

DERLEME / REVIEW

YOĞUN BAKIMDA SİRKULATUVAR ŞOK VE MONİTÖRİZASYON YÖNTEMLERİ

CIRCULATORY SHOCK AND MONITORIZATION TECHNIQUES IN INTENSIVE CARE UNIT

Meltem KİPRİ, Esra ÇALIŞKAN

Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Başkent University Faculty of Medicine, Department of Anesthesiology and Reanimation, Ankara, Turkey

ÖZ

Sirkülatuar şok hayatı tehdit eden akut dolaşım yetmezliği olarak tanımlanmaktadır. Uygun hemodinamik monitorizasyon şokun mevcut fazına, kompleksliğine ve başlangıç tedaviye yanıtına göre değişmektedir. Yatak başı monitörizasyon teknikleri hemodinamik durumun ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesi açısından klinisyene yardımcıdır. Klinik değerlendirmeden alınan bilgiler ile beraber altta yatan sebeplerin açıklanması ve şokun evresini belirlemede seçilecek başlangıç monitörizasyonu önemlidir. Başlangıç tedaviye yanıt veren şiddetli olmayan şoku olan hastalarda ileri hemodinamik monitorizasyona gerek olmadığı görüşü yaygındır. Başlangıç tedaviye yanıt vermeyen/kompleks hastaların kardiyak disfonksiyonunun derecesini ve uygun tedavinin seçimini belirleme ileri hemodinamik değerlendirme olmadan zordur ve kardiyak output ölçüm endikasyonu mevcuttur. Son yıllarda hemodinamik monitorizasyon teknikleri belirgin şekilde invazivden minimal invaziv/noninvazive, intermittan'dan sürekli ve gerçek zamanlı hemodinamik değişken ölçümüne doğru gelişmiştir. Gelecekte hemodinamik monitörizasyon şüphesiz non invaziv, cepte taşınabilen, teknolojik cihazlarla uyumlu olacağı yönündedir.

ANAHTAR KELİMELER: Şok, Hemodinamik monitörizasyon, Kardiyak output

ABSTRACT

Circulatory shock is defined as a life threatening acute circulatory failure. Appropriate hemodynamic monitorisation varies according to the degree, complexity of the shock, response to the initial treatment. Bedside monitoring techniques help the clinician evaluating hemodynamic status and response to treatment. Initial monitorization is important to determine underlying causes together with the information obtained from the clinical evaluation and phase of the shock. Advanced hemodynamic monitorization is not necessary when the patients with shock respond the initial therapy is widely considered. It is difficult to determine the degree of the cardiac disfunction and appropriate choice of treatment without advanced hemodynamic evaluation when initial therapy is not appropriate or in complex cases and measuring cardiac output is indicated. In recent years hemodynamic monitorization techniques have evolved markedly from invasive to minimal/noninvasive, intermittant to continuous and real time hemodynamic variable measurement. In the future, hemodynamic monitoring will undoubtedly be non-invasive, can be carried in the pocket and compatible with the technological devices.

KEYWORDS: Shock, Hemodynamic monitorization, Cardiac output

GİRİŞ

Sirkülatuar şok hayatı tehdit eden akut dolaşım yetmezliği olarak tanımlanmaktadır, şok sırasında kardiyak outputta (CO) azalma ve dokularda hipoperfüzyon sonucunda mikrosirkulatuvar hipoksi gelişmektedir (1). Dokuların oksijen sunumu ve kullanımı arasında dengesizlik ve sonucunda hücrel disoksi görülmektedir (1, 2). Şok durumunda görülen ana kardiyovasküler bozukluklar, hipovolemi, vasküler tonusta azalma ve kardiyak

disfonksiyondur (3). Bozulmuş doku perfüzyonunun sebep olduğu semptomlar ise; soğuk, nemli bir cilt, idrar çıkışında azalma ($<0.5 \text{ ml kg}^{-1} \text{ sa}^{-1}$), mental durumda bozulma, bozulmuş mikrosirkülasyon sonrası akrosiyanoz ve santral-parmak ucu ısı gradiyent artışıdır. Ancak bununla birlikte doku perfüzyonu ve oksijenasyon anlamlı olarak azalsa da kompensatuvar mekanizmalar sebebiyle düşük kan basıncı şokun tanımlanmasında zorunlu bir

Çıkar çatışması/Conflict of Interest: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir./ Authors do not report any conflict of interest.

Geliş tarihi/Received: 18/07/2018

Kabul tarihi/Accepted: 20/09/2018

Yazışma Adresi (Correspondence):

Dr. Meltem KİPRİ, Başkent Üniversitesi Dr. Turgut Noyan Uygulama ve Araştırma Merkezi, Dadaloğlu Mahallesi, 2591.Sokak No:4/A 01250, Yüreğir, Adana, Türkiye

