendirmek amacıyla kullanılabilir.
Sürekli iyileştirme ve geri bildirim	<ul style="list-style-type: none">YZ, kan transfüzyonu süreçlerini izleyerek ve analiz ederek sürekli iyileştirmeler önerir.Hataların ve sorunların kaynağını tespit eder ve gelecekteki transfüzyonlar için daha güvenli prosedürler geliştirmeye yardımcı olabilir.

SONUÇ

Kan transfüzyonu ABO kan grubu antijenlerinin keşfinden YZ (makine ve derin öğrenme) uygulamalarına kadar uzun bir yol kat etmiştir. Değişen ve gelişen sağlık hizmetleri alanında, entegre kan temini ve transfüzyon sistemine sahip düşük ve orta gelirli ülkelerde, elektronik

veri izi önemli bir yapısal unsur haline gelebilir. Bu tür bir elektronik veri izi, istikrarlı bir ulusal yönetim ve sosyo-ekonomik iklim ve çevrede çalışması gereken topluluk da dâhil olmak üzere hem sağlık hizmeti sağlayıcısını hem de tedarik zincirini içermelidir. Kan merkezinden hastane bilgi sistemine entegre veya ayrı bir elektronik veri izi olan ve tüm transfüzyon süreci yönetimini ele alan transfüzyon kayıt sistemi, kaliteli veri toplama ve paylaşımında şeffaf olmalıdır. Ayrıca, hasta/bağışçı mahremiyeti bilgilerinin ve kimlik bilgilerinin korunması açısından siber güvenlik en önemli öncelik olmalıdır.

YZ'nin kan transfüzyon süreçlerinde iş gücünün yerini alacağına inanmak bir kurgu olmakla birlikte, elektronik veri izi ilkeleri aracılığıyla veri işleme ve yönetiminin kalitesini ve etkinliğini artırmak ve kan tedarikini daha etkili ve güvenli bir geleceğe yönlendirmek için destekleyici bir araç olarak hizmet edeceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, transfüzyon güvenliğinde YZ'dan yararlanmak için kan transfüzyonunun tüm adımlarının iyi bilinmesi, hemovijilans ilkeleri konusunda en güncel bilgilere sahip olunması ve buna göre YZ uygulamalarının geliştirilerek başarıya ulaşılması gereklidir. Bu sayede YZ uygulamaları ile hatalı transfüzyon pratiğinin önüne geçilmesi ve meydana gelen reaksiyonların erkenden fark edilerek erken tanı ve müdahale yapılması, transfüzyon ile ilişkili mortalite ve morbidite oranlarının düşürülmesinde önemli rol oynayacaktır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu derleme ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: GK, NG, GK. Tasarım: MA, NG, GK. Veri İşleme: MA, NG, GK. Yorum: MA, NG, GK. Literatür Taraması: MA, NG, GK. Makale Yazımı: MA, NG, GK. Eleştirel İnceleme: MA, NG, GK.

