



Yanık Hastalarında Hemodinamik Monitorizasyon

Hemodynamic Monitorization of the Burn Patient

Ahmet Coşar, Burak Eşkin

Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

ÖZET

Yanık hastalarında hemodinamik monitorizasyon yanık hasta bakımının ana bileşenini oluşturur; kardiyorespiratuar performans hakkında bilgi edinilmesini, dolaşım sistemi ile ilgili bozuklukların hemen fark edilip tedavinin başlanabilmesini ve tedaviye yön verilmesini sağlar. Hemodinamik monitorizasyon için yöntemin seçiminde, izlenmesi planlanan parametrenin klinik önemi ve izlenecek hemodinamik profilin iyi belirlenmesi gereklidir. Hastaya getirilebileceği masraf ve risk yanında, izleyen hekimlerin sonuçları değerlendirebilme, doğru kullanabilme yetkinlikleri de göz önüne alınmalıdır. Bu derlemede; yanık hastalarında kullanılan hemodinamik monitorizasyon yöntemlerine değinilecektir. (Türk Yoğun Bakım Derneği Dergisi 2011; 9 Özel Sayı:11-20)

Anahtar Kelimeler: Yanıklı hasta, hemodinamik monitorizasyon, kan basıncı monitorizasyonu, pulmoner arter kateterizasyonu, santral venöz kateter, sitopatik hipoksi ve near infrared spectroscopy

SUMMARY

Hemodynamic monitorization is the basic component of the medical care of the burn patients. It provides valuable information of the cardiopulmonary performance which is essential in the rapid diagnosis and treatment in the case of hemodynamic disturbance. The clinical importance of any monitorization parameter, associated risks – benefits, cost effectivity, and also assessment and management skills of the health care providers should be taken into consideration in the selection process of the monitorization method. This paper reviews the methods of the hemodynamic monitorization for the clinical care of the burn patients. (Journal of the Turkish Society Intensive Care 2011; 9 Suppl: 11-20)

Key Words: Burn patient, hemodynamic monitorization, arterial blood pressure monitorization, pulmonary artery catheterization, central venous catheter, cytopathic hypoxia, near infrared spectroscopy

Giriş

Monitorizasyonun kelime anlamı izlemektir. Tıpta monitorizasyon ise hastanın yaşamsal fonksiyonlarının izlenmesi ya da takip edilmesidir. Fizyolojik parametrelerin modern kateterler ve elektronik kateterizasyon cihazları ile ölçülüp kayıt edilmesi işlemine monitorizasyon denir (1). Monitorizasyonda temel prensip vücudun bazı bölümlerindeki oldukça spesifik biyofiziksel olayları, elektriksel sinyallere dönüştürerek gözle görülebilir, ölçülebilir ve hatta bir grafik kağıdına kaydedilebilir hale getirmektir (1,2). "Hemodinamik" kelimesi de kan dolaşımı ve bu dolaşımı etkileyen fiziksel faktörleri konu alan bilim dalı olarak tanımlanmaktadır (2). Hemodinamik monitorizasyon, kritik hastalığı olan hastanın vasküler sistemine invaziv kateter yerleştirilerek; kan hacminin ve kan dolaşımının gözlenmesini kapsar (3).

Hemodinamik monitorizasyon, hızlı değerlendirme ve müdahaleye olanak veren, hastanın genel durumunun sürekli izlenmesini sağlayan, kritik bakımda sıklıkla kullanılan teknolojidir. Yanıklı hastada hemodinamik monitorizasyon, hastasının vasküler sistemine invaziv kateter yerleştirilmesiyle, kan hacminin ve kan dolaşımının gözlenmesini ya da hastanın genel durumunun hızlı değerlendirmesine ve müdahale edilmesine olanak veren, hastanın durumunun sürekli izlenmesini sağlayan, kritik bakımda sıklıkla kullanılan teknolojilerden biridir (4). Hemodinamik monitorizasyonun kan akımı ve oksijen taşınmasının değerlendirilmesi için gerekli olduğu; çoğu kez tek başına rutin fiziksel değerlendirmelerin (kan basıncı, kalp hızı, idrar çıkışı) beklenen sonucu vermediği için hayati tehlikesi olan hastanın hemodinamik durumu hakkında istenen sonucu doğru göstermediği bildirilmiştir (5).

Yanık hastalarında hemodinamik monitorizasyon, yanık hasta bakımının ana komponentini oluşturur; kardiyorespiratuar performans hakkında bilgi edinilmesini, dolaşım sistemi ile ilgili bozuklukların hemen fark edilip tedavinin başlanabilmesini ve tedaviye yön verilmesini sağlar. Hemodinamik monitorizasyon bazı yüksek riskli yanık hastalarında başlı başına yoğun bakıma yatırma endikasyonu olabilen önemli bir karardır. Hastaya getirebileceği masraf ve risk yanında, izlenmesi planlanan parametrenin klinik önemi ve izleyen hekimlerin sonuçları değerlendirebilme, doğru kullanabilme özellikleri de göz önüne alınmalıdır (6). Hemodinamik monitorizasyon sayesinde, yanıklı hastaların bakımındaki resüsitasyon protokollerinde düzelme, solunum desteklerinde düzelme, hipermetabolik cevabın desteklenmesi, infeksiyon kontrolü, yanık yerinin erken kapatılması ve erken enteral beslenme gibi ana stratejiler son zamanlarda daha iyi anlaşılmiş ve yaşam oranlarında düzelme, hastane kalış sürelerinde kısalma, morbidite ve mortalite oranlarında azalmayı sağlamıştır (7). Yoğun bakımdaki yanık hastasının monitorizasyon

ve takibi teknolojik gelişmelere paralel olarak gelişmiştir (6). Hemodinamik monitorizasyon için izlenmesi istenen hemodinamik profile göre yöntem seçilir. Hastanın hemodinamik monitorizasyonu organ perfüzyonlarının sağlanması için yol göstericidir. Sıvı ve vazoaaktif ilaçlar konusunda rasyonel kararlar verebilmek için yoğun bakımçıların hastanın önyükünü doğru olarak bilebilmeleri gereklidir. Sıvı resüsitasyonunun durumu veya kardiyak output (CO)'nun sıvı denemesine cevabı önyükün bilinmesi ile mümkün olabilmektedir (8). "Frank-Starling" yasasına göre, kardiyak kasılmanın gücü diyastol sonundaki kas içiğinin uzunluğuyla doğru orantılıdır. Sistol öncesi gerilme veya önyük ise diyastol sonu hacimle orantılıdır. Bu nedenle, sol ventrikül end diyastolik volümü (LVEDV) CO'nun en önemli belirleyicisidir (8). Organ perfüzyonunun sağlanmasında önemli olan arter kan basıncı monitorizasyonu ve önyükü belirlemede önemli olan santral venöz basınç (CVP) monitorizasyonu, periferik venöz basınç (PVP) monitorizasyonu ve pulmoner arter kateterizasyonu yöntemleridir.

