





Kardiyopulmoner baypas sırasında kullanılan online kan gazı monitörleri

Online blood gas monitors used during cardiopulmonary bypass

Emre İlhan , Emre Özsoylu , Oğuzhan Durmaz , Sadık Eryılmaz 

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

ÖZ

Kan gazı takibi, kardiyopulmoner baypas sırasında önemli bir yere sahip olan, sık kullanılan yararlı bir klinik uygulamadır. Bu makalede, kardiyopulmoner baypas sırasında kullanılan online kan gazı monitörleri irdelendi. Bu cihazların kullandığı teknolojiler, ölçtükleri hayati önem taşıyan parametreler ve ölçüm zamanlamaları belirtildi. Makalenin son bölümünde online kan gazı monitörlerinin kullanımının zaman ve perfüzyon kalitesini artırmaya yönelik öngörü sağlama açısından yararlı olabileceği konusuna değinildi.

Anahtar sözcükler: Kan gazı, kardiyopulmoner baypas, online monitörler.

ABSTRACT

Blood gas monitoring is a frequently used and useful clinical practice which has an important role during cardiopulmonary bypass. In this article, we describe online blood gas monitors used during cardiopulmonary bypass. Technologies used by these devices, vital parameters they measure, and the timing of the measurements are indicated. In the final section of the article, it is suggested that the use of online blood gas monitors may be helpful for predicting time and perfusion with improved quality.

Keywords: Blood gas, cardiopulmonary bypass, online monitors.

Arter kan gazı (AKG) hastaların metabolik ve solunumsal durumu hakkında güvenilir bilgi veren en önemli laboratuvar yöntemlerinden biridir. Arter kan gazının değerlendirilmesi için kan örneğinin uygun bir şekilde alınması, taşınması ve uygun yöntemlerle incelenmesi gerekir. Alınan kan gazı örneği en kısa sürede laboratuvara ulaştırılmalıdır. Kan gazı örneği hemen incelenmeyecekse veya uzak bir yere gönderilecekse enjektör buz aküsü üzerinde taşınmalı; ama bu süre 30 dakikayı geçmemelidir. Arter kan gazı incelemesi kan gazı ölçüm cihazları kullanılarak yapılır. Bu cihazlar ile pH, kısmi karbondioksit basıncı (pCO₂), kısmi oksijen basıncı (pO₂) hassas elektrotlar kullanılarak ölçülürken; bikarbonat (HCO₃⁻), oksijen satürasyonu (SO₂) ve baz açığı (BE) hesaplanarak verilir. Kan örneği

almak için en sık kullanılan yöntem radyal, brakiyal veya femoral arterlere ince uçlu, küçük hacimli ve heparinli bir enjektörle ponksiyon yapılmasıdır.^[1] Kardiyopulmoner baypas sırasında ise arter ve venöz kan alma yerlerine konan üç ya da dört adet musluktan oluşan manifold sistemi ile kan örneği alınır. Online kan gazı monitörleri ise, hayati önem taşıyan parametreleri anlık bir şekilde monitörize ederek metabolik ve ventilasyon sonuçlarını yansıtır.

TERUMO KAN PARAMETRE İZLEME SİSTEMİ 500 (TERUMO CDI500)

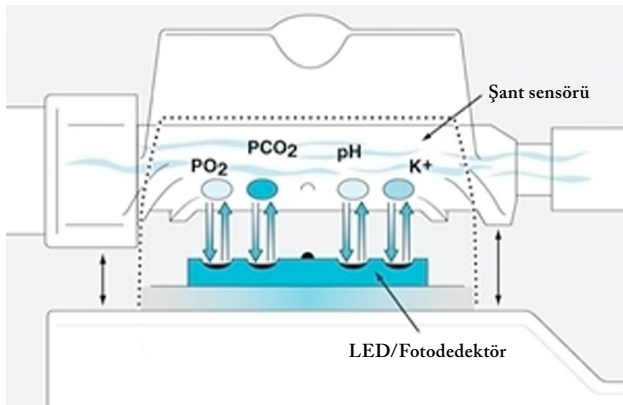
CDI 500 sistemi (Terumo Cardiovascular Systems, Ann Arbor, MI), kandaki pH, pCO₂, pO₂ ve K⁺ değerlerini ölçmek için şant sensörü ile optik floresan

