

YOĞUN BAKIM HASTALARININ MONİTORİZASYONUNDA GELİŞMELER

DEVELOPMENTS IN THE MONITORING OF INTENSIVE CARE PATIENTS

Ufuk Çobanoğlu

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Van, Türkiye

e-mail: drucobanoglu@hotmail.com

DOI:10.5152/tcb.2014.025

Özet

Yoğun bakımda hasta takibinin olmazsa olmazı, iyi ve doğru bir monitorizasyondur. Yoğun bakımlarda monitorizasyon, riskli hasta takibinde patofizyolojik anormalliklerin saptanmasına ve tedavinin yönlendirilmesine yarayan temel yoğun bakım uygulamalarından birisidir. Bu amaçla invaziv olmayan ve invaziv monitorizasyon yöntemleri kullanılır. Ancak son zamanda, bu alandaki teknolojik gelişmeler, invaziv olmayan ve daha az invaziv olan yeni monitorizasyon metodlarını ortaya çıkarmıştır. Bu yazımızda yoğun bakımlarda geleneksel olarak kullanılmamış monitorizasyon yöntemleri ile birlikte teknolojinin gelişmesi ile birlikte ortaya çıkan yeni monitorizasyon yöntemlerini ve klinikte kullanımlarını tartıştık.

Anahtar kelimeler: Yoğun Bakım, Monitorizasyon, Yenilikler

Abstract

The most essential matter in following a patient in the intensive care unit is fine and correct monitorization. In intensive care units, monitorization is one of the basic applications for the detection of pathophysiologic abnormalities and the management of treatment. For this purpose, non-invasive and invasive monitoring techniques have been used. Recently, however, technological advancements in this area have introduced new methods of noninvasive and less invasive monitoring. In this paper, we discussed traditional monitorization methods and newer methods that have started to be used with the development of technology and their use in clinical practice.

Key words: Intensive Care, Monitoring, Innovations

GİRİŞ

Yoğun bakım ünitesi (YBÜ) hastasında takibin olmazsa olmazı, iyi ve doğru bir monitorizasyondur. Yoğun bakım üniteleri yaşamı tehdit altında olan fakat geri döndürülebilecek hastaların tedavilerini üstlenir. Bu hastaların tümü teknik ekipmanların aktardıkları bilgilerin temelinde mekanik ve farmakolojik tedavilerin desteğine gereksinim duyarlar (1).

Monitorizasyonun temel amaçları, tanı, takip ve tedavinin titrasyonudur. Bu amaçla invaziv olmayan ve invaziv monitorizasyon yöntemleri kullanılır. Vital bulgular, idrar debisi, mekanik ventilasyon, kan gazları, hematolojik ve biyokimyasal parametreler, koagülasyon, sıvı girdi çıktıları, fizik muayene bulguları gibi pek çok sayısal ve subjektif veri monitorize edilebilir (2).

Bu yazımızda yoğun bakımlarda geleneksel olarak kullanılmamış monitorizasyon yöntemleri ile birlikte teknolojinin gelişmesi ile birlikte ortaya çıkan yeni

monitorizasyon yöntemlerini ve klinikte kullanımlarını tartıştık.

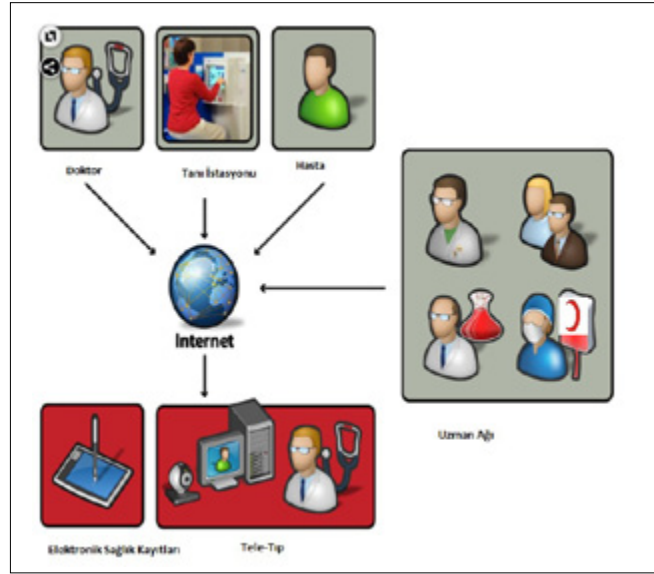
TELE-TIP

Yoğun bakım uzmanlarınca uzaktan hasta bakımı yapılmasını sağlayacak teknolojik bir alt yapının oluşturulması fikri çok fazla ilgi uyandırmaktadır. İkibinli yılların başında yayınlanan bir raporda, bilgi teknolojisinin tıp alanına entegrasyonundaki yetersizlikler incelenmiş ve bir teknolojik değişimin yoğun bakım koşulları sürecine dahil edilme yolu sunulmuştur (3). Bu yazarlardan ikisi ABD’de çeşitli merkezlerde bu değişiklikleri hayata geçiren bir şirket kurmuşlardır (<http://www.visicu.com>) (3). Buradaki yaklaşım, bir hastanede yoğun bakımda tedavi edilen hastaya ait fizyolojik parametrelerin uzaktan monitorizasyonu ve hem hasta, hem de yatak başı yoğun bakım hemşiresi ile işitsel ve görsel iletişim kurmayı içerir. Bu çalışma 24 saat görev yapacak yoğun

bakım uzmanı ve yoğun bakım hemşiresini de içerisine alan ve birçok yoğun bakım ünitesine eş zamanlı hizmet edecek bir merkez gerektirir. Ocak 2004'te yoğun bakımdaki gelişmeleri inceleyen bir raporda bu konu ile ilgili ilk veriler yayınlanmış ve bu sistemi kullanan merkezlerde mortalite oranlarının %27, hastanede kalış süresinin %17 azaldığı belirlenmiştir (4). Bu çalışmayı başlatan şirket, 2001'de "Teknoloji sistemleri Ortaklığında Sağlık Yenilikleri Ödülü"nde birinci olmuştur. Ancak halen bir çok merkezde yoğun bakım hizmetleri kısıtlı imkanlarla ve daha fazla personel istihdam ederek sürdürülmektedir (5). Uzman kilinisyenlere uzaktan erişimin ümit vadeci olmasına karşın, personel istihdamı yerine uzaktan monitorizasyon kullanımının etkinliğinin kanıtlanması için yeni veriler gerekmektedir (Resim 1). Nöroloji yoğun bakım ünitelerinde son dönemde yapılan bir pilot çalışma, uzaktan internet tabanlı bir uzmanın görev yapabileceğini göstermiştir (6). Bu çalışmada nörofizyolojik monitorizasyona ait parametreler (elektroensefalografi, somatoosensoryal uyarılmış potansiyeller, beyinsapı işitsel uyarılmış potansiyeller) internet üzerinden mevcut hale getirilmiş ve uzaktaki bir bilgisayardan nöroloji yoğun bakım uzmanı tarafından yorumlanabilmektedir (6). Bu gelişmelere karşın halen birçok hekim tarafından teknolojinin iyi bir klinik bakım yerine kullanılması beyhude bir çaba olarak görülmektedir. Çığır açan bir cerrah olan William Mayo (1938) "hastanın durumunu tahmin etmede beş duyumuzun değerini tamamen bilmiyoruz" demiştir. Geçen yıllarda Lancette yayınlanan bir çalışma, uzman doktor tarafından yapılan fizik muayene bulgularının 100 tıbbi hastanın %26'sının tedavi edilmesinde esas olduğunu göstermiştir (7).