Hemodinamik Monitorizasyon Parametrelerinin Ölçümlendirilme Yöntemleri

İnvaziv yöntemler cilt veya deride iğne ya da kateter veya cerrahi işlemlerle penetre veya bir ölçüm aracı ile cilt bütünlüğünün bozulması, bir boşluğa girilmesi ya da organa yerleştirilmesi (transduser, vb) söz konusudur (9). Hemodinamik monitorizasyon sisteminin iki bileşeni vardır; bunlar elektronik sistemi ve sıvı dolu tüp sistemidir (10). Hemodinamik monitorizasyon teknolojileri ile kalbin pompa fonksiyonu, intravasküler volüm ve vasküler rezistans (direnc) hakkında bilgi verir (9,10). Bu yöntemler hasta bakımı için son derece önemli ise de invaziv monitorizasyondan kaynaklanan riskler, özellikle kritik hastalarda potansiyel tehlike oluşturmaktadır (10). Bunun yanı sıra hemodinamik sonuçların değerlendirilmesinde yanlış sonuçlar alınması da her zaman mümkündür. İnvaziv olmayan yöntemlerle hastanın cilt bütünlüğü bozulmadan (cilt veya deride iğne kateter veya cerrahi işlem uygulanması), herhangi bir boşluğa (anüs, trakea, vb) ve dokuya yerleştirilmesi gerekmeyen yöntemleri (Doppler ile nabız takibi, vücut ısısının ölçülmesi, vb) kapsar (12). İnvaziv olmayan hemodinamik monitorizasyon ile ölçümler özel aygıtlarla yapılır. İnvaziv olmayan yöntemlerin gelişmesi ile hastayı invaziv girişim riskine maruz bırakmadan kolayca değerlendirmek mümkündür (13).

Monitorizasyonda Kullanılan Girişimler ve Kateterler

Yanıklı hastalarda havayolu güvenliğini sağlamak kadar damar yolu açmak da kritik öneme sahiptir. Açılacak

periferik kateter ideal olarak yanık alanından uzak bir bölüme açılmalıdır (14). Eğer uygun intravenöz girişim alanı yoksa ya da bulunamıyorsa intraosseöz (kemik içi) yol da tüm hastalar için uygulanabilir. Hastalara Foley kateter yerleştirilmelidir. %20'nin üzerindeki yanıklarda gastroparazi ve muhtemel kusma olabileceğinden nazogastrik tüp yerleştirilmelidir (15).

Arteriyel Kan Basıncı Monitorizasyonu

Kan basıncı, akan kanın damarlarda uyguladığı lateral kuvveti yansıtır. Ventrikül sistolünden sonra sistolik kan basıncı (SKB) en fazladır, diyastolden sonra en düşük kan basıncı olan diyastolik kan basıncı (DKB) gelir. Arteriyel kan basıncı CO ve sistemik venöz direnç (SVR) tarafından belirlenir. Arteriyel basınç monitorizasyonu için invaziv olmayan ve invaziv monitorizasyon teknolojileri kullanılmaktadır (12). Arteriyel kan basıncı indirekt olarak; istenilen arterin proksimaline bir manşon yerleştirilip şişirilmesi ve indirilirken arteriyel basıncın dönmesiyle ölçülebilir veya direkt olarak vasküler sistemin kateterizasyonu ile ölçülebilir. İndirekt olarak kan basıncı nabzın palpe edilmesi (palpasyon), dinlenmesi (oskültatuar yöntem, "Korotkoff" sesleri) veya osilasyonların izlenmesi (osilometrik yöntem) ile ölçülebilir. İnvaziv olmayan yöntemlerle, kan basıncının ölçülmesinde osilometrik esasa göre otomatik olarak çalışan cihazlar geliştirilmiştir (12). Sfigmomanometre ve oskültasyon tekniği (steteskopla) invaziv olmayan kan basıncı ölçümünde kullanılır. Kullanılan manşonun boyutu ölçülen değer doğruluğunu etkiler; bu nedenle manşonun eni ölçülen ekstremitenin %40'ına, boyu %60'ına eşit olmalıdır. Bilgisayar destekli cihazlarla ölçüm zamanı ayarlanmakta, istenen araklıklarla manşet şişmekte, sistolik basıncın üstüne çıktığında otomatik olarak boşalmakta; sistolik, diyastolik ve ortalama arter basıncı ölçümlendirmektedir. İnvaziv yöntemlere göre hasta güvenliği bu yöntemin avantajları arasındadır (9). Otuz sekiz kritik hastada 1494 ölçümle yapılan bir çalışmada, osilometrik yöntemle direkt arteriyel kan basıncı ölçümleri karşılaştırılmıştır (16). Osilometrik yöntemle ölçülen ortalama arter basınçları invaziv direkt ölçülen basınçlara göre (-)60-(+)25 kadar farklılık gösterebilmiştir. Hastaların %60'ından fazlasında 10 mmHg'dan fazla fark gözlenmiştir. Çoğunlukla direkt ölçüme göre düşük ölçüm veren indirekt kan basıncı ölçümünün yoğun bakım hastalarında yeterli güvenilirliği olmadığı kanısına varılmıştır (16).

Santral Venöz Basınç (Cvp) Ölçümü

1969 yılında kullanılmaya başlanan perkütan juguler venöz kanülasyondan bu yana CVP monitorizasyonu ya-

pılmaktadır (17). İnvaziv hemodinamik monitorizasyon yöntemlerindedir. Bu ölçüm sağ ventrikülün dolma düzeyinin bir indeksidir. Perioperatif santral venöz girişim birçok klinik durumda travma, cerrahi ya da sıvı durumlarının doğru ölçülmesi gereken durumlardaki diğer hipovolemik durumların takibinde gereklidir (9,18). CVP bir hacim değil, basınç ölçümüdür. Fakat basınç ölçümlerinin kan volümünün vasküler kompliance oranını yansıttığı kabul edilerek, yoğun bakım hastalarında veya cerrahiye giden hastalarda göreceli kan volümünü değerlendirebilmek için CVP kullanılmaktadır. CVP'nin bu nedenle bir gerçek değer ölçümü değil, bir "trend" (seyir) ölçümü olduğu düşünülmektedir (19). CVP monitorizasyonu için, eksternal veya internal juguler vene, subklavian vene veya seyrek olarak femoral veya antekubital vene kateter yerleştirilmesi gerekir. Zaman ve maliyet dışında, nadir görülen fakat ciddi sonuçlar doğurabilecek komplikasyonları olabilir. Deneyimsiz kişiler tarafından takıldığında %11 olan komplikasyon oranı, deneyimli ellerde %5,4'e kadar düşebilmektedir. En sık komplikasyonlar artere girme (%2,8-9,9), pnömotoraks (%0,8-1,7), hematoma (%1,1-4,4), hemotoraks (%0,8), aritmi (%0,8) olarak bildirilmektedir (20). Santral venöz kateter perforasyonu %67 mortalite taşıırken, sağ ventrikül laserasyonu %100 mortalite taşır. Brakiyal plexus, "stellat" gangliyonu veya frenik sinir hasarı da görülebilir. Geç komplikasyonlar arasında kateter migrasyonu, embolizasyon ve infeksiyon sayılabilir (20).

Sağlıklı ölçüm için kateterin ucu, toraks içindeki venlerden birinde tercihen vena kava superiorun sağ atriuma açıldığı yerde olmalıdır. Ölçüm sırasında sağ atriyum düzeyi referans (sıfır) düzeyi olarak alınmalıdır. CVP, basit olarak bir su manometresi ile 1 mmHg= 1,36 cmH₂O veya elektronik olarak transduserler ile (0,74 mmHg= 1 cm H₂O) ölçülür. Elektronik ölçüm, basınç dalgalarının izlenmesi, bu dalgaların tanınması için gerekli olan bazı bilgilerin elde edilmesine ve kateter ucunun lokalizasyonunun saptanmasına olanak sağlaması nedeni ile tercih edilir (21). Normalde CVP 0-6 mm Hg'dır. CVP'da ventilasyona bağlı olarak bazı değişiklikler meydana gelir. Spontan solunumda inspirasyon, pozitif basınçlı ventilasyonda ise ekspirasyon sırasında CVP daha düşüktür. Sağlıklı kişilerde inspirasyon ve ekspirasyon sırasındaki değeri -2 ve +4 cm H₂O'dır. Hipovolemi, pozitif basınçlı solunum sırasında CVP'ta meydana gelen değişikliklerin abartılı olmasına yol açar ki bu durumdan hipovolemi tanısı konmasında yararlanır. Ancak bazı özel durumlarda daha yüksek CVP ile yeterli CO sağlanabilir (9,21). CVP, sol kalp dolma basınçları için güvenilir bir parametre olmadığından, sıvı durumunun yakın takibi gerekiyorsa pulmoner arter kateteri (PAK) takılmalıdır.