E-posta (E-mail): meltemkipri@gmail.com

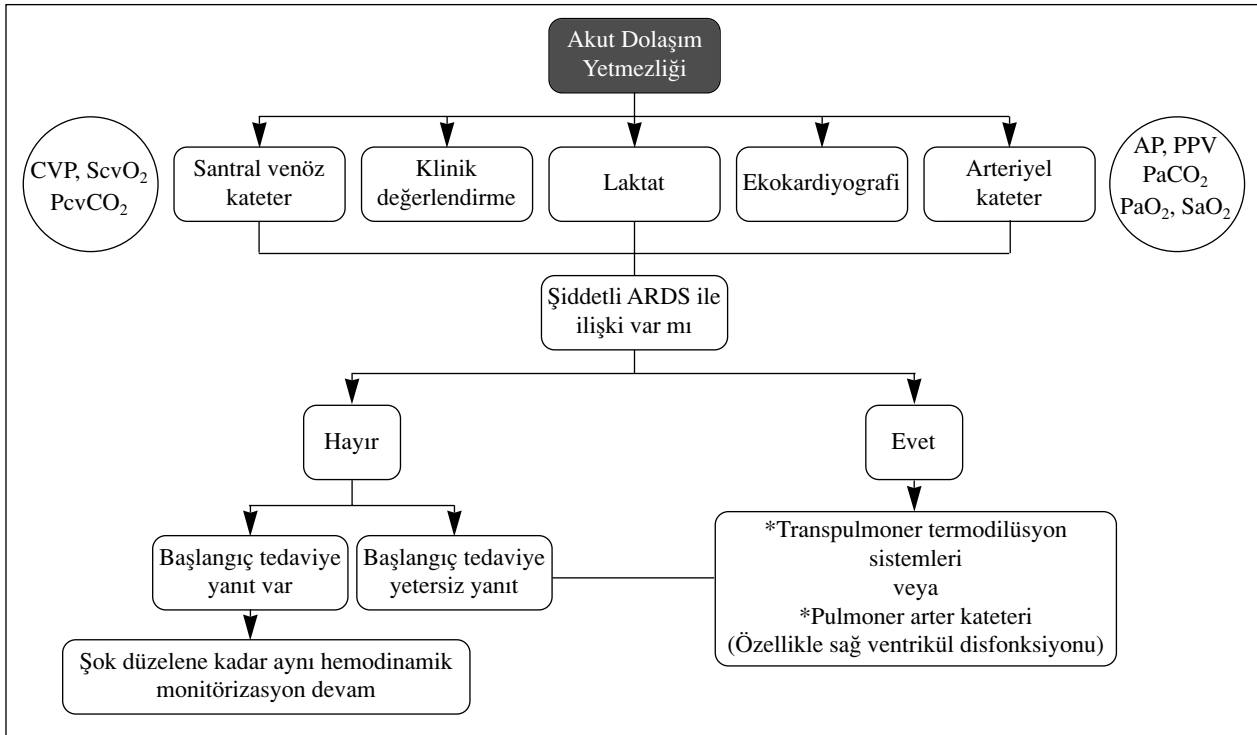
durum değildir (1, 2). Şok yoğun bakımda yatan hastaların 1/3'ünde görülmektedir (4) ve %63.2 ile septik şok en sık görülürken bunu %16.1 ile hipovolemik, %15.7 ile kardiyojenik, %5.9 ile diğer nedenler (spinal, anafilaksi, intoksikasyon) izlemektedir (5).

Şok tanısı tıbbi öykü ve fizik muayeneyi de içeren ayrıntılı klinik değerlendirme, hemodinamik ve biyokimyasal parametrelerin ölçümü esasına dayalıdır (1). Yoğun bakım ünitelerinde büyük bir problem haline gelen şokun primer etiolojisini belirlemek, uygun tedavi seçeneği ve etkinliğini değerlendirmek için kardiyak fonksiyon ve preload yanıtını değerlendirmek önemlidir. Uygun hemodinamik monitorizasyon şokun mevcut fazına, kompleksliğine ve başlangıç tedaviye yanıtına göre değişmektedir (3) (Şekil 1). Yatak başı monitorizasyon teknikleri hemodinamik durumun ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesi açısından klinisyene yardımcıdır (6).

gelişme minimal veya total noninvaziv tekniklerle hemodinamik monitorizasyon uygulama stratejilerinin gelişmekte olmasıdır.

Başlangıç monitorizasyon yöntemleri

Klinik değerlendirmeden elde edilen bilgilerle beraber alta yatan sebeplerin açıklanması, temel hemodinamik monitorizasyon ve şokun evresini belirlemede seçilecek başlangıç monitorizasyonu takip ve tedavi planı açısından önemlidir (6). Şok tablosunda olan hastaların klinik değerlendirmelerine ek olarak, hemodinamik yönden değerlendirilmelerinde temel monitorizasyon yöntemleri olan santral venöz ve arteriyel kateterizasyon ve ekokardiyografi ilk seçenek yaklaşım olarak önerilmektedir (1, 3). Eğer uygulanan tedavi yaklaşımı ve monitorizasyon yöntemi ile hemodinamik stabilize sağlanabiliyorsa mevcut monitorizasyon yöntemine şok kliniği dü-



Şekil 1. Akut dolaşım yetmezliği olan hastalarda hemodinamik monitorizasyon seçiminin basitleştirilmiş algoritmi

CVP: santral venöz basınç, ScvO₂: santral venöz oksijen saturasyonu, PcvCO₂: santral venöz karbondioksit basıncı, AP: Arteriyel basınç, PPV: nabız basınç varyasyonu, PaCO₂: Arteriyel kanda karbondioksit basıncı, PaO₂: Arteriyel kanda oksijen basıncı, SaO₂: Arteriyel kan oksijen saturasyonu, ARDS: akut respiratuar distress sendromu (6).

Durum hızlıca tersine çevrilmediği sürece sirkülatuar şok hastalarında arteriyel ve venöz kateter yerleştirilmesi ve erken ekokardiyografi uygulaması konusunda yaygın bir fikir birliği mevcuttur (1, 2). Son yıllarda sirkülatuar şok monitorizasyonunda yaşanan en önemli

zeleneye kadar devam edilebilir. Başlangıç tedaviye yanıt veren şiddetli olmayan şoku olan hastalarda ileri hemodinamik monitorizasyona gerek olmadığı görüşü yaygındır (2).

Ultrasonografik görüntüleme

Yatak başı multi-organ ultrason değerlendirmesi spesifik protokoller uygulanarak şokun tanı ve tedavisi ile ilgili standart klinik değerlendirmeye ek güçlü bir yardımcıdır. Bu protokoller perikard, plevra ve peritoneal kavitede sıvı olup olmadığını değerlendirme, inferior vena kava (IVC) çapını ölçme, kalp kontraktilesini değerlendirmeyi içerir (7).