Geliş tarihi: 23 Ocak 2019 **Kabul tarihi:** 14 Şubat 2019 **Online yayın tarihi:** 05 Ocak 2022

İletişim adresi: Emre İlhan, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, 06590 Çankaya, Ankara, Türkiye.
e-posta: emreilhanx@gmail.com

Atıf:

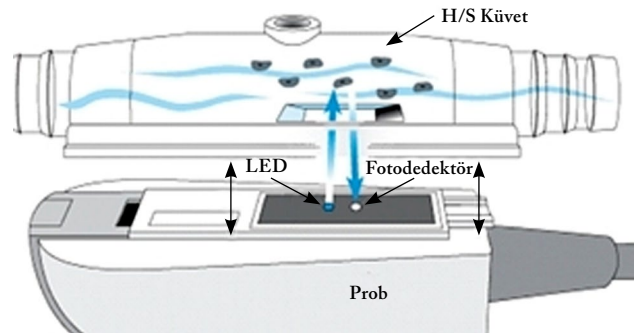
İlhan E, Özsoylu E, Durmaz O, Eryılmaz S. Kardiyopulmoner baypas sırasında kullanılan online kan gazı monitörleri. Cardiovasc Perf Nurs 2022;1(1):20-26.



Şekil 1. Optik floresan şant sensörü.

teknolojisini kullanır. Şant sensörü, her biri pH, pCO₂, pO₂ ve K⁺ için olan dört mikrosensör ve sıcaklığı ölçmek için bir termistör içerir. Mikrosensörlerin tepki süreleri hızlıdır ve kan ile direkt temas halindedir. Şant sensörü sürekli akışı olan herhangi bir arteriyel veya venöz şant hattına yerleştirilebilir. Uygun ölçüm için minimum 35 mL/dak kan akışı gereklidir (Şekil 1).^[2]

Farklı dalga boylarında farklı absorpsiyon ve yansıtma özellikleri sergileyen toplam hemoglobin, hematokrit ve oksihemoglobin yüzdesini ölçmek için H/S (Hematokrit/Satürasyon) probu ile optik yansıtma teknolojisini kullanır. Hemoglobin ve oksihemoglobinin absorpsiyon özellikleri H/S probundaki fotodetektör ile ölçülür. Hemoglobin ve



Şekil 2. Optik yansıtma: H/S küvet ve prob.



Şekil 3. Terumo CDI 500 genel görünüm.

Tablo 1 Terumo CDI 500'un online görüntülediği parametreler		
Görüntülenen parametreler	Sistem çalışma aralığı	Çözünme
pH	6.8 ila 7.8 pH birimleri	0.01 pH birimleri
pCO ₂	10 ila 80 mmHg (1.3 ila 10.7 kPa)	1 mmHg (0.1 kPa)
pO ₂	20 ila 500 mmHg (2.7 ila 66.7 kPa)	1 mmHg (0.1 kPa)
K ⁺	3.0 ila 8.0 mmol/L	0.1 mmol/L
Sıcaklık (T)	15° ila 40°C	0.1°C
Oksijen satürasyonu (SO ₂)	%60 ila %100	%1
Hematokrit (15° < T < 40°C)	%17 ila %38	%1
Total hemoglobin (Hgb)	5.6 ila 12.6 g/dL	0.1 g/dL
Oksijen tüketimi (VO ₂)	10 ila 400 mL/dak	1 mL/dak
Baz fazlası (BE)	-25 ila 25 mEq/L	1 mEq/L
Bikarbonat (HCO ₃)	0 ila 50 mEq/L	1 mEq/L
Kan akışı (Q)	0 ila 9.9 L/dak	0.1 mL/dak



Şekil 4. Sorin B-Care 5 venöz bağlantısı.