İnvaziv Hemodinamik Monitorizasyon Teknolojilerinin Kullanılması Nedeniyle Hastada Yaygın Olarak Gelişen Komplikasyonlar

Hemodinamik monitorizasyon teknolojilerinin kullanımı sırasında yoğun bakım hastalarının zarar görmesinin en aza indirilmesi gerekir. Hemodinamik monitorizasyon teknolojilerinin uygulanma yöntemlerinin komplikasyonların gelişiminde etkili olduğu bilinmektedir (7,9,22). İnvaziv olmayan yöntemlerinin kullanılmasıyla oluşan komplikasyon bildirilmemiştir. Ancak invaziv yöntemlerin kullanılması (arteriyel kanülizasyon, santral venöz kateterizasyon ve pulmoner arter kateterizasyonları) sonucu gelişen bir çok komplikasyon bildirilmiştir. Hemodinamik monitorizasyon teknolojilerinin uygulanması ve kullanımının deneyimli ve bilgili ekipler (hekim ve hemşire) tarafından yapılsa bile bu komplikasyonların gelişebileceği, sadece oranlarında belirgin azalmaların olabileceği görülmüştür.

Periferik Venöz Basınç (Pvp) Ölçümü

PVP, kan sütununun devamlılığı sayesinde CVP'ye bağlanan, CVP'ye alternatif bir fizyolojik hacim monitorizasyonudur. Holtz'un (23) 1943 yılında antekübital vendeki basınçların spontan soluyan hastalarda intratorasik basınçla paralel değişiklikler gösterdiğini kanıtladığından beri PVP, hastalardaki kan hacmini göstermesi ve "trend"lerin izlenmesi açısından ilgi çekmiştir. Bir 14G veya 16G intravenöz (IV) kateterin el üstüne veya distal önkola takılması, kolun orta toraks hizasında tutulması ve basıncının izlenmesiyle ölçülür. Basıncın devamlılığı kolun proksimalden turnikelenmesi sırasında PVP basınç artışının görülmesiyle kanıtlanır. CVP'ye göre çok az solunumsal değişiklik gösterir ve CVP'den yüksektir (ortalama 3 mmHg, 0,7-5,8). CVP "trend"leri çok değiştiğinde, PVP onu takip eder. On beş olguda beyin cerrahisi operasyonu sırasında 1026 ölçümle CVP ile karşılaştırılmış ve yüksek korelasyon gösterdiği bulunmuştur ($r^2= 0,82$). Ciddi kan kaybında (tahmini kan kaybı >1000 mL, $r^2= 0,885$) ve hemodinamik bozukluklar sırasında (CVP standart sapması >-2 iken, $r^2= 0,923$) CVP ve PVP arasındaki bu korelasyonun daha da arttığı görülmüştür. Bu basit ve ucuz yöntemin klinikte hacim monitörü olarak hangi durumlarda CVP'nin yerine geçebileceğinin daha çok incelenmesi ve çalışılması gereklidir (19).

Pulmoner Arter Monitorizasyonu

İnvaziv hemodinamik monitorizasyon uygulanması kararı dikkatli düşünülerek karar verilmelidir. Hedefe yönelik tedavilerde yararlarının olmaması pulmoner arter kateterine olan ilgiyi azaltmıştır (24). Yanıklı hastalarda kardiyak

output ile ilişkili en uygun manipülasyon önyüktür (preload) (25). Doku organ perfüzyonu normal, dolma basınçları normal olma durumunda kaçınılmalıdır (26). En uç noktaya oksijen dağılımının yeterliliğinin değerlendirilmesinde kullanımı yanık şoku yönetiminde hala yer almamıştır (27). 1987 yılında Gore (28) ve 1990 yılında Zion'un (29) pulmoner arter kateterinin yararlı olmadığı yolundaki retrospektif verilere dayanan gözlemlerinden sonra, pulmoner arter kateterinin etkinliğini araştıran "Ontario Intensive Care Study Group"un çalışması (30) etik nedenlerle yarım kalmış, 1996 yılında Connors ve arkadaşlarının SUPPORT çalışmasında ise pulmoner arter kateteri kullanımının, düşünülenin aksine komplikasyon oranını ve maliyeti arttırdığı sonucuna varılmıştır (31). JAMA'da yayınlanan bu makale ile ilgili Dalen ve Bone'un yazdığı "Is it time to pull the pulmonary artery catheter?" başlıklı editorial ise bu konudaki tartışmaları en üst düzeye çıkarmıştır (32). Basınında etkisi ile hasta ve hasta yakınlarında oluşmaya başlayan endişeler, yoğun bakım derneklerini bu konuya açıklık getirmeye ve hatta "Food and Drug Administration (FDA)"ın bir oturum düzenlemesini önermeye itmiş, sonuçta yapılan ortak görüş toplantıları sonunda, şu anda pulmoner arter kateterinin yerini tutacak bir monitorizasyon teknolojisinin olmadığı, fakat daha az invaziv teknolojiler geliştirilmesinin gerektiği sonucuna varılmıştır (32). Bir kateter aracılığı ile pulmoner arter ve kama basıncının ölçülerek hemodinamik değişikliklerin yakından izlenmesine olanak sağlayan bir kateterizasyon yöntemidir. Uzun süredir pulmoner arter kateterinin doğru endikasyonda kullanılıp kullanılmadığı ve kullanıldığı endikasyonlarda hasta sonuçlarını (outcome) değiştirip değiştirmediği konularında tartışmalar vardır (31). Shoemaker ve arkadaşlarının (34) 1980'li yıllarda yaptığı araştırmalar, pulmoner arter kateteri yoluyla kardiyak indeks ve oksijen erişiminin takibinin mortaliteyi, komplikasyon oranını, mekanik ventilasyonda ve yoğun bakımda kalış süresini ve yoğun bakım maliyetini azalttığını göstermiş, bunun üzerine fizyolojik düzeylerin üzerinde (supranormal) oksijen erişiminin (kardiyak indeks $>4,5$ L/dk/m², oksijen erişimi >650 mL/dk/m²) şokta mortaliteyi azaltacağı görüşü doğmuştur. Tuchsmidt'in (35) ortalama "Acute Physiology Assessment and Chronic Health Evaluation (APACHE) II" skorları 21 olan 70 sepsisli hastayı içeren çalışmasında, supranormal ye rağmen supranormal değerlere ulaşamayan ve kontrol grubunda kendiliğinden supranormal değerlere ulaşan hastaların varlığı ve oksijen erişimi ve oksijen tüketiminin hesaplanmasında ortak değişkenlerin kullanılıyor olmasına (matematik eşgüdüm) bağlanabilir. Son olarak Rivers ve arkadaşlarının (36) 2001 yılında yayınlanan, şiddetli sepsis ve septik şoktaki 263 hastayı içeren çalışmalarında, hedefe yönelik erken tedavi uygulanan hastalarda hastane mortalitesinin daha düşük ve oksijen