Kardiyak ultrason (ekokardiyografi), hemodinamik bozuklukları daha iyi tanımlamaya, en iyi terapötik opsiyonu seçmeye ve tedaviye yanıtı değerlendirmeye yardımcı olmaktadır (8). Ekokardiyografi sürekli bir hemodinamik monitörizasyon sağlamaz ancak akciğer ve IVC'den alınan enformasyon sonrasında probun subksifoid düzleme yönlendirildiğinde kalpten alınan bilgiler, izole yorumlardan ziyade entegre değerlendirme ile şok etyolojisini belirlemede altın standarttır. Noninvaziv olması, radyasyon riski taşımamasına ek olarak, minimal eğitimle dahi etiyoloji yaklaşık 2 dakika gibi bir sürede belirlenebilir (2, 7, 9,10). Ekokardiyografi şok sırasında kardiyovasküler değerlendirmenin ilk aşaması olarak önemli bir yöntemdir ve zaman kaybetmeden hızlıca uygulanarak sistolik ve diyastolik ventrikül fonksiyonları hakkında bilgi alınabilir (3,11). Sol ventrikül (LV) ejeksiyon fraksiyonu (EF) ölçümü ile LV kontraktilesi hakkında bilgi, subaortik akım hız zaman integrali (VTI) ve LV çıkış yolu ölçümleri ile atım hacmi ve CO tahminleri, sol kalp diyastolik fonksiyonu, dolum basınçları, sağ ventrikül fonksiyonu hakkında bilgi verebilir. Bunlara ek olarak, subaortik maksimum hız, IVC çapı, pasif bacak yükseltmeye subaortik VTI yanıtı analizleri gibi dinamik parametreler ile sıvı yanıtılığı da değerlendirilebilir (3, 10, 12).

İnvaziv arteriyel kateter

Arteriyel kateter kullanılarak kan basıncı monitörizasyonu, şok durumlarında sık kullanılan en basit yöntemlerden biridir. Vazopressör tedavi alan veya başlangıç tedaviye yanıt vermeyen hastalarda sürekli kan basıncı monitorizasyonu önerilmektedir (2). Arteriyel kateterizasyon, nabız dalga analizi ve arteriyel basınç dalga formunun matematiksel analizi ile LV afterload'ı hakkında bilgi veren sistolik arter basınç monitörizasyonuna, arteriyel tonusun indikatörü diyastolik arter basıncı ve atım hacmi ölçümüne ve dolayısıyla sürekli CO tahminine olanak sağlar (13, 14). Hemodinamik resüsitasyon hedefli organ perfüzyon basıncını belirleyen ortalama arter basıncı (OAB) ve atım hacminin indikatörü olan nabız basıncının gerçek zamanlı sürekli monitörizasyonuna, sıvı tedavisine yanıtı değerlendirmede nabız basınç varyasyonunun (PPV) hesaplanmasına olanak

sağlar (2, 6). Arteriyel kan gazının tekrarlayan örneklemesine de olanak sağlamaktadır (3).

Santral venöz kateter

Şoktaki hastada sıvı ve vazopressör infüzyonu için geniş lümenli santral venöz kateterizasyon sıklıkla gereklidir (3). Aynı zamanda santral venöz basınç (CVP), santral venöz oksijen saturasyonu (ScvO₂), santral venöz karbondioksit basıncı ölçümüne de olanak sağlar (3, 6, 15). Santral venöz oksijen saturasyonu, oksijen sunumu ile kullanımı arasındaki dengenin gerçek zamanlı göstergesidir (15). Miks venöz oksijen saturasyonu (SvO₂) ölçümü invaziv pulmoner arter kateterizasyonu gerektirdiğinden, pratikte ScvO₂ kateterin ucu kava-atrial bileşkeye yerleştirildiğinde %2-3'lük fark ile ölçülebilir, hızlı ve gerçekçi sonuç vermektedir (15, 16). Sağlıklı hastalarda kritik ekstraksiyon eşik değeri 0.7'dir, bu değer altında yetersiz global oksijen sunumu, yetersiz doku perfüzyonu, anaerobik metabolizma (laktat üretimi) başlar (6). Ancak literatürde yapılan çalışmalarda; normal/yüksek ScvO₂ değerinin oksijen sunumunun yeterli veya ihtiyaçtan daha fazla olduğunu gösterdiğine dair kesin kanıtlar bulunmamaktadır (17). Organ perfüzyon basıncı da tek başına OAB değerinden daha değerli bir parametredir (6). Santral venöz basınç değeri ekstrem bir değer aralığında değil ise diğer değişkenlerle beraber yorumlanmalıdır (2). Sıvı tedavisine yanıtı değerlendirmede statik bir parametre olan CVP değeri sınırlı ve artık önerilmeyen bir ölçüm olsa da, sıvı tedavisi sırasında değişiklikleri izlemek ve güvenliği sağlamaya yardımcı olabilir (18).

Veno-Arteriyel karbondioksit açığı (pCO₂ açığı)

Arteriyel ve santral venöz kan örneklemeleri birleştirildiğinde, pCO₂ açığı hesaplanmasına olanak sağlar (6). Santral venöz veya miks venöz ile arteriyel karbondioksit parsiyel basıncı arasındaki fark CO'un yeterliliğini değerlendirmede kardiyak indeksin yerine kullanılabilir ve ScvO₂ normal sınırlarda iken oksijen ekstraksiyonunda bozulmayı değerlendirmede iyi bir indikatördür (6, 17). Bu değer resüsitasyon sırasında, uygulamanın yeterliliği konusunda fikir verebilmektedir. Değer >6mmHg iken ScvO₂ %70 eşik değere ulaşsa bile yetersiz resüsitasyonu göstermektedir ve 24 saatten uzun süren açık artmış mortalite ile ilişkilidir (17).