oksihemogloblin ölçümleri 18 milisaniyede bir kez alınır (Şekil 2, 3) (Tablo 1).^[2]

SORIN B-CARE 5

Sorin B-Care 5 (Sorin Group USA, Inc., Arvada, CO, USA), kalp-akciğer makinesine venöz konnektör ile tamamen entegre edilmiş hat içi kan gazı parametreleri izleme monitörüdür. Venöz konnektör, 1/2", 3/8" veya 1/4" ölçülerindedir. Venöz doygunluk, hematokrit ve venöz sıcaklık gibi hayati parametrelerin ölçülür. S5 ve C5 kalp-akciğer makinelerinin görüntüleme panellerinde monitörize edilir. Hasta bakımını daha da basitleştirmek için, ölçülen tüm kan değerleri, kalp akciğer makinesinin dahili iletişim sistemi vasıtasıyla otomatik olarak Veri Yönetim Sistemine (VYS) aktarılır (Şekil 4).^[3]



Şekil 5. S5 ve C5 kalp akciğer makinelerindeki online kan gazı görüntüleme paneli.

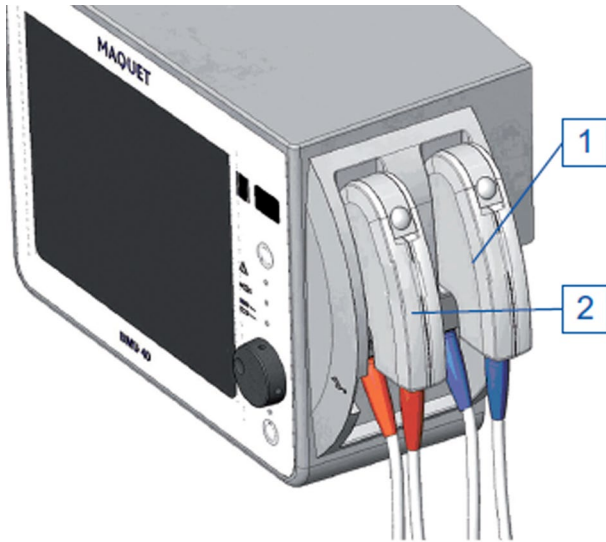
Tablo 2 Sorin B-Care 5'in online görüntüleme özellikleri	
Ölçüm aralığı saturasyon/Hct	0 ila %100
Ölçüm aralığı sıcaklığı	0 ila 50°C
Ölçme aralığı	1 saniye
Saturasyon çözünürlüğü	%0.1
HCT çözünürlüğü	%1
Sıcaklık ekran çözünürlüğü	0.1°C
Saturasyon ölçümünün doğruluğu	%60 ila %100 aralığında: ±%3
%40 ila %59 aralığında: ±%5	
Hct değer ölçümünün doğruluğu	%15 ila %50 aralığında: ±%5
Sıcaklık ölçümü	25-40°C aralığında: ±0.5°C (Oda sıcaklığında 23.5°C'de)
Hct: Hematokrit.	

Parametreleri, ekran ve görüntüleme modülünde B-Care 5'teki tüm değerleri S5 ve C5 kalp akciğer makinesi sisteminin yanı sıra çok sayıda harici cihaza da kaydeder (Şekil 5) (Tablo 2).^[3]

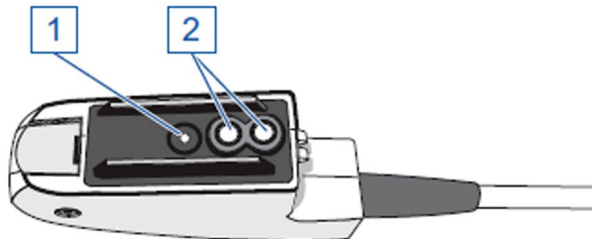
MAQUET AN İZLEME BİRİMİ (BMU) 40

BMU 40 kan izleme ünitesi (MAQUET Holding B.V. & Co. KG, Rastatt, Germany), ekstrakorporeal dolaşım sırasında hayati kan parametrelerinin sürekli ölçümü için bir hat içi izleme cihazıdır. Ölçüm değerleri; oksijen kısmi basıncı (pO₂), sıcaklık (T_{Art}), oksijen doygunluğu (SO₂) hemoglobin (Hb), hematokrit (Hct) ayrıca venöz sıcaklık (T_{Ven}) monitörize edilir.^[4]