References

1. Alkan S, Gürbüz E, Şahin S, ve ark. Kan transfüzyonu ile bulaşan Hepatit E virüsü enfeksiyonlarının küresel düzeyde incelemesi. *Dent & Med J - R*. 2022;4(3):185-97
2. Bölükbaş F, Koc A. 2000-2022 Yılları arasında hemşirelik alanında kan ve kan ürünleri transfüzyonu konulu yüksek lisans tezlerinin retrospektif incelenmesi. *MRR*. 2023;6(2):91-106.
3. Gün R, Öz S, Altındış S, ve ark. Hemovijilans hemşireliği ve transfüzyon güvenliği katkısı. 1 International Blood Safety and Hemovigilance Congress, P08. S:24-29
4. Çerçer Z, Akçay EA, Güngör S. Hemşirelik öğrencilerinin hasta güvenliği yetkinliği öz-değerlendirme düzeyi: Tanımlayıcı kesitsel araştırma. *SHYD*. 2023;10(1):71-78
5. World Health Organization. 10 facts on patient safety. 26 Ağust 2019. [Internet]. Erişim Linki: <https://www.who.int/news-room/photo-story/photo-story-detail/10-facts-on-patient-safety> Erişim Tarihi:15.03.2024
6. Reid M, Estacio R, Albert R. Injury and death associated with incidents reported to the patient safety net. *American Journal of Medical Quality*, 2009; 24(6): 520-4.
7. Çavuşoğlu H, Bora Güneş N, Pars H. Kan ürünleri ve güvenli kan transfüzyonu. *Türkiye Klinikleri J Nurs Sci*, 2015; 7(1): 49-57.
8. World Health Organization (2020). Global Patient Safety Action Plan 2021–2030 Towards Zero Patient Harm in Health Care First Draft. [Internet]. Erişim Linki: <https://www.who.int/docs/default-source/patient-safety/1st-draft-global-patient-safety-action-plan-august-2020.pdf> Erişim Tarihi:15.03.2024
9. Uluhan R, pelit NB. Hemovijilans hemşireliği 2023. Erişim Linki: https://kmt.d.org.tr/web/wp-content/uploads/yayinlar-pdf/hvh_kitap_12072023.pdf Erişim Tarihi: 19.03.2024
10. Kan Hizmet Birimleri İçin Ulusal Standartlar Rehberi 2016. TR0802.15-01/001 Türkiye'de Kan Tedarik Sisteminin Güçlendirilmesi Teknik Destek Projesi. [Internet]. Erişim Linki: <https://www.kan.org.tr/images/pdf/KAN-VE-KAN-BILESEN-ulusal-kan.pdf> Erişim Tarihi: 19.03.2024
11. Türk Kızılay. Kızılay Birbirimize Candan Bağlıyız Kan Bağış Kampanyası Başlatıldı. 11/01/2024. [Internet]. Erişim Linki: <https://www.kizilay.org.tr/> Erişim Tarihi: 17.03.2024
12. Ulusal Kan Yönetimi Stratejisi. [Internet]. Erişim linki: https://hastakanyonetimi.saglik.gov.tr/dokumanlar/1_2/Ulusal_Hasta_Kan_Yonetimi_Stratejisi_TR.pdf Erişim Tarihi: 17.03.2024
13. Ulusal Kan ve Kan Bileşenleri Hazırlama, Kullanım ve Kalite Güvencesi Rehberi 2016. [Internet]. Erişim Linki: <https://shgmkanhizmetleridb.saglik.gov.tr/Eklenti/36313/0/kan-ve-kan-bilesen-rehb-tr-9-mayis-2016-revpdf.pdf> Erişim Tarihi: 17.03.2024
14. Vijenthira S, Armali C, Downie H, et al. Registration errors among patients receiving blood transfusions: a national analysis from 2008 to 2017. *Vox Sang*. 2021;116(2):225-233.
15. Ulusal Hemovijilans Rehberi, 2020. [Internet]. Erişim Linki: <https://shgmkanhizmetleridb.saglik.gov.tr/Eklenti/37016/0/ulusal-hemovijilans-rehberi-versiyon-2pdf.pdf> Erişim Tarihi: 17.03.2024
16. Örüç NE, Yenicesu İ. Ulusal Kan ve Kan Bileşenleri Hazırlama, Kullanım ve Kalite Güvencesi Rehberi. 2016. [Internet]. Erişim Linki: <https://shgmkanhizmetleridb.saglik.gov.tr/TR-71523/ulusal-kan-ve-kan-bilesenleri-hazirlama--kullanim-ve-kalite-guvenesi-rehberi-2016.html> Erişim Tarihi: 19.03.2024
17. Gün, R. Hemovijilans Hemşireliği ve Transfüzyon Güvenliğine Katkısı. Sakarya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kan Bankacılığı ve Transfüzyon Tıbbi YL Programı tezi, 2019. Sakarya.
18. Bioethics briefing note: Artificial intelligence (AI) in healthcare and research. Nuffield Council on Bioethics. 2018. <http://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/Artificial-Intelligence-AI-in-healthcare-and-research.pdf> Erişim tarihi 20.07.2019.
19. Choudhury A, Asan O. Role of artificial intelligence in patient safety outcomes: systematic literature review. *JMIR medical informatics*, 2010; 8(7), e18599.