Laktat düzeyi

Oksijen sunumu oksijen ihtiyacını karşılamak için eşik değer altına düştüğünde, ihtiyaç sunuma bağımlı hale gelir ve dokular anaerobik metabolizma son ürünü laktat üretir (15). Hiperlaktatemi şokun tipinden bağımlı-

sız olarak daha kötü yanıtlar ile ilişkili bulunmuştur ve şokun herhangi bir aşamasında laktatın 4mmol L^{-1} üzerinde olması mortalite için bağımsız risk faktörüdür. Septik çoklu hastalarda laktat seviyesi artmadan dirençli hipotansiyonun mortaliteye etkisinin sınırlı olduğu bildirilmiştir (19). şokun tanısı ve şok resusitasyonunu yönlendirme açasından laktat temizlenme hızı değerlendirmeleri hızlı, güvenilir, çabuk ulaşılabilir ve periferden elde edilebilmesi nedeniyle değerlidir (2, 15). Tek başına laktat düzeyini değerlendirmek yerine laktat temizlenme hızının değerlendirilmesinin daha değerli bir parametre olduğu, ScvO_2 ile klinisyene oksijen sunumu ve metabolizması ile ilgili değerli bilgiler verdiği görüşü yaygınlaşmaktadır (2). Resusitasyonun 6-24 saatleri arasında 2mmol L^{-1} üzerinde laktat düzeyi dirençli hiperlaktatemi ile ilişkili iken, laktat seviyelerinde % 20-60'tan fazla azalma mortalitede azalma ile ilişkili bulunmuştur (20, 21). Klinikte seri laktat ölçümlerinin (ilk 8 saatte her 2 saatte bir, sonrasında her 8-12 saatte bir) baz defisiti ile beraber değerlendirildiğinde, sadece sonuçlar ve prognozu değil aynı zamanda tedaviyi de yönlendirmeye yardımcı olabileceği öngörülmektedir (2). Laktat seviyelerinin tüm şok şüphesi olan hastalarda ölçülmesi, tedavinin değerlendirilmesi ve rehberliği için seri ölçümler yapılması önerilmektedir (21). Ancak unutulmamalıdır ki hiperlaktatemi sadece hipoperfüzyonun değil metabolik stresin bir belirtecidir ve bazı durumlarda dokularda hipoperfüzyon olmadan hemodinamik olarak stabil hastalarda da gözlenebilmektedir (22).

Laktat temizlenme hızı ve ScvO_2 resusitasyonunun olması son noktadır, düzeltilmesi ile mortaliteye potansiyel yararı gösterilmiştir. Ancak her iki değişkeni de tek başına kullanmak yeterli değildir, çalışmalar iki değişkenin birbirine üstünlüğünü göstermese de laktat düzeyi hedef değere ulaşılmadığında ScvO_2 düzelse bile prognoz daha kötü olduğu bildirilmiştir (22).

Doku oksijenasyonunu değerlendirirken, klinik muayene, laktat ve ScvO_2 ölçümlerinin yorumlanarak değerlendirilmesi tek başına CO'un monitörizasyonundan daha amaca uygun bulunmuştur (23).

Başlangıç tedaviye yanıt vermeyen hastalarda monitörizasyon

Başlangıç tedaviye yanıt vermeyen veya kompleks hastaların kardiyak disfonksiyonunun derecesinin ve uygun tedavi seçiminin belirlenmesi, ileri hemodinamik değerlendirmeler olmadan zordur (3). Başlangıç tedaviye rağmen dirençli sirkulatuvar şok sırasında, ek sıvı tedavisi ve vazopressör tedaviyi değerlendirme açasından CO ölçüm endikasyonu mevcuttur (13). şiddetli şok durumlarında etiyolojii belirleme ve tedaviyi yönlendir-

mede sürekli/yarı-sürekli CO ve/veya SvO_2 ölçümleri pratikte uygulanmaktadır (2). ARDS varlığında dilüsyonel teknikler (transpulmoner termodilüsyon veya pulmoner arter kateteri) önerilmektedir. Bu hastalarda transpulmoner termodilüsyon sistemleri ile ekstravasküler akciğer volümünü özellikle ARDS hastalarında değerlendirmek önemlidir, EKO'da şiddetli sağ ventriküler disfonksiyon gösterilen hastalarda pulmoner arter kateteri kullanılabilir (2). Sıvı tedavisinin risk yarar oranı bu monitorizasyon sistemleri ile değerlendirilebilir (3, 13).

Pulmoner arter termodilüsyon

Pulmoner arter kateteri (PAK), kardiyak outputun aralıklı ölçümüne olanak sağlamaktadır ve uygulamada altın standarttır (24). Kullanımındaki avantaj, sağ atrium basıncı, pulmoner arter basıncı (PAB) ve pulmoner arter oklüzyon basıncı (PAOB) ölçülebilmesidir. Ekokardi-yografi ile sağ ventrikül disfonksiyonu tanımlanan hastalarda, PAK ile CO'ya ek olarak PAB ve sağ atrium basıncı ölçümü de önerilmektedir (24, 25). Bunun yanı sıra SvO_2 , miks venöz karbondioksit basıncı ölçümü sağlanarak oksijen kullanımı açasından CO yeterliliği, hücrel metabolizma ürünü olan CO_2 temizlenmesinin yeterliliği değerlendirilebilir (2). Ancak invaziv bir yöntem olması, bir çok çalışmada klinik sonuçlara yararlı etkilerinin yeterli olmadığı ve 30 günlük mortaliteyi arttırdığı yönünde sonuçlar yayınlanmıştır (26, 27). Bu nedenle PAK yerine daha az invaziv yöntemlerin kullanılması önerilmektedir (25).

Arteriyel nabız kontur analizi

Tüm arteriyel nabız basıncı dalga formundan atım hacmi tahmini yapan minimal invaziv ve non-invaziv araçlar, ventrikülo-arteriyel bağlantı esasına dayanır. Arteriyel nabız basıncı ve konturu LV atım hacmi ve arteriyel empedanstan elde edilir (6). Nabız kontur analiz sistemine asıl ilgi gösterilme sebebi gerçek zamanlı, eksternal veya internal hacim değişikliklerine CO yanıtının hızlı olması, sıvı yanıtına PPV ve atım hacmi varyasyonu (SVV) gibi dinamik parametrelerin otomatik hesaplanmasını sağlaması, PPV ve SVV ölçümünün uygun olmayacağı spontan solunum mevcudiyeti vb. durumlarda sıvı yanıtılığını değerlendirmeye olanak sağlamasıdır (6, 28). Nabız kontur CO ölçümünün ve elde edilen diğer değişkenlerin güvenilirliği arteriyel basınç sinyalinin kalitesi ile direk bağlantılıdır (14).