BMU 40'daki bir barkod kalibrasyon sistemi sayesinde, zaman alıcı kalibrasyon gazları ve maliyetli kalibrasyon işlemleri yoktur. Kalp-akciğer makinesi kullanımdayken herhangi bir ölçüm toleransını en aza indirmek için, BMU 40 sensörlerinin ve



Şekil 6. Maquet BMU 40 arter venöz proplar.



Şekil 7. Maquet BMU 40 arteriyel prop.

- 1 Optik dalga kılavuzu
- 2 Kızılötesi algılayıcılar

BMU 40 komponentlerinin kalibrasyon verileri, Maquet tarafından önceden belirlenmiş ve bir etikette kodlanmıştır. Bu etiket, BMU 40'a entegre edilmiş bir barkod tarayıcı kullanılarak doğrudan kullanımdan önce okunmaktadır.

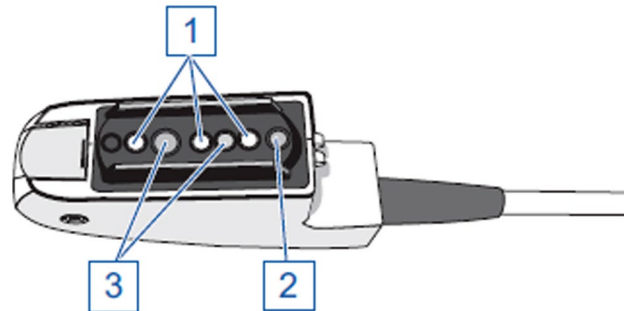
BMU 40, arteriyel kan seviyelerini ölçmek için bir prob ve venöz kan seviyelerini ölçmek için ayrı bir prob içerir. Bunların herbiri monitöre sabitlenmiştir. Ölçüm yapmak için problemler BMU sensörüne bağlanır ve ekstrakorporeal dolaşımında bağlı olan BMU hücresi sayesinde ölçümler yapılır. Arteriyel ve venöz problemler bağlarken karışıklığı önlemek için problemler farklı tasarımdadır. BMU sensörüne ve BMU hücresine bağlantı kabloları renk kodludur (arteriyel prob kırmızı ve venöz prob mavi) (Şekil 6).^[4]

Arteriyel prob, pO₂ ve sıcaklık arteriyel kan parametrelerini ölçer. Arteriyel BMU sensörüne pO₂'ye duyarlı bir boya sensörü göbeği gömülüdür. Boya sensörü, BMU sensörünün iç tarafındaki kana temas eder ve optik bir dalga kılavuzu vasıtasıyla dış taraftaki BMU 40 ile optik temas oluşturur. Sıcaklık, invaziv olmayan kızılötesi sensör ile ölçülür (Şekil 7).^[4]

Venöz prob, venöz kan parametrelerini SO₂, Hb, Hct ve sıcaklık ölçümlerini sağlar. Probun kanı, farklı dalga boylarında BMU hücresi boyunca ışınlanan üç LED'e sahiptir. Optik bir sensör, Hb ve Hct konsantrasyonunu temas etmeden ölçer. İkinci optik sensör de aynı şekilde SO₂ değerini ölçer. Sıcaklık, invaziv olmayan kızılötesi sensör ile ölçülür (Şekil 8).^[4]

SPECTRUM MEDICAL

Spectrum Medical'in sistem M serisi (Spectrum Medical, Fort Mill, SC, USA), ekstrakorporeal



Şekil 8. Maquet BMU 40 venöz prop.

- 1 LED
- 2 Kızılötesi algılayıcı
- 3 Optik sensör



Şekil 9. Spectrum Medical M2 monitör ve komponenti.