erişimi parametrelerinin daha iyi olduğu görülmüştür. Bu çalışmanın olumlu sonuçları, hedefe yönelik tedavinin erken başlanmış olmasına bağlanabilir. Bilindiği gibi septik şokta hücre düzeyindeki metabolik problemler (sitopatik hipoksi) şokun daha geç evrelerinde ortaya çıkmaktadır. Bu da Hayes'in (37) çalışmasında elde edilen olumsuz sonuçları açıklayan bir etken olabilir (38). Kern (39) ve Shomaker'ın (34) farklı tedavi yaklaşımları içeren 21 randomize kontrollü çalışmayı inceledikleri meta-analizde ise organ yetmezliği gelişmeden tedavi başlanan, kontrol grubunda mortalitenin %20'den fazla olduğu ve tedavinin gruplar arasında oksijen erişiminde fark yarattığı çalışmalarda mortalite açısından anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Hemodinamik parametrelerin hedeflendiği grupta mortalitenin belirgin derecede az olduğu görülmüştür (35). Hayes'in (37) 100 yoğun bakım hastasını içeren çalışmasında, sıvı tedavisine yanıt vermeyen hastalara supranormal düzeyler hedeflenerek resüsitasyon yapılmış, fakat bu çalışmada tedavi grubunda mortalitenin daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Gattinoni'nin (40) 762 hastayı içeren çok merkezli randomize çalışmasında ise supranormal oksijenizasyonun mortalite üzerine olumlu bir etkisi gözlenmemiştir. Bu çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiş olması, araştırmalarda tedavi gruplarında tedaviye rağmen supranormal değerlere ulaşamayan ve kontrol grubunda kendiliğinden supranormal değerlere ulaşan hastaların varlığı ve oksijen erişimi ve oksijen tüketiminin hesaplanmasında ortak değişkenlerin kullanılıyor olmasına (matematik eşgüdüm) bağlanabilir. Pulmoner kapiller kama basıncı (PCWP), CO, mikst venöz oksijen satürasyonu (SvO₂) gibi önemli hemodinamik değişikliklerin ölçülebilmesi, kritik hastaların hemodinamik durumunun belirlenmesinde, sıvı ve ilaç tedavisinin yönlendirilmesinde önemlidir. 1996 yılında yayınlanan Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde beş eğitim hastanesinde 1989-1994 yılları arasında 5735 hastadaki prospektif kohort çalışmada PAK'ın otuz gün içindeki mortaliteyi arttırdığı, yoğun bakımda kalış süresini uzattığı ve yoğun bakım masraflarını çok arttırdığı bildirilmiştir (31), pulmoner arter kateterinin kullanımının yararlılığı sorgulanmış ve PAK endikasyonları hakkında yoğun tartışmalar başlamıştır (41). Bilinen komplikasyonlar yanında, daha kötü hastalarda PAK takma gereksinimi olduğu için, bu hastaların takılmayanlara göre morbidite ve mortalitesinin daha yüksek olmasının beklenmesi nedeniyle PAK ile randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (42). Hasta takibinde PAK kullanma sıklığı, PAK yerleştirme sıklığı, eğitim hastanesi olup olmaması başarıyı etkilemektedir. PCWP traselerinin değerlendirilmesi, yorumlanması, doktorlar arasında farklılık göstermektedir. Doktorların %47'si geçerli bir traseyi tanıyamamakta ve PCWP değerini ölçmemektedir (43). Uygulayanların

%33'u PCWP ölçümlerinde 4 mmHg'ya varan teknik hatalar yapmaktadır (44). Sıvı infüzyonundan ve ısı değişikliklerinden daha az etkilenen sürekli PAK ölçümünün intrakardiyak şantlarda ve yanlış yerleştirildiğinde güvenilirliğinin daha az olduğu bildirilmiştir (45).

Kesin kontrendikasyonları olmamakla birlikte, tüm santral venöz girişimlerin kontrendikasyonları PAK için de geçerlidir. Koagülopati, trombositopeni, antikoagülan ve trombolitik tedavi, damar trombozu, lokal infeksiyon, inflamasyon, damarda bozulma (travma, cerrahi), sol dal bloğu, Wolff Parkinson White (WPW) Sendromu ve "Epstein" anomalisi dikkat edilmesi gereken kontrendikasyonlar arasında sayılabilir. Swan ve arkadaşları tarafından 1970 yılından itibaren PAK kritik hastalığı olan hastalarda kullanılmaya başlanmıştır (46). PAK birçok parametrenin direkt ölçümünü sağlar ve kardiyak performansın durumu hakkında (önyük [preload], ardyük [afterload], CO) bilgi verir (64). Direkt akımlı PAC geliştirilmesine kadar, hasta başında parametrelerin tek bir alet ile değerlendirilmesine imkân veren başka bir yöntem yoktur (9,18). PAC internal juguler, subklavian ya da femoral ven gibi bir ven aracılığıyla yerleştirilir. Bu işlem sırasında steril tekniklere uyulur. Kateter kullanımına ait komplikasyon olasılıklarının dahil edilmesi, kateterin yararlı etkilerini azaltmıştır. Bildirilen komplikasyon oranları ve komplikasyon tipleri risk seviyesini izah etmemektedir. Kateteri kullanan yoğun bakım ekibinin bilgileri ve yorumları uygun yapılması, kateterin agresif uygulanması da mortalite oranını arttıran sebepler arasındadır. Kateter takılan hastalarda terapötik girişim skor sistemi (Therapeutic Intervention Scoring System-TISS) skorlarını kateter çekildikten sonra dahi, kateter olmayan hastalara göre daha yüksek bulmuşlardır. Viellard-Baron ve arkadaşları tarafından vurgulanan olası durumdakine benzer şekilde, kateterden elde edilen bilgilerin, agresif sıvı veya inotrop destek gibi zararlı olabilecek tedavi yöntemlerinin uygulanmasına neden olabileceğidir. Genel anlamda kabul edilen görüş randomize kontrollü çalışmalara gerek olduğu, kateterden elde edilen bilginin yorumlanması ve anlaşılması ile eğitimin iyileştirilebileceği yönündedir. Spesifik hasta gruplarında görece risk yarar oranının halen kesin olarak belirtilememiş olması nedeniyle ve ayrıca kateter yoluyla fizyolojik durum hakkında bilgi sağlanabilmesinden dolayı birçok yoğun bakımda kateter kullanmaya devam etmektedir (9,18).

Monitorizasyonda PAC kullanılması ile dört ana konu değerlendirilir (9,18);

- Sağ, sol veya her iki ventrikül fonksiyonunun değerlendirilmesi
 - Hemodinamik değişikliklerin monitorizasyonu
 - Farmakolojik ve nonfarmakolojik tedavinin belirlenmesi
 - Prognoz hakkında bilgi sağlanması.
- Pulmoner arter kateterizasyonunun kullanılabileceği

durumlar, klinik olarak net olmayan veya hemodinamik değişikliklerin oldukça hızlı değişebileceği durumlar olarak özetlenebilir.

Balonlu, akım yönetimli pulmoner arter kateterlerinin (Swan-Ganz kateteri) yapılması ve klinik uygulamaya girmesi hasta başında kalbin en önemli pompa odacığı olan sol ventrikül performansının saptanmasına olanak sağlamış ve kritik durumdaki hastaların tedavisi ve izlenmesinde yeni bir çığır açmıştır. Pulmoner arter kateterlerinin kullanılmasının CVP ölçümlerine göre avantajları şunlardır:

- Sol ventrikül dolma basıncını yansıtan pulmoner arter diyastolik basıncı (PADP) ve pulmoner kapiller kama basıncı (PCWP) ölçümlerine olanak sağlar.
- Pulmoner arter sistolik basıncı ve ortalama basıncının (PAP) sürekli olarak monitorizasyonu ile pulmoner yetmezlik, pulmoner emboli, pulmoner ödem ve hipoksiye bağlı pulmoner vasküler rezistans (PVR) değişiklikleri yakından izlenebilir.
- Arteriyovenöz oksijen içerik farkı, Fick yöntemi ile CO ölçümü ve arteriyovenöz karışım (QS/QT) ölçümlerine olanak sağlar.
- Termodilüsyon yöntemi ile CO ölçülebilmesine yarar. İki veya üç lümenli pulmoner arter kateterleri mevcuttur. Çift lümenli kateterlerde, bir lümeninden balonun şişirilmesi, kateterin distalde açılan diğer lümenin ucundan ise intravasküler basıncın ölçülmesi ve kan örneği alınması mümkündür.