Ankalibre Arteriyel kontur analizi

Sistem kalibrasyon ihtiyacı olmadan CO, atım hacmi, SVV, sistemik vasküler direnci görüntülemeye olanak sağlar (6, 25). Teorik olarak bu cihazların avantajı radi-

yal arter kateteri kullanabilmesi ve kalibrasyona ihtiyaç duymamasıdır (2). Kardiyak dolun basınçları, global diyastol sonu hacim, ekstrasvasküler akciğer hacmi, PPV ve SVV hakkında bilgi vermez bu durum PAK ve transpulmoner termodilüsyon yöntemi ile karşılaştırıldığında bir dezavantajdır (6). şu an mevcut sistem CO ölçümü için nabız kontur analizi ve volüm klemp metodunu kullanılmaktadır, bu metod perioperatif dönem için uygun görünmektedir (29). Ancak vazopresör ihtiyaı olan şok hastaları, istatistiksel düzeltme gerektiren standart dışı durumlar, hemodinamik olarak unstabil hastada tekrar kalibrasyon gerekliliği, bu sistemleri güvenilirmez yapmakta ve kullanımını sınırlamaktadır (29, 30).

Kalibre nabız kontur analizi

Nabız kontur analiz sistemi üzerinden gerçek zamanlı sürekli CO ölçümü ve aralıklı transpulmoner termodilüsyon ölçümlerini kombine eder (25). Transpulmoner termodilüsyon ve lityum dilüsyon monitörü kalibre nabız kontur analiz yöntemleridir (6).

Transpulmoner termodilüsyon

Transpulmoner termodilüsyon yöntemi PAK'den daha az invaziv ancak yine de bir santral venöz ve femoral arter kateterine ihtiyaç duyan invaziv bir yöntemdir (2). Soğuk tuzlu su solüsyonunun superior vena kava etrafında bir vene enjeksiyonu ve sonrasında femoral artere yerleştirilen ısıya duyarlı bir prob ile sıcaklık değişimini ölçen termodilüsyon tekniğidir (31). Termodilüsyon eğrisi ile aralıklı CO ölçümü, kardiyak preload'ın göstergesi global enddiastolik volüm, kardiyak sistolik fonksiyonun göstergesi olan kardiyak fonksiyon indeksi ve global EF değerlendirilmesine olanak sağlar (3). Özellikle pulmoner ödemin kantitatif ölçümü, ekstrasvasküler akciğer hacmi, pulmoner vasküler geçirgenlik indeksi, preload yanıtlarını değerlendirilebilecek femoral arter nabız kontur analizi (PPV, SVV, pasif bacak yükseltmeye nabız kontur CO yanıtı) ölçümüne olanak sağlar (2, 24). Kalibrasyon intervali her 8 saatte 1 veya sistemik vasküler dirençte klinik olarak anlamlı bir değişiklik olduğunda önerilmektedir (25). Daha az invaziv olması ve pediatrik popülasyonda da kullanılabilmesi gibi avantajları yanında kateter ilişkili ve işlem uygulanan yer ile ilgili enflamasyon nadir olarak bildirilmiştir (32).

Lityum dilüsyon monitörü

Santral ven veya periferik bir ven aracılığıyla dolaşma verilen inidikatör izotonik lityum kloridin arteriyel kateter üzerindeki sensör aracılığıyla konsantrasyon-zaman eğrisi üzerinden aralıklı CO, PPV ve SVV ölçümü esasına dayanmaktadır (33). Monitör ayrıca Arteriyel

kan basıncı dalga form kaynaklı sinyalleri, nabız güç algoritmine dönüştürerek, sürekli CO tahminine olanak sağlar (3). Bununla birlikte, kalibrasyon için gerekli tekrarlayan dozlarda lityum bolusu intoksikasyona sebep olabilmektedir ve maliyet yüksekliği gibi sakıncaları bulunmaktadırdır (6).

Transözefageal ekokardiyografi

Transözefageal ekokardiyografi ile minimal invaziv ve gerçek zamanlı sürekli atım hacmi ve CO ölçümü yapılabilir. Doppler bazlı method klinik pratikte daha çok tercih edilmektedir. Sol ventrikül çıkışı yolunda sürekli dalga doppler ile VTI ölçülebilir (25). Transözefageal ekokardiyografi hemodinamik değerlendirmeye ek olarak, aynı zamanda volüm değerlendirmesi için LV diyastol sonu alanı, ventriküler EF, miyokard kontraktilesi, sağ ventrikül hakkında da bilgi verir (34). Prob özefagusa kör olarak yerleştirildiğinden hipofarinks ve özefagusta travmaya neden olabilir, bu nedenle gastroözefageal patolojisi olan hastalarda önerilmemektedir (35).

Özefagus doppler

Desendan aorta kan akımının hız dalga formu ile sürekli atım hacmi ve CO ölçümü esasına dayanmaktadır (36). Uygulama sedasyon veya genel anestezi altında yapılmakla birlikte, ölçüm sırasında hasta hareketi ile sinyal kaybı meydana gelebilmektedir (25). Vücudun üst ve alt kısımları arasında kesintisiz kan akımı esastır (36). Bunun yanında düzeltilmiş debi zamanı ve atım hacmi varyasyonu verileri elde edilebilir (13). Ancak şok veya vazoaktif tedavi sırasında arteriyel sempatik tonus değişiklikleri tarafından etkilenebilmekte, hastaların desendan aorta çapı ölçülmeyip hasta karakteristiklerinden tahmin edildiğinden hata payları olabilmektedir (37).