Şekil 10. Spectrum Medical M3 ve komponentleri.

destek sırasında kritik fizyolojik parametrelerin kesintisiz invaziv olmayan ölçümünü ve görüntülenmesini sağlar. Bu özel ölçüm teknolojileri serisi, hızlı ve doğru karar vermeyi hedeflemektedir (Şekil 9-11) (Tablo 3).^[5]

Kan akışını doğru bir şekilde ölçmek için Spectrum Medical, en son ultrasonik teknolojileri ve kanıtlanmış "geçiş zamanı" kavramını kullanır. Geçiş zamanı kavramı, bir çift karşıt ultrasonik verici ve alıcı arasındaki "faz gecikmesine" verilen addır. Biri, üst akış geçiş zamanını ölçer ve diğeri, alt akış geçiş süresini ölçer (Şekil 12).^[5]

Ultrasonik sinyalin geçiş süresi, kan akımıyla aşağı doğru hareket ederken azaltılır ve kan akışına karşı



Şekil 11. Spectrum Medical M4 ve komponentleri.

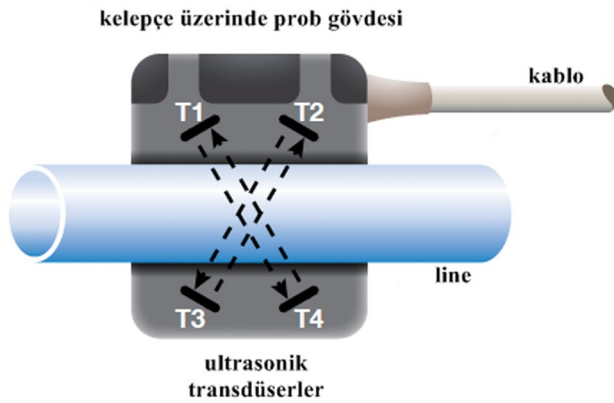
yukarı doğru akarken artar. Entegre transit süreler arasındaki faz gecikmesi akan kan ölçüsüdür. Hem yukarı hem de aşağı doğru algılama sistemlerinde geçiş süreleri eşit olursa, bu kan akışının statik olduğunu gösterir.^[5]

Emboli ve brüt emboli ölçümleri; Sinyal fazındaki değişikliklerle saptanan kan akışının aksine, emboli veya brüt emboli (kabarcıklar), ultrasonik sinyal gücünde azalma tespit edilerek ölçülür. Akan kan karşısında gazlar zayıf bir iletken ultrason enerjisine sahiptir ve emboli algılama yoluyla, gaz elemanları geçerken ultrasonik sinyal azalır. Akan kan içindeki emboli hacmi seviyesi, sinyal azaltma olayının sayısı ile çarpılan sinyal azaltma seviyesine bağlı olacaktır.^[5]

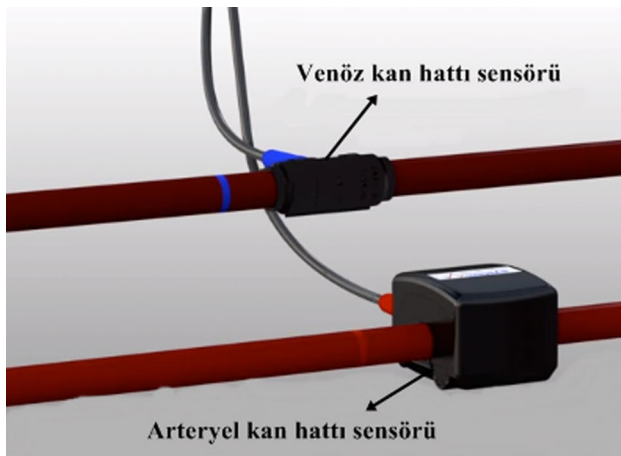
SaO₂ ve SvO₂ ölçümü; O₂ doygunluğunun ölçümü, oksihemoglobin absorpsiyon eğrisinin spesifik bir bölgesini analiz ederek gerçekleştirilir. Bu invaziv olmayan optik şekil tanıma teknolojisinin kullanımı, O₂'nin ölçümünün son derece doğru olmasını sağlar ve ürün ömrü boyunca sevkiyat öncesi kalibrasyonlarıyla tekrarlanabilir. Minyatür bir tarama spektrometresi ve kızılötesi LED kullanarak, sistem 100 ayrı dalga boyu genişliğindeki ışığın yansımalarını okuyarak ölçüm yapar. Özel olarak geliştirilmiş bir algoritma,