SANTRAL HEMODİNAMİK MONİTORİZASYON

Yoğun bakımda, hastanın hemodinamisinin ve vücut ısısının optimal hale getirilmesi hasta morbidite ve mortalitesinin kontrolü için anahtardır. Hemodinamik monitorizasyonun hedefi, hedef organ doku oksijenizasyonunu optimal hale getirmeye yardım edecek ve global doku hipoksisi ve şok ve çoklu organ yetmezliğiyle etkin bir şekilde mücadele edecek verileri sağlamaktır. Geleneksel invaziv olmayan hemodinamik monitorizasyon metodları sadece fizik muayene ile ilgilidir ve invaziv metodlar ise daha çok santral venöz ve pulmoner arter kateterizasyonunu içerir. Bu basınçlardan elde edilen preload değerleri sıvı resüsitasyonu ve titrasyonunda yaygın olarak kullanılır. Ancak, çeşitli hasta popülasyonlarında yapılan çok sayıda çalışma (sepsis, kardiyovasküler cerrahi, travma ve diğer kritik



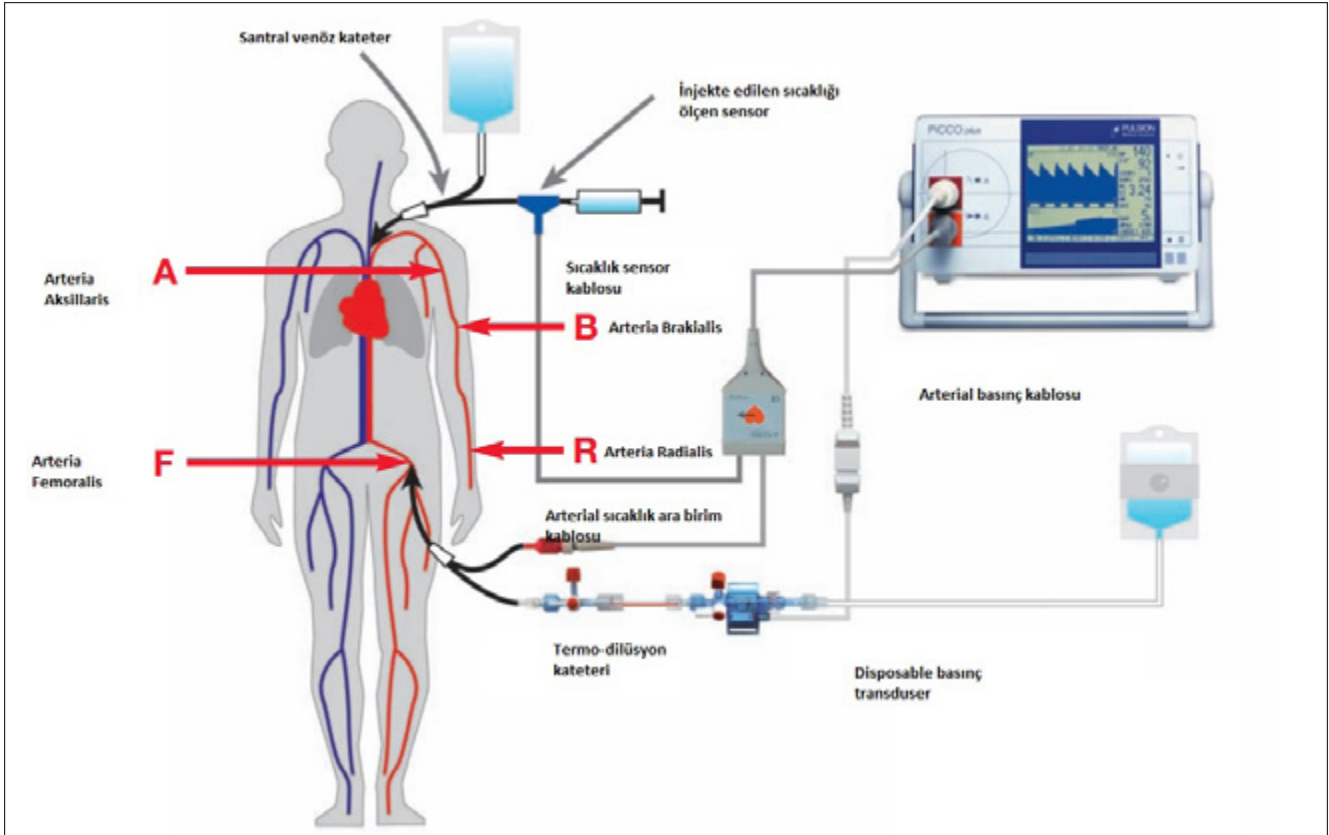
Resim 1. Tele-Tıp Organizasyon Şeması (Allied Telesis Med. Com. 'un izniyle)

hastalıklar) bu göstergelerin volüm durumunu doğru olarak tahmin ettiği kavramına meydan okumaktadır (8). "Statik" basınçtan elde edilen bu değerler Starling eğrisi üzerinde bir pozisyonu doğru olarak belirlemez ve bu nedenle volümün hemodinamik durumu düzeltip düzeltmeyeceğini zayıf olarak tahmin ettirir. Üstelik yakın zamandaki bir meta-analizde, sıvı tedavisi için PAC (Pulmoner arter kateteri) kullanımı ve sağkalım arasında pozitif bir ilişki gösterilmemiştir (9).

Ancak son zamanda, bu alandaki teknolojik gelişmeler, invaziv olmayan ve daha az invaziv olan yeni hemodinamik monitorizasyon metodlarını ortaya çıkarmıştır. Bu monitorizasyonlarla elde edilen veriler hastanın Frank-Starling eğrisinde (preload) nerede olduğunu göstererek hastanın sıvı durumunu belirtir ve ayrıca kalp debisi, myokardiyal kontraktilite, sistemik vasküler rezistans ve pulmoner vasküler sistem ile ilgili fikir verir. Bu bölümde bu yeni teknolojiler ve bunların yoğun bakım ortamına dahil edilişi ile ilgili genel bir bakış sağlamayı amaçladık.

1. MAKROSİRKÜLASYON MONİTOGRİZASYONU

Frank Starling eğrisinin dik kısmında olan ve bu nedenle sıvıya yanıt veren hastaların ayırt edilmesi hemodinamik monitorizasyonun esas prensibidir ve dolaşım homeostasisinin tek başına sıvılarla sağlanabilme boyutunu ya da inotroplara veya vasopressörlere gereksinimi belirlemede yardım eder. Benzer şekilde kalp debisi, myokart kontraktilitesi ve vasküler tonusun sürekli değerlendirilmesi yoğun bakım hastalarında tanı ve tedavi için önemlidir ve bu uzun süredir sadece PAC kateterle sağlanmıştır. Ancak son



Resim 2. PiCCO –Plus Sistem (PULSION Medical Systems SE'nin izniyle)

dönemde bu bilgiyi daha az invaziv veya tamamen non-invaziv yöntemlerle sağlayabilecek yeni teknolojiler vardır (10). Bu yöntemlere aşağıda değinilmiştir.

1.a. Nabız Grafik Analizi

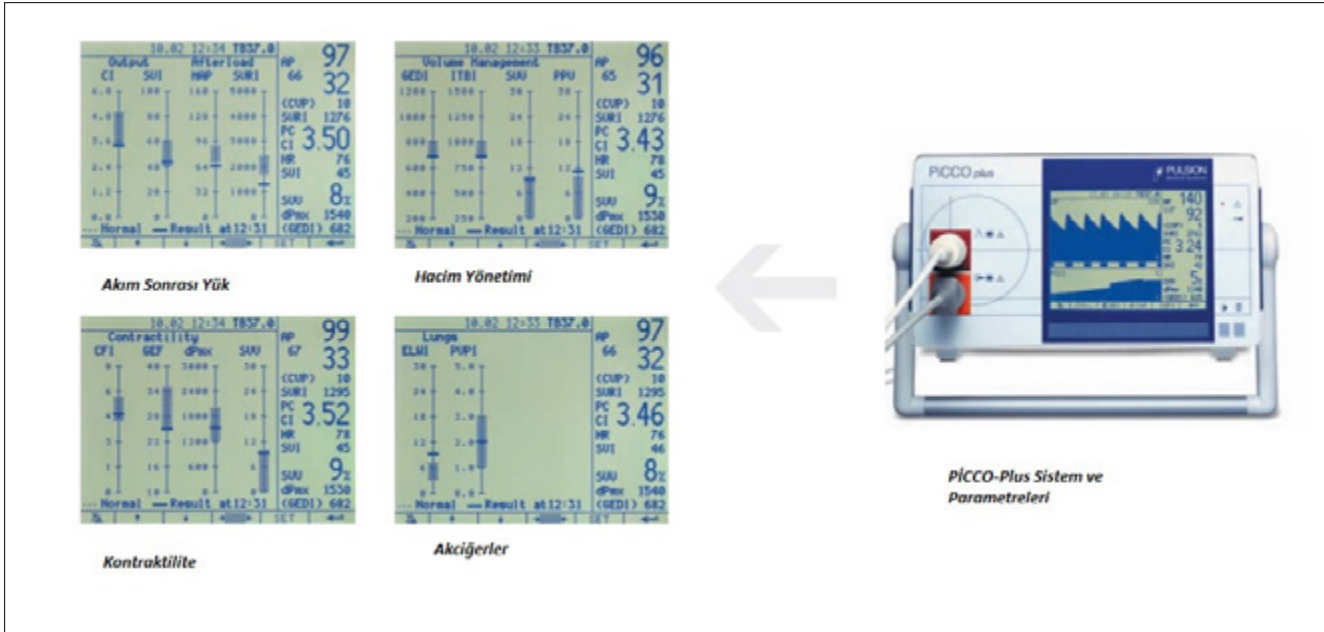
Nabız grafik analizi kavramı nabız basıncı dalga formunun analizinden kalp debisinin belirlenmesi metodudur. Nabız basıncının, atım hacmi ile direkt orantılı olduğu ve vasküler komplians ile ters orantılı olduğu bilinmektedir. Ayrıca nabız basıncı dalga formunun pozitif basınçlı ventilasyonla atım hacminde ortaya çıkan değişiklikleri göstereceği de bilinmektedir. Özellikle olarak, pozitif basınçlı ventilasyonun inspiratuar fazında intratorasik basınç pasif olarak artar, sağ atriyal basıncı artırır ve venöz dönüşün azalmasına neden olur. Sonuçta sağ ventrikül debisini azaltır ve iki veya üç kalp atımı sonrası sol ventrikül debisini etkiler. Bu atım hacmi varyasyonu monitorize edilirse, bunun sıvı yanıtı olan hastaları doğru tahmin edebileceği gösterilmiştir (11). Geniş bir nabız basıncı/atım hacmi varyasyonu (%10'dan, %15'e) hipervoleminin bir göstergesidir ve volüm yanıtılığının tahmin edilmesini sağlar. Nabız grafik analizini kullanan çeşitli teknolojiler vardır; bunlar FloTrac, PiCCO, ve iDCO plus sistemleridir. Aşağıda bu cihazların her birinin kısa tartışması vardır.