Üç lümenli kateterlerde, proksimal hat kateterin uç kısmından yaklaşık 30 cm öncesinde sonlanır, bu hat vasıtasıyla eş zamanlı olarak sağ atriyum ve PA veya oklüzyon basınçları ölçülebilir. Yoğun bakım ünitelerinde sıklıkla kullanılan kateterler, dört lümenli olup kateter ucunun 4 cm proksimalinde, kateter yüzeyinde termistor ile temas eden elektrik kablosunun bulunduğu bir lümen daha içerir. Termistor, PA kan sıcaklığını ve termodilüsyon yöntemi ile CO'yi ölçer. Termodilüsyon PA 100 cm uzunluğunda olup kateter ucundan itibaren her 10 cm'yi gösteren çizgiler ile işaretlenmiştir. Beş lümenli kateterler de mevcut olup, beşinci lümen kateterin uç kısmından yaklaşık 40 cm proksimalde açılır. Bu beşinci lümen, periferik damar yolunun yetersiz veya sınırlı olduğu veya büyük venlerden uygulanması gereken ilaçların (dopamin, epinefrin) verileceği durumlarda, sıvı veya ilaç uygulamaları için ilave santral yol sağlar (9,18).

Mikst Venöz Oksijen Satürasyonu

Pulmoner arter kateteri (PAK) distal yolundan mikst venöz oksijen satürasyonu (SvO₂) veya PAK takılmadan da santral venöz yoldan santral venöz oksijen satürasyonu ölçümü için kan alınabilir. Sürekli SvO₂ ölçümleri yapan özel PAK veya santral venöz kateterler klinikte kullanımdadır (40). Bu PAK'lar özel olarak dizayn edilmiş fiberoptik oksimetreler

içerirler. Bu kateterin ucundan geçen oksijene bağlı ve oksijensiz hemoglobin miktarlarını ölçebilmek için kızılötesi dalga boyu kullanılmaktadır (47). Mikst venöz oksijen, sistemik oksijen kullanımının bir göstergesidir. Dolaşım sisteminin en önemli amacı organ perfüzyonunun sağlanmasıdır. Dolaşımın fonksiyonel durumu ve dolayısıyla organ perfüzyonu, CO ve oksijen sunumuyla (DO₂) oksijen kullanımı arasındaki ilişkiden çıkarılabilir (47). Normalde, periferik oksijen kullanımı (VO₂) DO₂'den bağımsızdır. Bu yüzden, CO ve DO₂ azalınca, oksijen kullanımını sabit tutmak için oksijen tutulumu artar, mikst venöz oksijen satürasyonu düşer. Hemodinamik verileri normalin üstündeki değerlerde (CI >4,5 L/dk/m², DO₂ >650 mL/dk/m²) olan kritik hastaların hemodinamik verileri normal ve altında olan hastalara göre mortallite oranlarının daha düşük olduğu bildirilmiştir (20). Bu nedenle, yıllardır hemodinamik değerlerin tedavile normalin üstünde değerlere çıkarılması üzerinde pek çok çalışma yapılmakta ve tartışma süregelmektedir (40,42-47). Yakın zamanda erken dönemde önceden belirlenmiş hemodinamik hedeflere ulaşılacak şekilde tedavinin septik şokta mortaliteyi azalttığı gösterilmiştir. Bu çalışmada, hastalar acile geldikleri ilk altı saatte sürekli santral venöz satürasyon ve CVP ölçümü ile izlenmişler ve CVP ≥-8 mmHg, 65 mmHg <ortalama arter basıncı< 90 mmHg, SvO₂ ≥ %70 olacak şekilde, sıvı, kolloid, kan, vazoaaktif ajanlarla tedavi edilmişlerdir (36). Hemodinamik verilerin normal veya normalin üstünde tutulmasından çok, hastaların yakın izlenmelerinin, çoklu organ yetmezliği gelişmeden, hemodinamik hedeflerin belirlenip erken tedaviye başlanmasının önemi üzerinde durulmaktadır (11,28). PAK yardımıyla, CO sadece mikst venöz oksijen satürasyonu incelenerek de ölçülebilir. Eğer CO artarsa periferik dokularda her ünite kan için tutulacak oksijen miktarı da az olacağından mikst venöz oksijen miktarı da artacak, tam tersi durumda da azalacaktır. Dolayısıyla mikst venöz oksijen satürasyonunun seri değerlendirmeleri, direkt olarak CO değişikliğini yansıtır. Normal mikst venöz oksijen değeri %70-75'tir. %60'ın altındaki değerler kalp yetmezliği ile ve %40'ın altındaki değerler ise şok ile birlikte (9,18). Düşük akımın söz konusu olduğu durumlarda, kan karışımının zayıf olması, PAK oklüzyon konumunda olmadığı kan örneğinin alınması ve hızlı aspirasyonu sonucu satüre olmayan mikst venöz kanın satüre kapiller kan ile kontaminasyonu, bu değerlendirmedeki olası hata nedenleridir (9,18).

İdrar Çıkışı Monitorizasyonu

Yanık hastalarının bakımında sıvı resüsitasyonu en önemli köşe taşlarından birisidir ve hastanın yaşam süresini uzatmakta en önemli direkt etkiye sahip faktördür. Uygun sıvı resüsitasyonu yanık şokunun tedavisinden ziyade korunmayı ve engellemeyi amaçlar (48,49). Sıvı replasmanı perfüzyonu sağlamak için yeterli olmalı sıvı yüklenmesine neden olmamalıdır (50,51). Toplam vücut yü-