Noninvaziv CO değerlendirme yöntemleri

Günümüzde birçok farklı noninvaziv CO ölçüm yöntemleri tasarlanmaktadır. Halen kullanılmakta olan birçok yöntemin belirli sınırlamaları mevcuttur ve iyileştirme gerekmektedir (25). Bunlar bioimpedans/bioreaktans, nabız dalga transit zamanı, parsiyel karbondioksit tekrar soluma, doppler methodları ve noninvaziv nabız dalga analizidir (6, 25). alışmalar noninvaziv sistemlerin doğru ve güvenilir CO tahminleri yaptığını söylese de, onay çalışmalarının çoğu rutin klinik pratikte tartışmalı sonuçlar vermektedir ve şok sırasında CO tahmini için önerilmemektedir (38).

Bioimpedans ve Bioreaktans

Torasik elektriksel bioimpedans, torakstan geçen düşük amplitüd yüksek frekanslı elektrik akımının torasik aort kan akımında neden olduğu değişiklikler, elektrik-

sel bioreaktans kardiyografi, torakstan geçen elektrik direncinin frekans değişiklikleri ile hemodinamik parametreleri ölçüm esasına dayanır (39).

Parsiyel CO₂ tekrar soluma tekniği

Ekspire edilen CO₂ konsantrasyonu indikatör olarak kullanılarak, sürekli CO monitörizasyonuna olanak sağlar. Minimal invaziv bir yöntem olsa da hastaların entübe olmaları gerekliliği ve gaz değişim anomalisi olan hastalarda uygulanma zorluğu mevcuttur (25).

Volüm klemp metodu

Tamamen noninvaziv, sürekli CO monitorizasyon sistemi, sürekli kan basıncı ölçümü ve nabız kontur analizi değerlendirmelerini kombine etmektedir. Sistem kan basıncı, atım hacmi, CO, SVV, PPV ve sistemik vasküler direnç parametrelerini sağlamaktadır (25).

Nabız dalgası transit zamanı metodu

Sürekli ve gerçek zamanlı kardiyak output tahmini için elektrokardiyogram ve pletismografik dalga formu pulse oksimetreye ihtiyaç duyar. Ancak bu aritmi mevcudiyeti ve periferik vazokonstriksiyonu olan şoktaki hastalarda klinik olarak önerilmemektedir (40).

Mikrosirkülasyonun monitörizasyonu

Mikrosirkülasyon monitörizasyonu alanındaki gelişmeler 10 yıldan fazla süredir devam etmektedir (6, 41). Makrosirkülasyonun bir değişkeni olan CO'un monitorizasyonu klinisyenler tarafından genellikle en sık değerlendirilen yöntem iken, kompleks hemodinamik bozukluklara sahip hastalarda mikrosirkülasyona değinmemek gerçeklikten uzak bir yaklaşım yöntemidir (42). Kritik hastalarda mikrosirkülasyonu değerlendiren bir çok teknik mevcut olmakla beraber, makrosirkülasyon ve mikrosirkülasyonun disosiyasyonunu açıklayan yatak başı monitör bulunmamaktadır (2). Şok durumunda perfüze olan kapillerlerin hacmi azalırken, mikrosirkülatuvar perfüzyonda heterojenite artışı mevcuttur (41). Hemodinamik uyum, resusitasyon sistemik hemodinamik parametreleri (CO gibi) yerine koyarken, mikrosirkülasyonda eş zamanlı iyileşmeyi amaçlar. Resusitasyon, dolaşım ve oksijenasyonun sistemik değişkenlerini normalize etmeyi amaçlar, bu değişkenlerde düzelmeye mikrosirkülasyonun perfüzyonunda paralel iyileşme ile sonuçlanır ve doku oksijenasyonunun restorasyonunu sağlar (42). Mikrosirkülasyon verilerinin resusitasyon için rutin kullanımını yerine bu verileri hastaların karar verme ve tedavi sürecini iyileştirmek için uygulama önerilmektedir (43).

Mikrosirkülasyonun direk görüntülenmesi, kolayca

erişilebilen alanlarda yapılan girişimlerin mikrosirkülatuvar akıma etkilerini değerlendirme olanağı sağlar (44). Kritik hastalarda doku perfüzyonunun monitörizasyonu ilk olarak, periferik cilt perfüzyonunun değerlendirilmesi yaklaşımı ile başlamıştır. Diğer yandan bazı teknolojik gelişmeler, taşınabilir video mikroskopların kliniğe girmesi ve yatak başı sublingual mikrosirkülasyonun değerlendirilmesi ile anlamlı bilgiler elde edilebileceğinin kanıtları giderek artmaktadır (45).

Non-invaziv sublingual video mikroskop, yanal akım karanlık alan görüntüleme tekniği ile sublingual bölgenin mikrosirkülatuvar kan akımını yatak başı görüntüleyerek iç organların mikrosirkülasyonunun değerlendirilmesine izin verir (46). Yanal akım karanlık alan teknolojisi, taşınabilir video sisteminde, dokuyu yeşil ışık yayan diyot aydınlatır ve ışığı absorbe eden eritrositler koyu renk, arka plan gri görünür (47). Görüntü kalitesi sublingual mikrosirkülasyonu değerlendirirken önemli bir problemdir. İşlemi yapan kişinin deneyimi ve hastanın kooperasyonu görüntü kalitesini etkiler. Yetersiz video kalitesi yanlış mikrosirkülatuvar verilere sebep olabilir; kan akımı sublingual mukozaya fazla basınç uygulandığında obstrükte olabilir, tükürük veya kan sonucu artefakt görüntülemeyi bozabilir (47). Mikrosirkülatuvar değişkenler üzerine terapötik girişimlerin etkileri gösterilse de, monitörizasyon ve mikrosirkülasyon hedefli tedaviler için daha fazla çalışma gerekmektedir (1).