1.b. Vigileo/FloTrac Sistem

Son zamanlarda Vigileo sistemi klinik pratiğe sunulmuştur. Bu sistemde, arteriyel nabız dalga analizi için, spesifik kan akım sensörü kullanılarak, yeni geliştirilen bir algoritma uygulanır. Bu sistemde bütün arteriyel kateterler kullanılabilir olduğu gibi, kalibrasyonu için termodilüsyon CO 'a ihtiyaç yoktur. Koroner arter bypass cerrahisi geçiren hastalarda, CO ölçümü için, Vigileo'nun doğruluğu ve etkinliği PiCCO, aralıklı transpulmoner termodilüsyon kardiyak output (TPCO) ile karşılaştırılmış, Vigileo'nun klinik olarak kabul edilebilir CO değerlendirmesi sağladığı bildirilmiştir (12).

1.c. LiDCO Plus Sistemi

Arteriyel nabız gücü analizi (örneğin LiDCOplus, LiDCO Ltd. London, UK); basınç dalgasını belirli bir volüm dalgasına çevirmek için bir algoritma kullanır. Daha sonra, nominal bir atım volümü elde etmek için otokorelasyon uygular ve sonuçta bu veriler atım volümünde tek değeri vermek için bir indikatör dilüsyon tekniği kullanarak (örneğin LiDCOplus içinde lityum) kalibre edilir. Bu metodun avantajları, analizlerde bütün dalgaların kullanılabilir olması ve herhangi bir periferik arteriyel kanülün yeterli olmasıdır. Her iki teknikte CO 'un sürekli monitorizasyonuna olanak sağlar fakat 4 saatlik



Resim 3. PiCCO Plus Sistem Monitorizasyon Parametreleri (PULSION Medical Systems SE'nin izniyle)

aralarla bir indikatör dilüsyon tekniği ile kalibrasyonu gereklidir (13).

1.d. PiCCO Sistemi

Klinik pratikte, CO ölçümü için ilk puls kontur cihazıdır. PiCCO femoral, aksiler veya brakial arterde özel arteriyel termodilüsyon tekniği ve arteriyel puls kontur analizi vasıtasıyla, devamlı CO ölçümünü sağlar. Transpulmoner termodilüsyon başlangıç ve daha sonraki kalibrasyonlar için zorunludur. PiCCO algoritminin doğruluğu klinik ve deneysel çalışmalarda gösterilmiştir. PiCCO sisteminde kullanılan algoritim, atım volümünün (SV) sürekli hesaplanmasını sağlar. Bunu aortik basınç dalga formunun sistolik kısmı ve aortik impedans tarafından oluşturulan eğrinin altında kalan alanı bölerek hesaplar (Resim 2, 3). Başlangıçta spesifik aortik impedans, transpulmoner termodilüsyon ile belirlenir (14). Belirli bir zaman dilimi içinde atım volüm değişikliğini yüzde olarak verir. Ancak ekstrakorporeal dolaşım sırasında arteriyel trase olmadığı için, ventriküler fibrilasyon ve supraventriküler taşikardi gibi aritmilerde ölçümler doğru olmayacaktır.

1.e. Özofagus Doppler

Özofageal Doppler, inen aortadaki aortik hız sinyalini elde etmek için özofagusta yerleşmiş ve ucunda Doppler transdüseri (üreticiye göre 4 MHz sürekli dalga veya 5 MHz nabızlı dalga) bulunan esnek bir probdur. Teknoloji aort akımının (normal = 330-360 msaniye) hız - zaman integralinin (VTI) akım zamanına bakarak preloadun iyyüzünü anlamaya olanak sağlar.

Preloadun düşmesi durumunda akım zamanı kısalmır. Ayrıca aort VTI sinyali (normal >70cm/sn) pik hızını değerlendirerek miyokard kasılma miktarını belirler. Son olarak bu teknoloji VTI dalga formunun analizinden vasküler tonusu elde eder. Dark ve Singer (15) bir metaanalizde özofageal Doppler ve PAC ile belirlenen kalp debisi ile %86 korelasyon göstermişlerdir. Sıvı replasmanı için özofageal Doppler kılavuzlu protokoller ile geleneksel yaklaşımları (klinik değerlendirme ve/veya santral venöz basınç ile yönlendirilen) karşılaştıran klinik çalışmaların sonuçları Doppler ile uygun hale getirilen gruplarda yararlı etkilerin gözlemlendiğini bildirmiştir. Postoperatif morbidite riskinin azalması ve hastane ve yoğun bakımda kalış süresinin kısalması bunlar arasındadır (16). Ancak, ortaya çıkan dalga formu doğru pozisyon verilmesine çok fazla bağlıdır ve sinyalin uygun hale getirilmesi için derinlik, oryantasyon ve kazanımın sık ayarlanmasını gerektirir (17). Bu nedenle, özofageal Dopplerin yoğun bakım hastasının hemodinamik durumunun değerlendirilmesine yardım etmede biraz faydası olsa da, bu teknolojinin benimsenmesi yavaş olmuştur. Bu, büyük olasılıkla doğru verinin oluşturulması için yüksek miktarda sürekli kullanıcı katılımını gerektirmesine bağlıdır.

1.f. Torasik Elektriksel Biyoimpedans

Torasik biyoimpedans yönteminde ise torakstan radyofrekans dalgaları geçirilerek invaziv olmayan ölçüm yapılır. İki çift sensör ksifoid çıkıntı hizasına iki çift sensör de boyuna yerleştirilir. Toraksta impedans değişiklikleri solunum vücut hareketi ve kan akımıyla

oluşur. Solunuma bağlı impedans değişiklikleri kan akımına göre yavaş olur ve bilgisayar yardımıyla ayıklanabilir. Ayıklanma işlemi sonrasında bir kalp döngüsü sırasında impedans değişikliği ölçülerek atım hacmi hesaplanabilir, bu değer kalp hızıyla çarpılarak kalp debisi bulunur. Bu yöntemde hata payı yüksektir (18).

1.g. Fick Yöntemi

Fick yönteminde ise kalp debisi arter-ven oksijen içeriği farkı kullanılarak hesaplanır. Bu yöntemde miks venöz oksijen ölçümü yapılabilmesi için pulmoner arter kateteri gerekir. Kalp debisi (CO) = ortalama arter basıncı (MAP)- santral venöz basınç (CVP) / sistemik damar direnci (SVR) formula kullanılarak bütün vücuda pompalanan kan hesaplanabildiği gibi her organ içerisindeki kan akımının, yani organ perfüzyonunun da tahmin edilmesi mümkündür. Tedavi başarısında oksijen tüketiminin monitorizasyonu ve yönetilmesi önemlidir. Oksijen (O₂) tüketimi = CO x (arter O₂ içeriği-miks venöz O₂) formülünden yola çıkarak hesaplanır; kalp debisi ve oksijen tüketimi yüksek düzeyde tutulduğunda sağkalım oranlarının olumlu yönde etkilendiği gösterilmiştir. Pediatrik septik şokta düşük kalp debisi mortalite ile doğrudan ilişkilidir. Arteriyel oksijen içeriği (Hgb x 1.36 x O₂sat + PaO₂ x 0.003) hemoglobin düzeyinden doğrudan etkilendiği için hemoglobin düzeyleri monitörize edilmelidir (2).