zeyinin %15-20'sinden daha fazla yanığı olan hastalara efektif ve hızlı bir destek sağlanmaz ise bu hastalarda hipovolemi ve şok gelişecektir (52). Kan basıncı, idrar çıkışı, juguler venöz dolgunluk, cilt perfüzyonu ve deri turgoru gibi kardiyak fonksiyonların klasik bulguları yoğun bakım hastalarında güvenilir değildir (53). Nitekim Connor ve arkadaşları (54), dâhiliye yoğun bakım ünitesinde miyokard infarktüsü dışındaki tanılarla yatmakta olan hastalarda CI'nın düşük, normal veya yüksek mi olduğunu doğru tahmin edebilme oranını %44 olarak bildirmişlerdir. Fein ve arkadaşları (55), kardiyojenik şoktaki hastalarda klinik muayene ile çoğunlukla hemodinamik profilin doğru tahmin edilemeyeceğini (SVR'nin %44, CO'nun ise %51 oranında doğru tahmin edilebildiğini) göstermişlerdir. Benzer şekilde kardiyak cerrahi sonrası hastalarda da CI normal değilse %65 olasılıkla yanlış tahmin edilirken, SVR normal değilse %73 oranında yanlış tahmin edilebilmiştir (53). Oksijen erişimi formülüne bakıldığında üç önemli parametre olduğu görülür: 1) hemoglobin düzeyi, 2) oksijen doygunluğu, 3) kan akımı. Klinik uygulamalarda çoğunlukla kan basıncının akımın iyi bir göstergesi olduğu düşünülür ve tedavi yaklaşımı kan basıncına göre belirlenir. Fakat unutulmamalıdır ki kan basıncı ile akım arasındaki eşgüdümü belirleyen vasküler dirençtir (kan basıncı x vasküler direnç = akım). Nitekim Wo ve arkadaşlarının (56) ani derin hipovolemik şok gelişen 224 kritik hastayı içeren çalışmasında, ortalama arteriyel kan basıncının en düşük değeri ile kardiyak indeks arasında uyum gözlenirken, tüm basınç değerleri değerlendirildiğinde bu uyumun son derece yetersiz olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde Scalea ve arkadaşlarının (57) 30 travma hastası üzerinde yaptıkları çalışmada, taşikardisi olmayan, idrar çıkaran ve kan basıncı normal düzeylerde olan hastaların %80'inde serum laktat düzeylerinin dolaşım bozukluğuna işaret edecek şekilde yüksek olduğu görülmüştür. Pek çok yazar idrar çıkışı ve genel yaşam belirteçleri (kalp hızı ve ortalama arter basıncı)'nın yanık hastalarında uygun sıvı resüsitasyonunu sağlamada çok duyarlı olduğunu düşünmektedir (58,59). Çocuklarda, kalp hızındaki değişim, kan basıncı ve kapiller dolmanın normale doğru ilerlemesi terapötik sürecin sonucunun daha iyi bir göstergesidir (60). Pek çok yanık merkezinde resüsitasyonda yaygın sıvı kullanımı ile ilgili literatür miktarı oldukça artmıştır (61). İdrar çıkışı kalp hızı primer monitorizasyonda bulunsa da, veriler geniş yanıklı hastaların sıvı tedavisindeki monitorizasyonun mevcut standartlarını desteklememektedir (50,51). "Amerikan Yanıklarla İlgili Uygulama Rehberi"nde yetişkinlerde 0,5 mL/kg/saat ve 30 kg altındaki çocuklarda 0,5mL/kg/saat idrar çıkışının olması önerilir (49). Daralmış nabız basıncı tek başına sistolik kan basıncına göre daha erken şok belirticisidir (59).

Laboratuvarla İlgili Monitorizasyonlar

Trombosit Sayısı

Geniş yanıkları olan hastalar yanık sonrası dönemde erken trombositemi gösterir. Bir çalışmada heparinin-indüklediği trombositopenini %1,6 gibi düşük insidansı olduğu söylenmiş olmasına rağmen, diğer yoğun bakım hastalarında olduğu gibi, yanık hastalarında da hastane yatışından sonra ilk hafta içerisinde trombositopeni gözlemlendiğinde bu tanı akılda tutulmalıdır çünkü bu komplikasyon arteriyel venöz trombüslere yol açarak cerrahi uygulama sayılarını ve mortalite-morbiditeyi arttırmaktadır (62).

Lökosit Miktarı

Yanık hastalarında nötrofil sayısında azalmaya bağlı geçici lökopeni yaygındır. Gümüş sülfodiyazın kullanımına bağlı geçici lökopeni olabilir (63).

Laktat Miktarı

Laktat mortalitenin güçlü bir belirteci olmasına rağmen, serum laktatının resüsitasyonda kullanımı açık değildir (25). Laktat ve baz açığı (BD) bağımsız değişkenler olarak hareket eden resüsitasyon belirteçleri olmasına rağmen, idrar çıkışı, ortalama arter basıncı, serum laktat ve baz açığı arasında düşük bir korelasyon vardır (64). Serum laktatın değişimi hemostatik durum hakkında bilgi verir (65). Geniş yanıklı hastaların sonuçlarının bağımsız olarak tahmininde ya da yanıklıların sıvı resüsitasyonunda laktat ya da baz açığının kullanılmasını öneren veriler yetersizdir (25,62).

Vücut Sıcaklığı Monitorizasyonu

Yanık hastalarında hipotermiyanin yan etkileri kesinlikle göz ardı edilemez. Vücut ısısı düşük olan hastaların vücut ısısının düzeltilmesi ile metabolik cevap azaltılabilir (66).

Endokrin ve Glukoz Monitorizasyonu

80-110 mg/dL'de sabit tutulan katı glukoz kontrolü yoğun insülin tedavi protokolü ile sağlanabilir ve bu sayede infeksiyon komplikasyonlarının azalması sağlanır ve mortalite oranları düşer (66). Yanık hastalarında doku perfüzyon durumunu bağımsız ve doğru olarak ortaya koyan bir monitorizasyon yöntemi söylenemediğinden yanık hastalarının erken resüsitasyon dönemindeki monitorizasyonunda çelişkiler mevcuttur (25,62,67). Vital bulgular ve idrar çıkışı bu kriterleri tam olarak ortaya koymaz. İlerideki araştırmaların önceliği yoğun sıvı tedavisini bırakmanın belirtilerini tanımlamak olacaktır (49).

Yeni Monitörizasyon Teknolojileri

Son 10 yılda hızlanan daha az invaziv monitorizasyon yöntemleri geliştirilme çabaları sonucu ortaya çıkan teknolojilere kısaca değinmeden önce irdelenmesi gereken nokta, kardiyak debi ölçümünde altın standardın ne olduğudur. Klinikte yaygın kullanım bulması nedeniyle pulmoner arter kateterizasyonu altın standart kabul edilerek, yeni geliştirilen yöntemlerin doğruluğu bununla karşılaştırılmakta ve yeni yöntemlerin pulmoner arter kateterizasyonu ile iyi bir uyum gösterdiği sonucuna varılmaktadır. Fakat unutulmalıdır ki, istatistiksel olarak, iki ölçüm yöntemi arasında kesin bir uyumdan bahsetmek için referans yönteminin kusursuz olması gerekir (68). Aslında kardiyak debi ölçümünde kesin ve en doğru ölçüm yöntemleri aortik elektromanyetik akım ölçümü ve aortik ultrason transit zamanı ölçümüdür. Fakat her iki yöntemde de torakotomi ya da sternotomi yaparak aort kökünde diseksiyon yapılması ve bu bölgeye bir akımölçer yerleştirilmesi gerektiğinden, pratikte yatak başı monitorizasyon amacıyla uygulanamaz (69,70).

Sitopatik Hipoksi ve "Near Infrared Spectroscopy (Nirs)"

Aerobik metabolizmada Krebs döngüsünün ilk basamağı pirüvat dehidrogenaz (PDH)'in sentezlediği basamaktır. Bu yolla pirüvat asetil-CoA'ya çevrilerek Krebs döngüsüne girer. Pirüvat dehidrogenazın aktivitesi enzimatik olarak kontrol edilmektedir. PDH fosfotaz enzimin aktivitesinin arttırırken, PDH kinaz tarafından fosforilasyon enzimi inaktive eder. Vary ve arkadaşları (71), sepsiste PDH kinaz aktivitesinin arttığını ve buna bağlı olarak pirüvat dehidrogenaz aktivitesinin azaldığını, bu nedenle septik şokta ölçülen kan laktat düzeyindeki artışın yalnızca perfüzyon yetersizliğine değil, metabolize edilemeyen pirüvatın laktata çevrilmesine de bağlı olduğunu göstermişlerdir. Yani sepsiste hücreye yeterli oksijen erişirilse dahi, metabolik düzeyde sorunlar nedeniyle bu oksijen aerobik metabolizmada kullanılamamaktadır. Bu durum sitopatik hipoksi olarak adlandırılır. Sitopatik hipoksiye neden olan diğer metabolik sorunlar; nitrik oksit yoluyla sitokrom a1a3 inhibisyonu, peroksinitrit yoluyla mitokondriyal enzim inhibisyonu ve en önemlisi poli (ADP-riboz) polimeraz (PARP-1) aktivasyonu yoluyla NAD⁺/NADH içeriğinin azalmasıdır (54). Sitopatik hipoksi, septik şokta genel ve uç-organ perfüzyonu göstergelerinin yeterliliğini sınırlayan bir etkidir. Doğrudan mitokondriyal metabolizmanın monitorize edilebilmesi ise NIRS ile mümkündür. NIRS ile mitokondriyal sitokrom a1a3'ün oksidasyon düzeyi ve reoksidasyon hızı monitorize edilir. Bu yolla hem oksijen erişimi hem de oksidatif metabolizma ile ilgili bilgi elde edilebilir (72).