20. Smit Sibinga CT. Artificial intelligence and the future of transfusion medicine. *Neurosci Chron*. 2021;2(2). 10.46439/Neuroscience.2.011.
21. Meier JM, Tschollitsch T. Artificial Intelligence and Machine Learning in Patient Blood Management: A Scoping Review. *Anesth Analg*. 2022; 1;135(3):524-531. doi: 10.1213/ANE.0000000000006047. Epub 2022 Aug 17. PMID: 35977362.
22. Lamoureux E. Transfüzyon kalitesini değerlendirmeye yönelik gelişen yapay zeka yöntemleri. Yayın Tarihi: 10 Kasım 2022. [Internet] Erişim Linki: <https://www.blood.ca/en/research/our-research-stories/research-education-discovery/emerging-artificial-intelligence-methods> Erişim Tarihi: 19.03.2024
23. Şengül AA. Eritrosit envanter yönetiminde derin pekiştirmeli öğrenme. 2022. Master's Thesis. İstanbul Medipol Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
24. Gökler SH, Boran S. PCA Esaslı Hibrit ANFIS-Taguchi Yöntemi ile Kan Bankası için Talep Tahmini. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 2020;13(3), 225-233. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.580530>
25. Zhu S, Zhou L, Feng Y, et al. Understanding the risk factors for adverse events during exchange transfusion in neonatal hyperbilirubinemia using explainable artificial intelligence. *BMC Pediatr*. 2022; 30;22(1):567. doi: 10.1186/s12887-022-03615-5. PMID: 36180854; PMCID: PMC9523933.
26. Kwon HJ, Park S, Park YH, et al. Development of blood demand prediction model using artificial intelligence based on national public big data. *DIGITAL HEALTH*. 2024;10. doi:10.1177/20552076231224245
27. Chen DX, Wang YS, Yan M, et al. A model based on electronic health records to predict transfusion events in on-pump cardiac surgery. *iScience*. 2023;26(10):107798. doi: 10.1016/j.isci.2023.107798. PMID: 37744030; PMCID: PMC10514444.
28. Tschollitsch T, Böck C, Mahečić TT, et al. Machine learning-based prediction of massive perioperative allogeneic blood transfusion in cardiac surgery. *Eur J Anaesthesiol*. 2022;39(9):766-773. doi: 10.1097/EJA.0000000000001721. Epub 2022 Jul 20. PMID: 35852544.
29. Chen H, Cao B, Yang J, et al. Construction and effect evaluation of prediction model for red blood cell transfusion requirement in cesarean section based on artificial intelligence. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2023;12;23(1):213. doi: 10.1186/s12911-023-02286-1. PMID: 37828543; PMCID: PMC10568840.
30. De la Garza Ramos R, Hamad MK, Ryyvlin J, et al. An Artificial Neural Network Model for the Prediction of Perioperative Blood Transfusion in Adult Spinal Deformity Surgery. *J Clin Med*. 2022;29;11(15):4436. doi: 10.3390/jcm11154436. PMID: 35956053; PMCID: PMC9369471.
31. Seong H, Lee KS, Choi Y, et al. Explainable artificial intelligence for predicting red blood cell transfusion in geriatric patients undergoing hip arthroplasty: Machine learning analysis using national health insurance data. *Medicine (Baltimore)*. 2024;23;103(8):e36909. doi: 10.1097/MD.00000000000036909. PMID: 38394543.
32. Cohen-Levy WB, Klemt C, Tirumala V, et al. Artificial neural networks for the prediction of transfusion rates in primary total hip arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2023 Mar;143(3):1643-1650. doi: 10.1007/s00402-022-04391-8. Epub 2022 Feb 23. PMID: 35195782.
33. Cavazos DR, Sayeed Z, Court T, et al. Predicting Factors for Blood Transfusion in Primary Total Knee Arthroplasty Using a Machine Learning Method. *J Am Acad Orthop Surg*. 2023;1;31(19):e845-e858. doi: 10.5435/JAAOS-D-23-00063. Epub 2023 Aug 21. PMID: 37733328.
34. Lopes MGM, Recktenwald, SM, Simonato G, et al. Big Data in Transfusion Medicine and Artificial Intelligence Analysis for Red Blood Cell Quality Control. *Transfus Med Hemother*, 2023; 50 (3): 163–173.