1.h. Ekokardiyografi

Hasta başı ultrasonografi konusundaki son gelişmeler yoğun bakım ortamında ekokardiyografinin kullanılabilirliğini olağanüstü düzeyde arttırmıştır. Ekokardiyografinin yararı, klinisyenin direkt olarak kardiyak anatomiye görüntülemesine ve bunun yanı sıra akım dinamikleri ve böylelikle yapısal bozuklukları, kontraktilite ve intravasküler volümü hızlı değerlendirmesine olanak sağlamasıdır. Tarihsel olarak ekokardiyografi yoğun uzmanlık eğitimi gerektirmiş olsa da, son dönemdeki literatür sınırlı düzeyde transtorasik ekokardiyografi incelemesi yapmak ve değerlendirmek için kardiyolog olmayanların eğitilebilmesini desteklemektedir (19,20). Son dönemde, yoğun bakım ortamında kardiyolog olmayanlar tarafından POC kardiyak ultrasonografi yapılması için kılavuzlar yayınlanmıştır (20). Bu kılavuzlardan bazı anahtar noktalar (1) Santral venöz basıncın (SVB), inferior vena kava (IVK) çapı ve solunuma yanıtından tahmin edilmesi, (2) Preloadun sağ ve sol ventrikül diyastol sonu çaplarından tahmin edilmesi, (3) Sağ ventrikül/sol ventrikül fonksiyonlarının kesitsel alan değişimleri ve rejyonel duvar hareket bozukluklarını tespit ederek kesitsel değerlendirilmesi, (4) Perikard effüzyon ve tamponatın fark edilmesi ve

(5) Renkli Doppler sorgulaması ile valvüler fonksiyonun global değerlendirilmesidir (19,20).

PERİFERİK HEMODİNAMİK-DOKU PERFÜZYON MONİTORİZASYONU

Şok “aerobik hücre sel solunum için yetersiz doku oksijeni” olarak tanımlanır. Şokun yönetiminde dokulara oksijen sunumu ve perfüzyon arasındaki ilişki, mitokondriyal disfonksiyon ve laktat düzeyi bilinmesi gereken konulardır. Şok çeşitli derecelerde makrosirkülatuar ve mikrosirkülatuar yetmezlikten kaynaklanır ve hipoperfüzyona neden olur. Bunun yanı sıra, mitokondriyal disfonksiyon hücre sel oksijenin yanlış kullanımına yol açabilir. Ayrıca sunumun yetersiz olduğu durumlarda stres ve fizyolojik kompensasyon oksijen gereksinimini artırır. Bu oksijen gereksinimi ve sunumu arasındaki yetersizlik, organ yetmezliğini şiddetlendirir ve sonuçta uygun yönetime rağmen ölüme yol açabilir.

Değişken sonuçlara rağmen şok yönetimi oksijen sunumu ve doku oksijenizasyonunu “yeniden sağlamayı” veya “maksimal düzeye ulaştırmayı” içermiştir. Bir meta-analizde santral venöz basınç (SVB), ortalama arteriyel basınç (OAB), kalp debisi (KD), kardiyal indeks (KI), oksijen transportu (TO₂) ve santral veya miks venöz oksijen satürasyonu (ScvO₂ or SvO₂) gibi endpoint olarak kabul edilecek önemli parametrelerin kılavuzluğunda sıvı yönetimi yapıldığında mortalitenin azaldığı ve oksijen sunumunun arttığı gösterilmiştir (21).

1. Mikrosirkülasyon Monitorizasyonu

Yoğun bakım hastasının en önemli özelliği kapiller sirkülasyonun makrohemodinamik parametrelerle tahmin edilememesidir. Septik şok veya kalp yetmezliği gibi durumlarda uygun makroperfüzyona rağmen (kan basıncı, kalp debisi vs), mikrosirkülatuar perfüzyon yetersiz olabilir ve kapiller akım ciddi düzeyde değişebilir ve kalıcı doku iskemisinden sorumlu olabilir (10). Sidestream dark field (yan akım karanlık saha) (SDF) görüntülemesi kullanılarak, farklı doku bölgele- rindeki (sublingual, rektal mukoza vs.) mikrosirkülatuar akım noninvaziv olarak yatakbaşı görüntülenebilir (10). Böylelikle, mikrosirkülatuar değerlendirme yoğun bakım hastasında global hemodinamik değerlendirmenin bir parçası olur çünkü hasta bakım standardı etkilenebilir. Ancak, SDF ile mikrosirkülasyon monitorizasyonunun zordur çünkü ölçüm hataları ile ilgili kısıtlılıkları vardır (10).

2. Kızıl Ötesi Spektroskopisi (NEAR INFRARED SPECTROSCOPY = NIRS)

Kızıl ötesi spektroskopisi yöntemi de mikrosirkülasyonu monitörize etmek için kullanılır ama hete-

rojen akım olan bölgelerde güvenilirliği düşüktür. Mikrosirkülasyonun monitorizasyonu çocuklarda kanıtlanmış verilere dayanmasa da elde edilen ardışık değerler hastanın izleminde yoğun bakım hekimine yol gösterici olabilir (2).

3. Gastrik Tonometri ve Sublingual Kapnografi

Hemodinamik stres durumlarında başlangıçta gastrointestinal sistemden akımın uzaklaşarak dağılımı ve bunun mide duvarında PCO₂ artışı ile sonuçlanması bilinen bir durumdur. Splanknik hipoperfüzyonun sonucunda gelişen anaerobik metabolizmanın sonucu olarak gastrik mukozada ortaya çıkan CO₂ artışının gastrik mukoza asidozuna yol açması beklenir. Daha önceki çalışmalar kardiyak cerrahi yapılan, yoğun bakıma kabul edilen, sepsisteki veya akut dolaşım yetmezliği olan hastalarda, gastrik tonometrinin sonuçlar açısından çok hassas bir öngörücü olduğunu göstermiştir (10). Ancak, gastrik tonometrinin yaygın uygulanmasının pratik olarak zor olduğu kanıtlanmıştır. Bu çalışmalar gastrointestinal perfüzyonun değerlendirilmesinin önemli olduğunu desteklerken, gastrik tonometrinin klinik kullanımını engelleyen çeşitli kısıtlılıklar vardır. Öncelikle gastrik tonometri, azalmış oksijen sunumu sonucu gelişen anaerobik hücresel metabolizmaya sekonder olarak lokal perfüzyon baskılandığında intraluminal bağırsak CO₂'nin artacağı kavramına dayanır. Bunun yanı sıra, kavram mide PCO₂ içeriğinin uygunsuz ölçümü, gastrik asitin duodenal/özafageal reflü ile tamponlanması, arteryal sunumdaki farklılık ve enteral beslenme gibi karışıklığa neden olan çok sayıda faktöre sekonder olarak çok zayıf özgülüğe sahiptir.

Son dönemde, gastrik tonometri ile ilişkili bu zorlukların çoğunun çözülmesi için sublingual kapnometri metodu gündeme gelmiştir. Sublingual kapnometri, hem hemorajik hem de septik şok sırasında doku perfüzyonunun yeterliliği hakkında ışık tutacağı gösterilmiş olan, teknik olarak basit, invaziv olmayan, ucuz bir teknolojidir (10). Ancak PsiCO₂ monitorizasyonunun klinik kullanılabilirliğini göstermek için bu teknoloji ile ilgili ileri çalışmalar gereklidir.