Sonuç olarak, yanık hastasının kliniğine ve elde olan imkanlara göre izlenmesi gereken hemodinamik profil belirlenir.

Önemli olan hemodinamik hedeflerin mümkün olan en erken dönemde belirlenmesi ve o hedeflere ulaşabilmek için tedavinin bir an önce başlanmasıdır. Hemodinamik monitorizasyon yöntemleriyle elde edilen bilgiler tek başlarına değerlendirilmemelidirler. Tedaviyi yönlendirmede, tedaviyle olan kalp hızında değişme, kalp debisinde, (PAOP)pulmoner arter oklüzyon basıncı ve (RVEDI)sağ ventrikül end diastolik indeksi, oksijenizasyon, kan basıncındaki ve idrar çıkışındaki cevap göz önüne alınarak karar verilmelidir. Bütün bu değişkenler hastanın altta yatan hastalığı çerçevesinde ve doku hipoksisinin olup olmamasıyla birlikte değerlendirilmelidir. İdeal hemodinamik monitorizasyonun, hemodinamik parametreleri sağlayan teknolojinin noninvaziv, doğru, güvenilir, kesin sonuç veren ve devamlı olması gerekir. Bugün için yanık hastalarında hiçbir monitorizasyon tekniği tek başına bütün bu koşulları sağlayamamaktadır. Teknoloji geliştirmek için ciddi düzeyde para harcayan endüstrinin "agresif" pazarlama stratejilerinin etkisi ile monitorizasyon konusunda iki eğilim doğmuştur. İnvaziv monitorizasyon yerine noninvaziv monitorizasyon ve aralıklı ölçümler yerine sürekli monitorizasyon yapılmalıdır.

Kaynaklar

1. Şahinoğlu H. Yoğun Bakım: Sorunları ve Tedavileri. Türkiye Klinikleri. Yayın Seri No: 21 2. Baskı. ANKARA 2003.
2. Turner MA. Doppler-based Hemodynamic Monitoring. AACN Clinical Issue 2003;14:220-31.
3. Lough ME. Introduction To Hemodynamic Monitoring. Nursing Clinics Of North America March 1987;22:89-110.
4. Dietz B, Smith TT. Enhancing The Accuracy Of Hemodynamic Monitoring. J Nurs Care Qual 2002;17:27-34.
5. Adams K K. Hemodynamic Assessment: The Physiologic Basis For Turning Data into Clinical Information. AACN Clinical Issue 2004;15:534-46.
6. Özyurt G. Yoğun Bakım. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı: Bursa; 61:1992.
7. Herndon DN (Ed). Total Burn Care. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2007.
8. Marik PE. Pulmonary artery catheterization and esophageal Doppler monitoring in the ICU. Chest 1999;116:1085-1.
9. Polanco PM. Practical Issues of Hemodynamic Monitoring at the Bedside. Surg Clin North Am - 01-DEC-2006;86:1431-56.
10. The Pulmonary Artery Catheter Education Project.
11. Irwin RS, Rippe JM, Curley FJ, Heard SO. Yoğun bakımda girişimler ve teknikler. 3. basım: Nobel tıp yayın evleri; 2005.
12. Webb A R, Shapiro MJ, Singer M, Suter PM. Oxford Textbook Of Critical Care (Monitoring Equipment And Techniques), Oxford University Press. Oxford 1999:1083-15.
13. Kwan SL, Abbas AE, Khandheria BK, Lester SJ. Echocardiographic Assessment of Right Heart Hemodynamic Parameters. J Am Soc Echocardiogr 2007;20:773-82.
14. Oliver RI, Spain D, Stadelmann W. Burns, resuscitation and early management. Accessed November 2004. Available at: <http://www.emedicine.com/plastic/topic159.htm>.
15. Herndon DN (Ed). Total Burn Care. Philadelphia; Elsevier Saunders; 2007.
16. Bur A, Hirschl MM, Herkner, Harald, Oschatz E, Kofler et al. Accuracy of oscillometric blood pressure measurement according to the relation between cuff size and upper arm circumference in critically ill patients. Crit Care Med 2000;28:371-6.