Tablo 3				
Spectrum medical M serisi modellerinin online görüntüleme sağladığı temel parametreler				
Sistem M model serisi	O ₂ doygunluğu ve Hct/Hb	Akış ve emboli algılama	Hesaplanmış fizyolojik indeksler	Havalandırma tanıları
M2	+			
M3	+	+	+	
M4	+	+	+	+

Hct: Hematokrit; Hb: Hemoglobin.

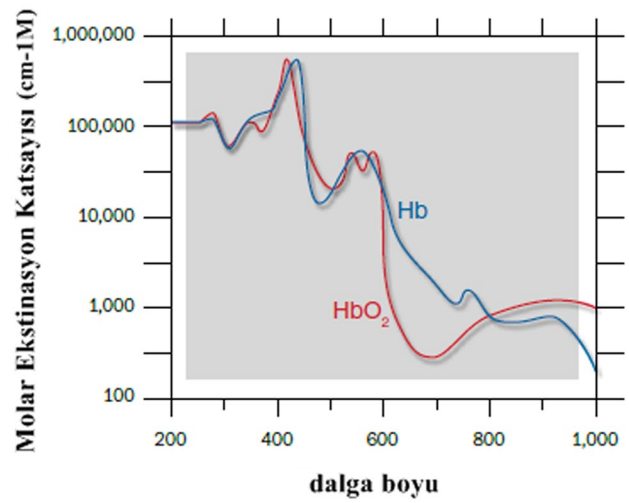


Şekil 12. Specturm Medical kan akış ölçüm probu.



Şekil 13. Specturm Medical invaziv olmayan görüntüleme sistemi.

gerçek bir O_2 konsantrasyonunu hesaplamak için hem tamamen oksijenli hem de indirgenmiş oksijenleştirilmiş emilim eğrilerinin bağlı katkılarını üretmektedir (Şekil 13).^[5]



Şekil 14. Hemoglobin ve oksihemoglobin'in dalga boyu grafiği.

Hematokrit ve hemoglobin ölçümü Specturm Medical hematokrit (%15 ila %50) ve hemoglobinin (5 ila 17 g/dL) sürekli okuması için invaziv olmayan teknolojiyi kullanmakta. Bir LED'den gelen kızılötesi ışık, akan bir kan tüpünden geçirilir. Bir fotodiyot alıcı bir ışık seviyesi tespit eder ve ortaya çıkan ışık enerjisini orantılı bir elektrik çıkışına dönüştürür. Sensörler, yüksek ve düşük konsantrasyon değerleri ile önceden kalibre edilmiş olarak teslim edilir. Yazılım algoritmaları bu ilişkiyi doğrusallaştırır ve gelen sinyali gerçek hematokrit veya hemoglobin değerine çevirir (Şekil 14) (Tablo 4).

Giriş gaz konsantrasyonları da dahil olmak üzere gerçek zamanlı sensör girişlerini kullanma, gaz akışı ve oksijenatörün giriş tarafındaki basınçlar ve oksijenatör çıkış değerleri, tescilli algoritmaların gerçek zamanlı olarak PaO₂ ve PaCO₂'nin invaziv