4. Doku Oksimetrisi

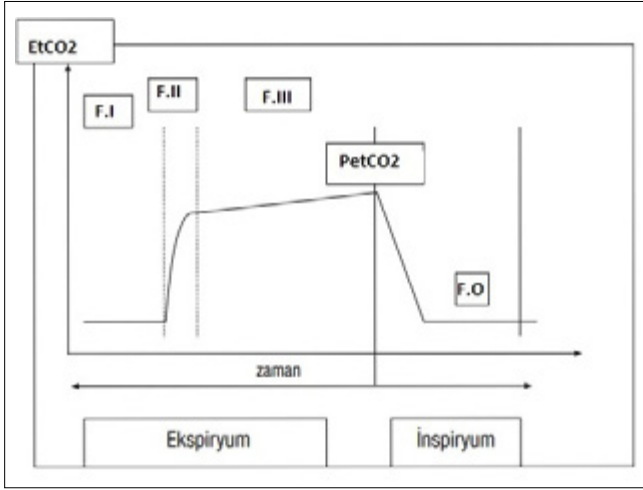
Yoğun bakım hastasının bakımında hedef organ oksijenizasyonunun değerlendirilmesi önemli olabilir. Daha önceki çalışmalar, bozulmuş doku oksijenizasyonu olaylarının reyonel vazokonstriksiyon gibi kompensatuar otonom mekanizmalara sekonder olarak kalp hızı, idrar debisi, santral venöz basınç (SVB), kalp debisi (KD) ve kan basıncının (KB) olağan monitorizasyonu ile kolaylıkla tespit edilmeyeceğini göstermiştir

(10). Vasküler oklüzyon testi (VOT) gibi bir fonksiyonel hemodinamik monitorizasyon testi eklendiğinde, doku oksijen satürasyonunun (StO₂) noninvaziv ölçümü ile mikrosirkulatuar durumun değerlendirilmesi yoluyla kompensatuar stres durumların tespit edilmesi mümkün olabilir. Sonuçta VOT'un kullanıldığı ve dinamik iskemik bir zorluk yaratan testler doku hipoperfüzyonunun tespit edilmesinde ve StO₂'nin tahmin edilebilirliğini artırmaktadır (10,22). Ayrıca yukarıda bahsedilen kızıl ötesi spektroskopisi (NIRS) kullanılarak StO₂'nin invaziv olmayan ölçümünün de özellikle septik ve travma hastalarında mikrosirkulatuar durumun değerlendirilmesi için geçerli bir metod olduğu gösterilmiştir (10). Benzer şekilde, splanknik dolaşım ile beslenen organlara oksijen sunumunun sürekli değerlendirilebilmesi kritik olarak önemli olabilir, çünkü bu bölgeye kan akımı bozuklukları bir dizi morbidite ile ilişkilidir ve belki de en dikkat çeken ölüm nedeni olabilir çoklu organ yetmezliğidir (10). Miks venöz satürasyon (SvO₂) ve serum laktat düzeyi gibi belirteçler global oksijen gereksiniminin ve sunumunun göstergeleridir ve splanknik reyonel oksijen sunumu ve reyonel doku canlılığının bir yansıması konumundadırlar (10). Splanknik dolaşım ile desteklenen bir organ sistemine olan oksijen sunumu monitörize edilirse, azalmış splanknik dolaşımın tespit edilmesi, daha sistemik parametreler (SvO₂, laktat, KH, UOP, KB, SVB) etkilenmeden önce fark edilebilir ve buna etken olan fizyolojik durumun tedavi edilmesine olanak sağlayabilir. Görünür ışık spektroskopisi (VLS) kullanan özafageal prob T-STAT 303 ile (Spectros Corporation, Portola Valley, CA, ABD) elde edilen ön veriler, splanknik yataktaki iskemiye tespit etme yeteneği konusunda pozitif sonuçlar göstermiştir (10,23).

5. Miks Venöz veya Santral Venöz Oksijen Satürasyonu (SvO₂/ScvO₂)

Arteriyel oksijen transpotu ile dokuların oksijen kullanımı arasındaki dengeyi yansıtan parametredir. $DO_2 = CO \times CaO_2$ (DO_2 , dokuya oksijen sunumu; CO , kardiyak debisi; CaO_2 , arteriyel kan oksijen miktarı) formülü üzerinden düşünüldüğünde venöz ve arteriyel oksijen miktarı arasındaki fark, sabit sayılar ve hemoglobin gibi iki sistem arası değişmeyen değişkenler denklemden çıkarıldığında sadece oksijen saturasyonlarının farkı olarak ele alınabilir. Bu durumda kardiyak debisi venöz ve arteriyel oksijen saturasyonu farkı ile doğrudan ilişkilidir. Miks venöz saturasyonun normal aralığı %65-70 dir. Oksijen sunumunda azalma veya doku oksijen tüketiminde artma olduğunda miks venöz saturasyon düşer. Yine kardiyak debisi azaldığında veya dolaşım bozulduğunda oksijen ekstraksiyonu artacağı

için miks venöz saturasyonda düşme gözlenir. Miks venöz oksijen saturasyonunun izlemi doku hipoksisinin erken dönemde saptanmasını sağlar ve önemlidir. Dolaşım ve kardiyak problemi olan hastalarda miks venöz saturasyon izlemi inotropik tedavinin titrasyonunda özellikle önemlidir. Sürekli miks venöz saturasyon izlemi yapılabilen kateterler olsa da bu kateterler yaygın olarak kullanılmamaktadır. Miks saturasyon izlemi çoğu merkezde aralıklı kan gazları ile yapılmaktadır (2).

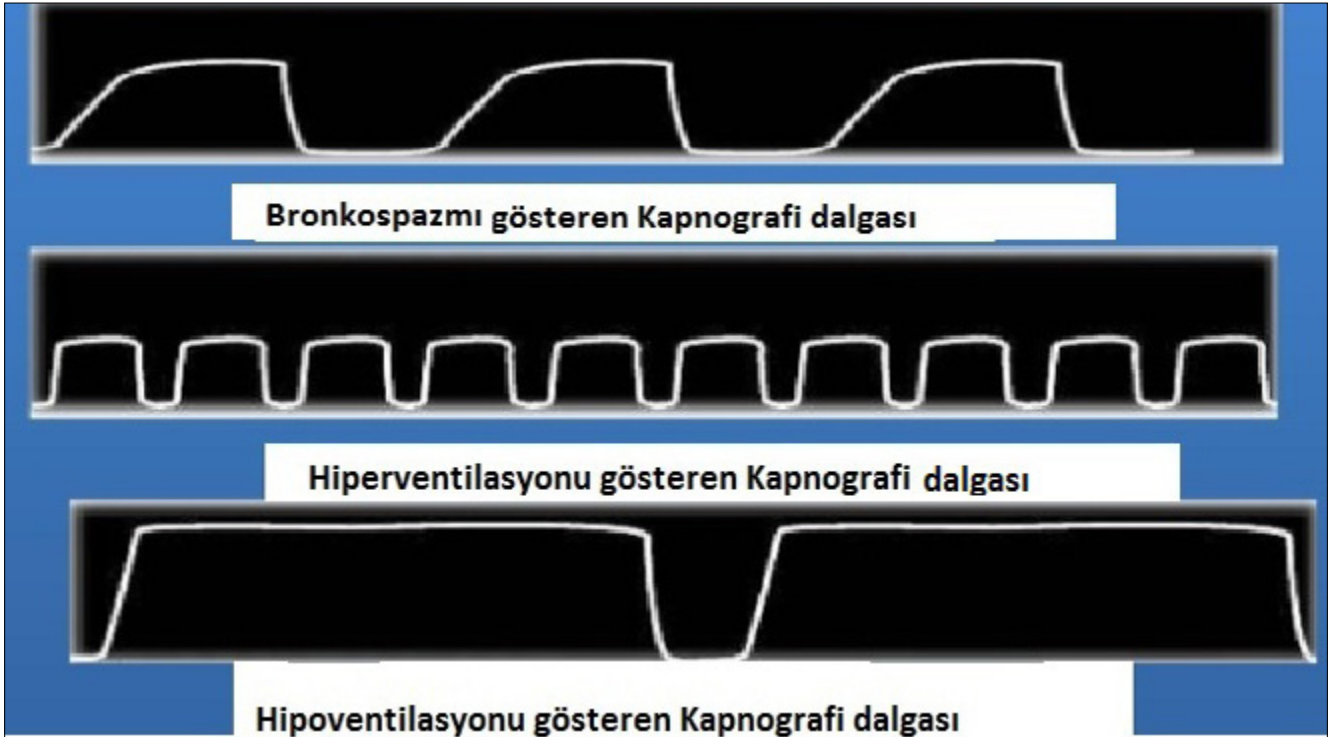


Resim 4. Normal Kapnografi Dalgaları (Dr.Ezgi Özyılmaz'ın izniyle)