SONUÇ

Şok resusitasyonu; oksijen sunumunu düzeltme ve yeterli organ fonksiyonlarını sağlayarak uç organ hücresel aktivitesinin düzeltilmesi sırasında çoklu değerlendirme ve girişimleri içerir. Hastanın metabolik durumunu ideal olarak sağlama açısından makrosirkülasyon, mikrosirkülasyon ve hücresel metabolik durum birlikte değerlendirilmelidir (15).

Optimal sıvı yönetimi şokun hemodinamik yönetiminde köşe taşıdır (28). Sıvı resusitasyonunun risk/yarar oranının değerlendirilmesi için sıvı yanıt indekslerinin yatak başı teknikler ile değerlendirilmesi yararlıdır (6). Kılavuzlar sıvı yanıtılığının statik parametreler yerine dinamik parametreler ile değerlendirilmesini önermektedirler, ancak dinamik parametrelerin de mekanik ventilatörde spontan solunumu olmayan hastalarda uygulanması gerektiği bilinmektedir (2). Sıvı yanıtılığının bir çok yönden değerlendirilse de kanıt düzeyi en yüksek test birçok yatak başı monitörizasyon tekniği ile gerçek zamanlı otomatik hesaplanabilen nabız basınç varyasyonudur (24).

Son yıllarda hemodinamik monitorizasyon teknikleri

belirgin şekilde invazivden minimal invaziv/noninvaziv, intermitan'dan sürekli ve gerçek zamanlı hemodinamik değişken ölçümüne doğru gelişmiştir. Sıvı yanıtılığı indeksleri (PPV, SVV), ekstrasvasküler akciğer volümü, preload volümetrik ölçümleri gibi yeni parametreler daha az invaziv hemodinamik monitörlere yerleştirilmiş ve kompleks şoku olan hastalarda kullanımına olanak sağlamıştır (6). Minimal invaziv ve noninvaziv tekniklerin kullanımının ana özelliği sürekli CO monitörizasyonu yapabilmesi ve gerçek zamanlı sıvı yanıtlarını değerlendirebilmesidir. Noninvaziv hemodinamik monitörler şu anki mevcut literatür değerlendirmesi ile şoktaki hastalarda önerilmemektedir

Geleceğe bakıldığında hemodinamik monitörizasyon ve CO ölçüm yöntemlerinde PAK kullanımında azalma ile beraber, minimal invaziv ve noninvaziv tekniklerin güvenilirliğinin artacağı düşüncesi hakimdir (25). Minimal invaziv ve noninvaziv teknikler, iyi tanımlanmış ve hasta odaklı global hemodinamik parametreler ve mikrosirkülasyon monitörizasyonuna yönelecektir. Kardiyak output monitorizasyon araçları, sirkulatuar ve mikrosirkulatuar resusitasyonun özellikle moleküler seviyedeki etkinliğini odaklanarak değişiklikleri saptama ve yansıtma üzerine değışeceğini düşündürmektedir (42).

Şimdiye kadar kaydedilen gelişmeler göstermektedir ki; geleceğin hemodinamik monitörizasyon yöntemleri şüphesiz hasta başı ölçüm yapabilen non invaziv, cepte taşınabilen ve teknolojik cihazlarımızla uyumlu olacaktır.

KAYNAKLAR

- Vincent JL, De Backer D. Circulatory shock. *N Engl J Med* 2013; 369: 1726-1734.
- Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, et al. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med* 2014; 40: 1795-815.
- Jozwiak M, Monnet X, Teboul JL. Monitoring: from cardiac output monitoring to echocardiography. *Curr Opin Crit Care* 2015; 21: 395-401.
- Sakr Y, Reinhart K, Vincent JL, et al. Does dopamine administration in shock influence outcome? Results of the Sepsis Occurrence in Acutely Ill Patients (SOAP) Study. *Crit Care Med* 2006; 34: 589-597.
- De Backer D, Biston P, Devriendt J, et al. Comparison of dopamine and norepinephrine in the treatment of shock. *N Engl J Med* 2010; 362: 779-789.
- Teboul JL, Saugel B, Cecconi M, et al. Less invasive hemodynamic monitoring in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2016; 42: 1350-1359.
- Abu-Zidan FM. Point-of-care ultrasound in critically ill patients: Where do we stand? *J Emerg Trauma Shock* 2012; 5: 70-71.
- Vignon P. What is new in critical care echocardiography? *Crit Care* 2018; 22: 40.
- Beraud AS, Rizk NW, Pearl RG, Liang DH, Patterson AJ. Focused transthoracic echocardiography during critical care medicine training: curriculum implementation and evaluation of proficiency. *Crit Care Med* 2013; 41: e179-e181.
- Ha YR, Toh HC. Clinically integrated multi-organ point-of-care ultrasound for undifferentiated respiratory difficulty, chest pain, or shock: a critical analytic review. *J Intensive Care* 2016; 4: 54.
- Wetterslev M, Møller-Sørensen H, Johansen RR, Perner A. Systematic review of cardiac output measurements by echocardiography vs. thermodilution: the techniques are not interchangeable. *Intensive Care Med* 2016; 42: 1223-1233.
- Charron C, Caille V, Jardin F, Vieillard-Baron A. Echocardiographic measurement of fluid responsiveness. *Curr Opin Crit Care* 2006; 12: 249-254.
- Saugel B, Vincent JL. Cardiac output monitoring: how to choose the optimal method for the individual patient. *Curr Opin Crit Care* 2018; 24: 165-172.
- Esper SA, Pinsky MR. Arterial waveform analysis. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2014; 28: 363-380.
- Joshi R, de Witt B, Mosier JM. Optimizing oxygen delivery in the critically ill: the utility of lactate and central venous oxygen saturation (ScvO₂) as a roadmap of resuscitation in shock. *J Emerg Med* 2014; 47: 493-500.
- Ekbal NJ, Dyson A, Black C, Singer M. Monitoring tissue perfusion, oxygenation, and metabolism in critically ill patients. *Chest* 2013; 143: 1799-1808.
- Vallet B, Pinsky MR, Cecconi M. Resuscitation of patients with septic shock: please "mind the gap"! *Intensive Care Med* 2013; 39: 1653-1655.
- Marik PE, Cavallazzi R. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense. *Crit Care Med* 2013; 41: 1774-1781.
- Hernandez G, Castro R, Romero C, et al. Persistent sepsis-induced hypotension without hyperlactatemia: is it really septic shock? *J Crit Care* 2011; 26: 435.e9-e14.
- Zhou J, Song J, Gong S, Li L, Zhang H, Wang M. Persistent hyperlactatemia-high central venous-arterial carbon dioxide to arterial-venous oxygen content ratio is associated with poor outcomes in early resuscitation of septic shock. *Am J Emerg Med* 2017; 35: 1136-1141.
- Haas SA, Lange T, Saugel B, et al. Severe hyperlactatemia, lactate clearance and mortality in unselected critically ill patients. *Intensive Care Med* 2016; 42: 202-210.
- Puskarich MA, Trzeciak S, Shapiro NI, et al. Prognostic value and agreement of achieving lactate clearance or central venous oxygen saturation goals during early sepsis resuscitation. *Acad Emerg Med* 2012; 19: 252-258.
- Monnet X, Teboul JL. Cardiac output monitoring: throw it out... or keep it? *Crit Care* 2018; 22: 35.
- Monnet X, Teboul JL. Assessment of volume responsiveness during mechanical ventilation: recent advances. *Crit Care* 2013; 17: 217.
- Sangkum L, Liu GL, Yu L, Yan H, Kaye AD, Liu H. Minimally invasive or noninvasive cardiac output measurement: an update. *J Anesth* 2016; 30: 461-480.