17. English ICW, Frew RH, Pigott JF, Zaki M. Percutaneous catheterization of the internal jugular vein. *Anaesthesia* 1969;24:521-31.
18. Turner K. Arterial Blood Pressure Monitoring: An Introduction (online). (cited 20 June 2007). Available URL: <http://www.ciap.health.nsw.gov.au/hospolic/stvincents/stvin99/Karen2.htm>
19. Munis JR, Bhatia S, Lozada LJ. Peripheral venous pressure as a hemodynamic variable in neurosurgical patients. *Anesth Analg* 2001;92:172-9.
20. Sznajder I, Zveibil FR, Bitterman H, Weiner P, Bursztein S. Central vein catheterization. Failure and complication rates by three percutaneous approaches. *Arch Intern Med* 1986;146:259-61.
21. Measuring Central Venous Pressure. Available from: URL: <http://www.hku.hk/anaesthe/LearNet/measure.htm> 26/12/2010.
22. Mathews L., Paradigm Shift in Hemodynamic Monitoring. Available from: URL: <http://www.ispub.com/ostia/index.php?xmlPrinter=true&xmlFilePath=journals/ija/vol11n2/hemodynamics.xml>.
23. Holtz JP. The effect of positive and negative intrathoracic pressure on peripheral venous pressure in man. *Am J Physiol* 1943;139:208-11.
24. Venkatesh B, Meacher R, Muller MJ, et al: Monitoring tissue oxygenation during resuscitation of major burns. *J Trauma* 2001;50:485-94.
25. Ahrens KS. Trends in burn resuscitation: Shifting the focus from fluids to adequate endpoint monitoring, edema control, and adjuvant therapies. *Crit Care Nurs Clin N Am* 2004;16:75-98.
26. Ahrens KS, Harkins DR. Initial resuscitation after burn injury: Therapies, strategies, and controversies. *AACN Clin Issue* 1999;10:46-60.
27. Maass DL, White J, Horton J. IL-1 beta and IL-6 act synergistically with TNF-alpha to alter cardiac contractile function after burn trauma. *Shock* 2002;18:360-6.
28. Gore JM, Goldberg RJ, Spodick DH. A communitywide assessment of the use of pulmonary artery catheters in patients with acute myocardial infarction. *Chest* 1987;92:721-7.
29. Zion MM, Balkin J, Rosenmann D, et al. Use of pulmonary artery catheters in patients with acute myocardial infarction. Analysis of experience in 5841 patients in the SPRINT Registry. SPRINT Study Group. *Chest* 1990;98:1313-4.
30. Guyatt G. A randomized control trial of right-heart catheterization in critically ill patients. Ontario Intensive Care Study Group. *J Intensive Care Med* 1991;6:91-5.
31. Connors AF Jr, Speroff T, Dawson NV, Thomas C, Harrell FE Jr, Wagner D et al. The effectiveness of right heart catheterization in initial care of critically ill patients. *JAMA* 1996;276:889-97.
32. Bone RC. Is it time to pull the pulmonary artery catheter? *JAMA* 1996;276:916-8.
33. Taylor RW Jr, Calvin JE, Matuschak GM. Pulmonary artery catheter consensus conference: The first step. *Crit Care Med* 1997;25:2060-3.
34. Shoemaker WC, Appel PL, Kram HB, Waxman K, Lee TS. Prospective trial of supranormal values of survivors as therapeutic goals in high-risk surgical patients. *Chest* 1998;94:1176-86.
35. Tuchschildt J, Fried J, Astiz M, Rackow E. Elevation of cardiac output and oxygen improves outcome in septic shock. *Chest* 1992;102:216-20.
36. Rivers E, Nguyen B, Havstad S, Ressler J, Muzzin A, Knoblich B et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med* 2001;345:1368-77.
37. Hayes MA, Timmins AC, Yau EHS, Palazzo M, Hinds CJ, Watson D. Elevation of systemic oxygen delivery in the treatment of critically ill patients. *N Engl J Med* 1994;330:1717-22.
38. Fink MP. Bench-to bedside review: Cytopathic hypoxia. *Critical Care* 2002;6:491-9.
39. Kern JW, Shoemaker WC. Meta-analysis of hemodynamic optimization in high-risk patients. *Crit Care Med* 2002;30:1686-92.
40. Gattinoni L, Brazzi L, Pelosi P, Latini R, Tognoni G, Pesenti A et al. A trial of goal-oriented hemodynamic therapy in critically ill patients. *N Engl J Med* 1995;333:1025-32.
41. Dalen JE, Bone RC. Is it time to pull the pulmonary artery catheter? *JAMA* 1996;276:916-8.
42. Afessa B, Spencer S, Khan W, LaGatta M, Bridges L, Freire AX. Association of pulmonary artery catheter use with in-hospital mortality. *Crit Care Med* 2001;29:1145-8.
43. Iberti TJ, Fischer EP, Leibowitz AB, Panacek EA, Silverstein JH, Albertson TE. A multicenter study of physicians' knowledge of the pulmonary artery catheter. *JAMA* 1990;264:2928-32.
44. Komadina KH, Schenk DA, LaVeau P, Duncan CA, Chambers SL. Interobserver variability in the interpretation of pulmonary artery catheter pressure tracings. *Chest* 1991;100:1647-54.
45. Zöllner C, Polasek J, Kilger E, Pichler B, Jaenicke U, Briegel J. Evaluation of a new continuous thermodilution cardiac output monitor in cardiac surgical patients. A prospective criterion standard study. *Crit Care Med* 1999;27:293-8.
46. Mansfield MD, Kinsella J. Use of invasive cardiovascular monitoring in patients with burns greater than 30 per cent body surface area: A survey of 251 centers. *Burns* 1996;22:549-51
47. Shoemaker WC, Appel PL, Kram HB. Oxygen transport measurements to evaluate tissue perfusion and titrate therapy. *Crit Care Med* 1991;19:672-88.
48. Judkins K. Current consensus and controversies in major burns management. *Trauma* 2000;2:239-51.
49. Pham TN, Cancio LC, Gibran NS. American Burn Association Practice Guidelines Burn Shock Resuscitation. *J Burn Care Res* 2008;29:257-66.
50. Fodor L, Fodor A, Ramon Y, Shoshani O, Rissin Y, Ullmann Y. Controversies in fluid resuscitation for burn management: Literature review and our experience. *Injury, Int J Care Injured* 2006;37:374-9.
51. Klein MB, Hayden D, Elson C, Nathens AB, Gamelli RL, Gibran NS. The association between fluid administration and outcome following major burn: A multicenter study. *Ann Surg* 2007;245:622-8.
52. Mitra B, Fitzgerald M, Cameron P, et al: Fluid resuscitation in major burns. *ANZ J Surg* 2006;76:35-8.
53. Linton RAF, Linton NWF, Kelly F. Is clinical assessment of the circulation reliable in postoperative cardiac surgical patients. *J Cardiothoracic Vasc Anesth* 2002;16:4-7.
54. Connors AF, McCaffree DR, Gray BA. Evaluation of right heart catheterization in the critically ill patient without acute myocardial infarction. *N Engl J Med* 1983;308:263-8.
55. Fein AM, Goldberg SK, Walkenstein MD, Dershaw B, Braitman L, Lippmann ML. Is pulmonary artery catheterization necessary for the diagnosis of pulmonary edema? *Am Rev Respir Dis* 1984;129:1006-9.
56. Wo CC, Shoemaker WC, Appel PL, Bishop MH, Kram HB, Hardin E. Unreliability of blood pressure and heart rate to evaluate cardiac output in emergency resuscitation and critical illness. *Crit Care Med* 1993;21:218-23.
57. Scalea TM, Maltz S, Yelon J, Trooskin SZ, Duncan AO, Sclafani SJ. Resuscitation of multiple trauma and head injury: Role of crystalloid fluids and inotropes. *Crit Care Med* 1994;22:1610-5.
58. Elliott DC. An evaluation of the end points of resuscitation. *J Am Coll Surg* 1998;187:536-47.
59. Ahrens KS, Harkins DR. Initial resuscitation after burn injury: Therapies, strategies, and controversies. *AACN Clin Issue* 1999;10:46-60.
60. Carvajal HF. Fluid resuscitation of pediatric burn victims: a critical appraisal. *Pediatr Nephrol* 1994;8:357-66.
61. O'Mara MS, Slater H, Goldfarb IW, Caushaj PF. A prospective, randomized evaluation of intra-abdominal pressures with crystalloid and colloid resuscitation in burn patients. *J Trauma* 2005;58:1011-8.

62. Greenhalgh DG, Saffle JR, Holmes JH, et al: American Burn Association consensus conference to define sepsis and infection in burns. *J Burn Care Res* 2007;28:776-90.
63. Herndon DN (Ed): *Total Burn Care*. Philadelphia, Elsevier Saunders, 2007.
64. Jeng JC, Jablonski K, Bridgeman A, et al: Serum lactate, not base deficit, rapidly predicts survival after major burns. *Burns* 2002;28:161-6.
65. Pal JD, Victorino GP, Twomey P, et al: Admission serum lactate levels do not predict mortality in the acutely injured patient. *J Trauma* 2006;60:583-9.
66. Hemmila MR, Taddonio MA, Arbabi S, et al: Intensive insulin therapy is associated with reduced infectious complications in burn patients. *Surgery* 2008; 144:629-37.
67. Samuelsson A, Steinvall I, Sjöberg F: Microdialysis shows metabolic effects in skin during fluid resuscitation in burn-injured patients. *Crit Care* 2006. Available at: <http://ccforum.com/content/10/6/R172>. Accessed February 8, 2009.
68. Bland MJ, Altman DJ. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
69. Boldt J. Clinical review: Hemodynamic monitoring in the intensive care unit. *Critical Care* 2002;6:52-9.20.
70. Berton C, Cholley B. Equipment review: New techniques for cardiac output measurement-oesophageal Doppler, Fick principle using carbondioxide, and pulse contour analysis. *Critical Care* 2002;6:216-21.
71. Vary TC. Sepsis-induced alterations in pyruvate dehydrogenase complex activity in rat skeletal muscle: Effects on plasma lactate. *Shock* 1996;6:89-94.
72. Guery BP, Mangalaboyi J, Menager P, Mordon S, Vallet B, Chopin C. Redox status of cytochrome a,a3: A non-invasive indicator of dysoxia in regional hypoxic or ischemic hypoxia. *Crit Care Med* 1999;27:576-82.