6. Laktat Kleransı

Glikoliz pruvatu oluşturur bu da ya oksijen gerektiği kadar aerobik mitokondriyal solunuma katılır veya doku hipoksisinde laktata dönüşür ve laktat karaciğer, böbrekler ve iskelet kasında metabolize olur. Düşük akımda, artan laktat, hipoperfüzyon ile gelişen doku hipoksisi ile ilişkilidir (10). Sepsiste glikolizin artması, bağırsak, akciğer ve hatta beyaz kan hücreleri tarafından oluşturulan miktarın artması hipoksik olmayan laktat artışına katkıda bulunduğu düşünülür (10). De Backer ve ark. (24) septik şoktaki hastalarda lokal sublingual kapiller perfüzyonu araştırmışlar ve kardiyak indeks, arteryal basınç, sistemik vasküler rezistans veya VO₂'den bağımsız olarak laktat kleransının, dobutaminden sonraki kapiller reperfüzyon ile korele olduğunu göstermişlerdir. Bu nedenle laktat kleransı gizli hipoperfüzyonu yansıtabilir. Aslında kalıcı hiperlaktateminin, travmada, kardiyak arrestte, septik şokta ve yüksek riskli cerrahide kötü prognoz ve hipoperfüzyon ilişkili komplikasyonlarla bağlantılı olduğunu gösteren çalışmalarda, gizli hipoperfüzyonu yansıttığı düşünülmüştür. Bu nedenle, ScvO₂'ye ilave olarak veya alternatif olarak, laktat kleransı tekrarlanan bir şekilde resüsitasyon sonlanım noktası (endpoint) olarak öne sürülmüştür (10).

Burada asıl tartışma laktat kleransının, ScvO₂ yerine kullanılmasından ziyade gerçekten bir sonlanım noktası (endpoint) olarak kabul edilip edilmemesidir.



Resim 5. Bazı Patolojilerdeki Kapnografik Dalgalar (Prm. Ahmet Aksu'nun izniyle)

Nguyen ve ark. (25) sepsisli hastalardan oluşan bir çalışmada, ScvO₂'ye laktat kleransını eklemenin mortaliteyi %24,5'ten %17,9'a düşürdüğünü göstermişlerdir.

KAPNOGRAFI

Kapnograf ile invaziv olmayan yöntemle ekspirum havasındaki karbondioksit (CO₂) düzeyi ölçülebilir, fizyolojik ölü boşluk (Vd/Vt) gibi pek çok fizyolojik parametre hesaplanabilir. Ekspirum havasındaki CO₂ dört farklı yöntemle ölçülebilir. Bu yöntemler kızıl ötesi spektrografi, raman spektrografi, kitle spektrografi, akustik spektrografidir. Kızıl ötesi spektrografi bu yöntemlerden en sık kullanılanıdır. Bu yöntemde 4,3 µm dalga boyunda kızıl ötesi ışık bir haznedan geçirilir ve bu sırada ne kadar CO₂ absorbe edildiği belirlenir (2).

Kapnograf aşağıdaki amaçlar için kullanılabilir.

- 1) Ekspirum havasındaki CO₂ düzeyinin ölçülmesi
- 2) Akciğer hastalığının ağırlığının ve tedaviye yanıtının izlenmesi
- 3) Endotrakeal tüpün yerinin değerlendirilmesi
- 4) Ventilator devresinin devamlılığının sürekli monitörizasyonu
- 5) Mekanik ventilasyon desteğinin etkinliğinin değerlendirilmesi
- 6) Pulmoner, sistemik, koroner kan akımının monitörize edilmesi
- 7) Hasta ventilator uyumunun grafikler ile değerlendirilmesi
- 8) Vücuttan atılan CO₂ miktarının ölçülmesi ile metabolik hız ve/veya alveolar ventilasyon düzeyinin değerlendirilmesi (2).

Kapnograf cihazı ile ölçülen ekspirum havasındaki CO₂ konsantrasyonunun zaman ve volüm ile ilişkisinin değerlendirildiği bir grafik elde edilir ve kapnogram olarak adlandırılır. Kapnogramda bir inspirasyon ve üç ekspirasyon fazı olmak üzere 4 faz vardır (Resim 4).

İlk faz (Faz 1) ekspirasyonun başlangıcı ile başlar ve ekspirum havasında CO₂ tespit edildiğinde sonlanır. Bu faz anatomik ölü boşluğu gösterir. Faz 2 döneminde alveollerden gelen CO₂ anatomik boşluktaki CO₂ ile karışır. Bu dönemde ekspirum havasında tespit edilen CO₂ hızla artar. Faz 2 de ölü boşluk solunumu gösteren Vd/Vt değeri ölçülebilir. Ölü boşluk ventile olan ancak perfüze olmayan akciğer alanlarını tanımlar. Fizyolojik ölü boşluğun soluk volümüne oranı ölü boşluk ventilasyonunu gösterir (Vd/Vt). Ölü boşluk ventilasyonunun formülü şu şekildedir.

$$Vd/Vt: (PaCO_2 - PetCO_2) / PaCO_2$$

Vd/Vt'nin normali %30-50 arasında olmalıdır. Alveolar ölü boşluğun ani artışı ventilasyon-perfüzyon bozukluğunu gösterir. Faz 3'te ise yalnızca alveollerden gelen hava mevcuttur. Faz 3'teki CO₂ düzeyinde genellikle hafif artış gözlenir, bazen CO₂ düzeyi bir plato şeklinde sabit olabilir. CO₂ en yüksek noktaya Faz 3'ün yani ekspirumun sonunda ulaşır ve bu noktaya "soluk sonu CO₂ parsiyel basıncı" yani PetCO₂ adı verilir. Sağlıklı kişilerde PaCO₂-PetCO₂ arasında fark genellikle 6 mm Hg'dan düşüktür. Bu farkın daha büyük olması ölü boşluk ventilasyonunu, venöz kan akımının oksijene olmadan geçişini veya kardiyak debinin azaldığını gösterir. İnspirumun başladığı ve CO₂ miktarının hızla azaldığı faza Faz 0 adı verilir.

1.Kapnografın Klinikte Kullanımı

Kapnogramlar ve end tidal CO₂düzeyindeki değişiklikler pek çok klinik sorun ile ilgili önemli ipuçları verir (Resim 5).

Faz 3 değişiklikleri:

- a. Faz 3 eğiminde artış: Akut bronkospazm, amfizem, astım
- b. Faz 3'te çentik: Hastanın ekspirasyon sırasında spontan inspiryum çabası, hasta ventilator uyumsuzluğu, mekanik ventilasyondaki kısmen paralize hastada diyafragmatik kontraksiyonlar
- c. Yatay Faz 3 ve PaCO₂-PetCO₂ farkında artış: Pulmoner emboli, azalmış kardiyak atım, hipovolemi

PetCO₂ düzeyinde değişiklikler:

- a. PetCO₂'in aniden sıfır olması: Özofagus entübasyonu, ekstübasyon, ventilator devresinin dekonekte olması, ventilatorün çalışmaması, yüksek hava yolu basınçları ile birlikte ise endotrakeal tüpün tam tıkanması
- b. PetCO₂'in aniden azalması ancak sıfır olmaması: Düşük hava yolu basınçları ile birlikte ise ventilator devresinde veya endotrakeal tüpte kaçak, yüksek hava yolu basınçları ile birlikte ise endotrakeal tüpün kısmen tıkanması
- c. PetCO₂'in kademeli olarak azalması: Kardiyopulmoner olaylar, ciddi hiperventilasyon
- d. PetCO₂ 'in yavaş azalması: Hiperventilasyon, hipotermi, hipovolemi
- e. PetCO₂düzeyinde aniden artış: Ateş, sodyum bikarbo-nat uygulaması, ekstremitelerde turnike bırakılması
- f. PetCO₂düzeyinde yavaş artış: Artmış vücut ısısı, hipo-ventilasyon
- g. PetCO₂bazal düzeyinin artışı: Rebreathing, CO₂ absorbanının eskimiş olması (26).

ISI MONİTORİZASYONU

Yoğun bakım ortamında normal vücut ısısının sağlanması önemlidir ve düzenli olarak monitörize edilmelidir. Aslında, çok sayıda çalışma hafif hipotermiye bile çok fazla yan etkiye yol açtığını göstermiştir (10). Bunlar arasında sempatik sinir sistemi aktivasyonuna sekonder myokardiyal komplikasyonlar, cerrahi yara yeri enfeksiyonu, koagülopati, gecikmiş yara iyileşmesi, gecikmiş anestezi sonrası derlenme, uzamış hastanede kalış gibi yan etkiler sayılabilir (10).