Tablo 4		
Monitörize edilen fizyolojik indeksler		
Parametre	Birimler	Açıklama
ecDO ₂	mL/min	Doku oksijenasyonunun yeterliliği. Arteriyel kanda O ₂ 'nin hemoglobine bağlı miktarı
ecVO ₂	mL/min	Oksijen tüketimi: Sistemik oksijen alımı
ecO ₂ ER	%	O ₂ ekstraksiyon oranı: Oksijen tüketiminin oksijen iletimine oranı
ecDO ₂ i	mL/min/m ²	Arteriyel kandaki hemoglobine bağlı O ₂ miktarının vücut yüzey alanına oranı
ecVO ₂ i	L/min/m ²	Oksijen tüketiminin vücut yüzey alanına oranı
ecVCO ₂ i	mL/min/m ²	Oksijen tüketiminin vücut yüzey alanına oranı
ecVCO ₂	mL/min	CO ₂ üretimi

Tablo 5 Monitorize edilen ventilasyon parametreleri		
Parametre	Birimler	Açıklama
PaO ₂	mmHg/kPa	Arteriyel kan içindeki O ₂ 'nin kısmi basıncı
PaCO ₂	mmHg/kPa	Arteriyel kan içindeki CO ₂ 'nin kısmi basıncı
FiO ₂	%	O ₂ gazının oksijenatöre giriş oranı
FiCO ₂	%	Oksijenatöre giren CO ₂ gazının fraksiyon oranı
Sürükleme	L/min	Oksijenatörün toplam gaz akışı
FeCO ₂	%	Oksijenatörden çıkan CO ₂ 'nin fraksiyonu
FeO ₂	%	Oksijenatörden çıkan O ₂ 'nin fraksiyonu

olmayan ölçümü üzerinden üreteceği CO₂ değerlerini verir (Tablo 5).^[5]

Sonuç

Kan gazı parametreleri çok sayıda koşul varlığında kardiyopulmoner baypas sırasında hızla değişiklik gösterebilir. Enjektör ile alınan ve kan gazı analizörleri ile çalışılan bir kan gazı, yalnızca numunenin alındığı andaki hasta durumunu yansıtır. Online kan gazı monitörleri ise ölçüm yaptığı parametreler ışığında anlık durum bilgisi verir.

Online kan gazı monitörleri, yaptığı algoritmik hesaplamalar ile kan gazı ölçüm cihazlarından farklı olarak; DO₂, O₂ER, VCO₂ vb. birçok hayati önem taşıyan parametreler saniye saniye hesaplanarak monitörize edilmektedir.

Perfüzyonun amacına ulaşabilmesi için hastanın anlık durumu hakkında öngörü oluşturabilmesi aynı zamanda parametrelerdeki uygun olmayan değerlerin monitörizasyon da uyarı eşliğinde, kullanıcıyı anında uyarabilmesi sayesinde yapılması gereken manipülasyonların zamanında gerçekleşmesine olanak tanır.

Online kan gazı monitörleri kardiyopulmoner baypas sırasında zaman kazanımı, anlık müdahale

şansı ve perfüzyonun hedef odaklı yapılmasına yol gösterecek bir teknolojidir.

Çıkar çakışması beyanı

Yazarlar bu yazının hazırlanması ve yayınlanması aşamasında herhangi bir çıkar çakışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Finansman

Yazarlar bu yazının araştırma ve yazarlık sürecinde herhangi bir finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Aygencel G. Interpretation of arterial blood gases. [Article in Turkish] Turk Kardiyol Dern Ars 2014;42:194-202.
2. Terumo, Erişim linki: http://www.terumo-cvs.com/doc/869407_Terumo-CDI500-Tech-Compendium_JAN2016_FINAL_readerSpreads.pdf [Erişim tarihi: 16.06.2018]
3. Livanova-Sorin. Erişim linki: <http://www.livanova.sorin.com/products/cardiac-surgery/perfusion/hlm/b-care5>. [Erişim tarihi: 17.06.2018]
4. MAQUET. Erişim linki: <http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/REL/REL%5B28332-1-2%5D.PDF>. [Erişim tarihi: 17.06.2018]
5. Specturm Medical. Erişim linki: http://www.spectrummedical.com/uploads/documents/SystemM-update_2-17_US_web.pdf. [Erişim tarihi: 17.06.2018]