26. Richard C, Warszawski J, Anguel N, et al. Early use of the pulmonary artery catheter and outcomes in patients with shock and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA* 2003; 290: 2713-2720.
27. Schwann NM, Hillel Z, Hoeft A, et al. Lack of effectiveness of the pulmonary artery catheter in cardiac surgery. *Anesth Analg* 2011; 113: 994-1002.
28. Marik PE, Monnet X, Teboul JL. Hemodynamic parameters to guide fluid therapy. *Ann Intensive Care* 2011; 1: 1.
29. Monnet X, Picard F, Lidzborski E, et al. The estimation of cardiac output by the Nexfin device is of poor reliability for tracking the effects of a fluid challenge. *Crit Care* 2012; 16: R212.
30. Hamzaoui O, Monnet X, Richard C, Osman D, Chemla D, Teboul JL. Effects of changes in vascular tone on the agreement between pulse contour and transpulmonary thermodilution cardiac output measurements within an up to 6-hour calibration-free period. *Crit Care Med* 2008; 36: 434-440.
31. Monnet X, Persichini R, Ktari M, Jozwiak M, Richard C, Teboul JL. Precision of the transpulmonary thermodilution measurements. *Crit Care* 2011; 15: R204.
32. Belda FJ, Aguilar G, Teboul JL, et al. Complications related to less-invasive haemodynamic monitoring. *Br J Anaesth* 2011; 106: 482-486.
33. Reuter DA, Huang C, Edrich T, Sherman SK, Eltzschig HK. Cardiac output monitoring using indicator-dilution techniques: basics, limits, and perspectives. *Anesth Analg* 2010; 110: 799-811.
34. Liu H, Kalarickal PL, Tong Y, et al. Perioperative considerations of patients with pulmonary hypertension. In: Elwing JM, Panos RJ, editors. Chapter 9. InTech Publisher; 2013. doi:10.5772/56056.
35. Kallmeyer IJ, Collard CD, Fox JA, Body SC, Sherman SK. The safety of intraoperative transesophageal echocardiography: a case series of 7200 cardiac surgical patients. *Anesth Analg* 2001; 92: 1126-1130.
36. Cholley BP, Singer M. Esophageal Doppler: noninvasive cardiac output monitor. *Echocardiography* 2003; 20: 763-769.
37. Monnet X, Chemla D, Osman D, et al. Measuring aortic diameter improves accuracy of esophageal Doppler in assessing fluid responsiveness. *Crit Care Med* 2007; 35: 477-482.
38. Saugel B, Cecconi M, Wagner JY, Reuter DA. Noninvasive continuous cardiac output monitoring in perioperative and intensive care medicine. *Br J Anaesth* 2015; 114: 562-575.
39. Lee AJ, Cohn JH, Ranasinghe JS. Cardiac output assessed by invasive and minimally invasive techniques. *Anesthesiol Res Pract* 2011; 2011: 475151.
40. Marik PE. Noninvasive cardiac output monitors: a state-of-the-art review. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2013; 27: 121-134.
41. Sakr Y, Dubois MJ, De Backer D, Creteur J, Vincent JL. Persistent microcirculatory alterations are associated with organ failure and death in patients with septic shock. *Crit Care Med* 2004; 32: 1825-1831.
42. Ince C. Hemodynamic coherence and the rationale for monitoring the microcirculation. *Crit Care* 2015; 19(Suppl 3): S8.
43. Naumann DN, Lima A. Could resuscitation be based on microcirculation data? No. *Intensive Care Med* 2018; 44: 947-949.
44. De Backer D, Hollenberg S, Boerma C, et al. How to evaluate the microcirculation: report of a round table conference. *Crit Care* 2007; 11: R101.
45. Dubin A, Henriquez E, Hernández G. Monitoring peripheral perfusion and microcirculation. *Curr Opin Crit Care* 2018; 24: 173-180.
46. Donati A, Domizi R, Damiani E, Adrario E, Pelaia P, Ince C. From macrohemodynamic to the microcirculation. *Crit Care Res Pract* 2013; 2013: 892710.
47. Damiani E, Ince C, Scorcella C, et al. Impact of microcirculatory video quality on the evaluation of sublingual microcirculation in critically ill patients. *J Clin Monit Comput* 2017; 31: 981-988.