Bu bağlamda, tüm genel anesteziyenin, normal termoregülatuar mekanizmaların bozulmasına sekonder olarak santral ısıda belirgin doz-bağımlı bir azalma yaptığı da bilinmektedir. En büyük suçlu vücut ısısının santralden perifere redistribüsyonudur. Santral ısı yüksek oranda perfüze olan dokulardan oluşan ısıdır. Bu ısının doğru ölçümünün pulmoner arter, distal özafagus, timpanik membran veya nazofarinksten yapılması gerekir (10). Ancak bu modalitelerden ısı ölçümünün her birinin zorlukları vardır. Örneğin özafageal stetoskop kullanılarak özafageal monitorizasyon yapılırsa maksimum kalp seslerinin duyulduğu yerde veya altında cihazın doğru pozisyonda yerleştirilmesinde zorluk yaşanabilir. Nazofarinksten yapılan ölçümlerde hava akımlarının sıcaklık sensörünü soğutmasını önlemek için hava akımının tıkanmasını gerektirir. Kıvrımlı kulak kanalı anatomisi ve hava akımının tıkanması gerekliliği nedeni ile timpanik membran monitorizasyonu da zor bir işlemdir (10). Son olarak pulmoner arter kateterizasyonu oldukça invaziv bir işlemdir.

Bu bölgeler her zaman erişilebilir veya uygun olmadığı için klinik olarak çeşitli “merkeze-yakın” yerler de kullanılır. Bu bölgeler ağız, aksilla, mesane, rektum ve cilt yüzeyidir. Hepsinin kendi içinde kısıtlılıkları vardır. Örneğin yakın zamanda oral alım oluyorsa ve ayrıca hava akımına sekonder olarak oral ısı doğru olmayabilir. Aksiller ısı ancak düzgün pozisyonla doğru olabilir. Hastanın kolları yanında durarak aksiller arterden ısı alınmalıdır ancak bu pozisyonun sürdürülmesindeki zorluk kullanımını kısıtlamıştır (10). Rektal ısının, santral ısı bölgelerinin gerisinde kaldığı gösterilmiştir ve bazı hipertermi krizleri sırasında uygun olarak yükselmediği saptanmıştır (10). Mesane ısısı idrar akımından çok fazla etkilenir ve idrar akımı düşük olduğunda rektal ısıya eşit olduğu, fakat idrar akımı fazla olduğunda pulmoner arter ısısına (ve böylelikle santral ısı) eşit olduğu gösterilmiştir (27). Son olarak, cilt ısısı belirgin olarak santral ısıdan daha düşüktür (28). Örneğin alındaki cilt ısısı tipik olarak santral ısıdan 2°C daha soğuktur ve hipoperfüzyon durumunda bu gradient artabilir (29).

YOĞUN BAKIM ÜNİTESİNDE BESLENME VE METABOLİK BAKIMIN MONİTORİZASYONU

Yoğun bakım ünitesinde beslenme ve metabolik bakım monitorizasyonunun üç hedefi vardır: birincisi, makrobesinlerin (glukoz, protein ve yağlar) ve mikrobeseinlerin (vitamin ve eser elementler) dağıtımının kontrolü, ikincisi, enerji gereksinimleri ile dağıtımının yeterliliğinin değerlendirilmesi ve son olarak da glisemik kontrol. Protein ve enerji gereksinimlerinin yetersiz karşılanması ve bozulmuş glisemik kontrolün her ikisinin de YBÜ’de kötü klinik sonuçlarla ilişkili olduğunu gösteren çok sayıda kanıt mevcuttur. Çeşitli çalışmalar bilgisayar-destekli sistemlerin beslenme ve metabolik parametrelerin doğru monitorizasyonuna olanak sağladığını ve protein-enerji dağıtımının ve glisemik kontrolün uygun hale getirilmesine katkıda bulunduğunu göstermiştir (10).

1. Protein Enerji Eksikliğinin Önlenmesi İçin Protein ve Enerji Dağıtımının Monitorizasyonu

1.a. Gerekçe

Yoğun bakım ünitesinde ilk sırada önerilen beslenme desteği erken enteral beslenmedir. Çünkü erken enteral beslenme, geç enteral beslenme (EB) ve erken parenteral beslenme (PB) ile kıyaslandığında enfeksiyon riskini ve mortaliteyi azaltır. Ayrıca gereksinime göre çok fazla enerji dağıtımı, aşırı beslenme, hipergliseminin başlamasını ve ilişkili komplikasyonları kolaylaştırır (10). Beslenme gereksinimi ve dağıtımı arasında dengeye ulaşmak tüm YBÜ hastalarında protein-enerji eksikliğinden, aşırı beslenmeden, hiperglisemi ve bunların ilişkili komplikasyonlarının başlamasından kaçınmak için gereklidir.

1.b. Klinik Pratikte Protein ve Enerji Dağıtımı Nasıl Monitörize Edilebilir?

Mevcut kılavuzlar enerji gereksinimlerinin ölçülmesi için indirekt kalorimetrisinin kullanımını önerir (30,31). İndirekt kalorimetrisinin mevcut olmadığı durumlarda akut fazda 20-25 kkal/kg/gün ve postakut fazda 25-30 kkal/kg/gün olarak öngürücü formül önerilir (30,31). Ölçüm metodları olmadığı için protein gereksinimleri 1,2-1,5 kkal/kg ideal vücut ağırlığı/gün formülüne göre değerlendirilmelidir. Bir kez enerji hedefi tespit edildiğinde, enerji eksikliğinin başlamasının önlenmesi için protein dağıtımı monitörize edilmelidir. Son dönemde yapılan klinik çalışmalar beslenme sunumunun bilgisayar destekli olarak uygun hale getirilmesinin YBÜ hastalarında klinik sonuçları iyileştireceğini göstermiştir

(30,31). Singer ve ark. (32) enerji sunumunun 25 kkal/kg/gün formülüne göre hesaplanması ile kıyaslandığında, enerji sunumunun indirekt kalorimetriye göre bilgisayar destekli olarak hesaplanmasının mortaliteyi azaltabileceğini göstermiştir.

2. Uygun Glisemik Kontrol İçin Glisemi Ve İnsülin Tedavisinin Monitorizasyonu

2.a. Gerekçe

Son 20 yılda, parenteral beslenmenin hiperglisemi, hipertrigliseridemi gibi metabolik hastalıklar, karaciğer steatozu, endokrin disfonksiyon, bozulmuş immünite, enfeksiyonlar ve artmış mortaliteyi indükleyebileceği yaygın olarak gösterilmiştir (10). Geniş, randomize, kontrollü, prospektif çalışmalar, 10mmol/L'in altında glisemi elde etme ve hipoglisemiden kaçınma hedefi ile uygun hale getirilmiş glisemik kontrolün mortaliteyi azalttığını göstermiştir (10). Bu nedenle günümüzde, glisemi ve insülin dozlarının günlük monitorizasyonu ile uygun glisemik kontrolün yapılmasının YBÜ hastalarında klinik sonuçları iyileştirdiği belirlenmiştir.

2.b. Klinik Pratikte Glisemi ve İnsülinoterapi Nasıl Monitörize Edilebilir?

Manüel protokollerle karşılaştırıldığında glisemik kontrolü iyileştirdiği gösterilmiş olan insülin algoritmalarının oluşturulması için bilgisayarlı sistemler kullanılmıştır (10,33). Buna ilave olarak bilgisayarlı sistemler hemşire ve doktorların iş zamanını, hedef glisemiye ulaşma zamanını ve hipo ve hiperglisemi başlama zamanını azaltmaya olanak sağlar (33). Örneğin, bir pilot çalışma daha önceden belirlenmiş bir protokole göre PB'nin kademeli olarak artırılması sırasında hemşire-merkezli bilgisayar-destekli glisemi düzenlenmesinin 24 saat içinde yeterli kalori alımı ile birlikte yeterli glisemik kontrol sağlayacağını öne sürmüştür (34). Son dönemdeki makaleler yoğun insülin tedavisi ve sıkı glisemik kontrol için fizyolojik ve pratik matematik modelleri geliştirmiştir (10,35). Ayrıca son dönemde intravasküler kateterler kullanarak sürekli olarak glisemi ölçümü yapan yeni cihazlar geliştirilmiştir. Bu tür ileri metabolik monitorizasyon teknolojisi gelecekte çok yararlı olabilir. Uygun insülinoterapi ve glisemik kontrol için en duyarlı modellerin belirlenmesi için daha ileri araştırmalara gereksinim vardır (10).

Özet olarak, beslenme ve metabolik bakımın monitorizasyonu YBÜ hastasının yönetiminin bir parçasıdır. Besin dağıtımı ve glisemik kontrol için bilgisayar-bazlı monitorizasyon sisteminin kullanılması klinik pratiğin kılavuzlara dayandırılmasını pekiştirir. Ayrıca bilgisayar-bazlı monitorizasyon sistemleri, protein enerji

eksikliğini ve aşırı beslenmeyi önlenmesinde ve glisemik kontrolün sağlanmasında faydalıdır. Ancak bilgisayar-bazlı monitorizasyon sistemlerinin ekonomik etkisinin değerlendirmesi de ihmal edilmemelidir.

KAYNAKLAR

1. Elnour S, Shankar- Hari M. The critically ill patient: making referral to intensive care. *Br J Hosp Med* 2011;72:154-6. [\[CrossRef\]](#)
2. Kesici S, Bayrakçı B. Yoğun Bakımda Monitorizasyonda Yenilikler. *Turkiye Klinikleri J Pediatr* 2011;7:43-8.
3. Celi LA, Hassan E, Marquardt C, Breslow M, Rosenfeld B. The eICU: it's not just telemedicine. *Crit Care Med* 2001;29:183-9. [\[CrossRef\]](#)
4. Breslow MJ, Rosenfeld BA, Doerfler M, Burke G, Yates G, Stone DJ, et al. Effect of a multiple-site intensive care unit telemedicine program on clinical and economic outcomes: an alternative paradigm for intensivist staffing. *Crit Care Med* 2004;32:31-8. [\[CrossRef\]](#)
5. Pronovost PJ, Angus DC, Dorman T, Robinson KA, Dremiszov TT, Young TL. Physician staffing patterns and clinical outcomes in critically ill patients: a systematic review. *JAMA* 2002;288:2151-62. [\[CrossRef\]](#)
6. van der Kouwe AJ, Burgess RC. Neurointensive care unit system for continuous electrophysiological monitoring with remote web-based review. *IEEE Trans Inf Technol Biomed* 2003;7:130-40. [\[CrossRef\]](#)
7. Reilly BM. Physical examination in the care of medical inpatients: an observational study. *Lancet* 2003;362:1100-5. [\[CrossRef\]](#)
8. Michard F, Teboul JL. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence. *Chest* 2002;121:2000-8. [\[CrossRef\]](#)
9. Shah MR, Hasselblad V, Stevenson LW, Binanay C, O'Connor CM, Sopko G, et al. Impact of the pulmonary artery catheter in critically ill patients: meta-analysis of randomized clinical trials. *JAMA* 2005;294:1664-70. [\[CrossRef\]](#)
10. Kipnis E, Ramsingh D, Bhargava M, Dincer E, Cannesson M, Broccard A, et al. Monitoring in the intensive care. *Crit Care Res Pract* 2012;2012:473507.
11. Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, Hirani A. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature. *Crit Care Med* 2009;37:2642-7. [\[CrossRef\]](#)
12. de Wall EE, Kalkman CJ, Rex S, Buhre WF. Validation of a new arterial pulse contour-based cardiac output device. *Crit Care Med* 2007;35:1904-9. [\[CrossRef\]](#)
13. Gök F, Yosunkaya K. YoğunBakımda Hemodinamik Monitorizasyon. *Turkiye Klinikleri J Anest Reanim-Special Topics* 2012;5:1-13.
14. Gödje O, Höke K, Goetz AE, Felbinger TW, Reuter DA, Reichart B, et al. Reliability of a new algorithm for continuous cardiac output determination by pulse contour analysis during hemodynamic instability. *Crit Care Med* 2002;30:52-8. [\[CrossRef\]](#)
15. Dark PM, Singer M. The validity of trans-esophageal Doppler ultrasonography as a measure of cardiac output

- in critically ill adults. *Intensive Care Med* 2004;30:2060-6. [\[CrossRef\]](#)
16. Noblett SE, Snowden CP, Shenton BK, Horgan AF. Randomized clinical trial assessing the effect of Doppler-optimized fluid management on outcome after elective colorectal resection. *Br J Surg* 2006;93:1069-76. [\[CrossRef\]](#)
17. Lefrant JY, Bruelle P, Aya AG, Saïssi G, Dauzat M, de La Coussaye JE, et al. Training is required to improve the reliability of esophageal Doppler to measure cardiac output in critically ill patients. *Intensive Care Med* 1998;24:347-52. [\[CrossRef\]](#)
18. Albert NM, Hail MD, Li J, Young JB. Equivalence of the bioimpedance and thermodilution methods in measuring cardiac output in hospitalized patients with advanced, decompensated chronic heart failure. *Am J Crit Care* 2004;13:469-79.
19. Manasia AR, Nagaraj HM, Kodali RB, Croft LB, Oropello JM, Kohli-Seth R, et al. Feasibility and potential clinical utility of goal-directed transthoracic echocardiography performed by noncardiologist intensivists using a small hand-carried device (SonoHeart) in critically ill patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;19:155-9. [\[CrossRef\]](#)
20. Mazraeshahi RM, Farmer JC, Porembka DT. A suggested curriculum in echocardiography for critical care physicians. *Crit Care Med* 2007;35:431-3. [\[CrossRef\]](#)
21. Kern JW, Shoemaker WC. Meta-analysis of hemodynamic optimization in high-risk patients. *Crit Care Med* 2002;30:1686-92. [\[CrossRef\]](#)
22. Gómez H, Torres A, Polanco P, Kim HK, Zenker S, Puyana JC, et al. Use of non-invasive NIRS during a vascular occlusion test to assess dynamic tissue O₂ saturation response. *Intensive Care Med* 2008;34:1600-7. [\[CrossRef\]](#)
23. Dahn MS, Lange P, Lobdell K, Hans B, Jacobs LA, Mitchell RA. Splanchnic and total body oxygen consumption differences in septic and injured patients. *Surgery* 1987;101:69-80.
24. De Backer D, Creteur J, Dubois MJ, Sakr Y, Koch M, Verdant C, et al. The effects of dobutamine on microcirculatory alterations in patients with septic shock are independent of its systemic effects. *Crit Care Med* 2006;34:403-8. [\[CrossRef\]](#)
25. Nguyen HB, Kuan WS, Batech M, Shrikhande P, Mahadevan M, Li CH, et al. Outcome effectiveness of the severe sepsis resuscitation bundle with addition of lactate clearance as a bundle item: a multi-national evaluation. *Crit Care* 2011;15:229. [\[CrossRef\]](#)
26. Özyılmaz E. Kapnografi ve Yoğun Bakım Ünitesinde Kullanımı. *Solunum* 2009;20:126-30.
27. Horrow JC, Rosenberg H. Does urinary catheter temperature reflect core temperature during cardiac surgery? *Anesthesiology* 1988;69:986-9. [\[CrossRef\]](#)
28. Burgess GE 3rd, Cooper JR, Marino RJ, Peuler MJ. Continuous monitoring of skin temperature using a liquid-crystal thermometer during anesthesia. *South Med J* 1978;71:516-8. [\[CrossRef\]](#)
29. Singer M. Cellular dysfunction in sepsis. *Clin Chest Med* 2008;29:655-60. [\[CrossRef\]](#)
30. Kreymann KG, Berger MM, Deutz NE, Hiesmayr M, Jolliet P, Kazandjiev G, et al. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Intensive care. *Clin Nutr* 2006;25:210-23. [\[CrossRef\]](#)
31. Singer P, Berger MM, Van den Berghe G, Biolo G, Calder P, Forbes A, et al. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: intensive care. *Clin Nutr* 2009;28:387-400. [\[CrossRef\]](#)
32. Singer P, Anbar R, Cohen J, Shapiro H, Shalita-Chesner M, Lev S, et al. The tight calorie control study (TICACOS): a prospective, randomized, controlled pilot study of nutritional support in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2011;37:601-9. [\[CrossRef\]](#)
33. Berger MM, Que YA. Bioinformatics assistance of metabolic and nutrition management in the ICU. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2011;14:202-8. [\[CrossRef\]](#)
34. Hoekstra M, Schoorl MA, van der Horst IC, Vogelzang M, Wietasch JK, Zijlstra F, et al. Computer-assisted glucose regulation during rapid step-wise increases of parenteral nutrition in critically ill patients: a proof of concept study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2010;34:549-53. [\[CrossRef\]](#)
35. Chase JG, Le Compte AJ, Preiser JC, Shaw GM, Penning S, Desai T. Physiological modeling, tight glycemic control, and the ICU clinician: what are models and how can they affect practice? *Ann Intensive Care* 2011;5:1:11.