

# Yoğun Bakımda Sistemik Kan Basıncı Monitörizasyonu

**Dr. Özge KÖNER**

Yeditepe Üniversitesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı

Yoğun bakımda takip edilen, genel durumu kritik hastalara tanı konması ve uygun tedavinin başlanması için hemodinamik ölçüm ve değerlendirmelerin doğru olarak yapılabilmesi gerekir. Yoğun bakım ünitelerinde izlenen kritik hastalarda kan basıncı takibi invaziv ya da noninvaziv yöntemler kullanılarak yapılabilir. İnvaziv ve noninvaziv ölçümlerde farklı mekanizmalar sözkonusudur; noninvaziv yöntemle kan basıncı ölçümünde belli bir zaman aralığında ölçümün yapıldığı bölgeden geçen kan akımı değerlendirilirken, invaziv yöntemde dolaşımdaki kanın belli bir bölgeye uyguladığı kuvvet değerlendirilmektedir (1,2).

## Noninvaziv kan basıncı izlemi:

Noninvaziv olarak; oskültasyon ile, osilometrik olarak, tonometrik yöntemle, ultrasonografik olarak, impedans ya da optik pletismograf aracılığıyla kan basıncı takibi yapılabilir. Günümüzde kullanılan hemodinamik monitörlerin çoğu non-invaziv kan basıncını osilometrik ya da oskültatuar yöntemler aracılığıyla ölçer. Non-invaziv yöntem kolay, ucuz ve ölçümün pratik olması yanında, invaziv yöntem ile karşılaştırıldığında; obez ve hipertansif hastalarda sistolik kan basıncı değerlerini daha düşük ölçerken (3); vazodilatasyon ile seyreden, taşikardiyle kompanse şok tablosunda, ekstremitede artmış kan akımı nedeniyle kan basıncı değerlerinin daha yüksek ölçümüne neden olabilir (4).

Osilometrik yöntem; en yaygın olarak kullanılan noninvaziv kan basıncı ölçümü yöntemidir, ancak yöntemin birtakım dezavantajları bildirilmiştir;

- Kan basıncının ölçümü için kullanılan manşonun boyutu ve hasta kol çapı arasındaki uyumsuzlukların sonuçları etkilemesi (5), osilometrik non-invaziv kan basıncı ölçümlerinde standartların firmalar tarafından ampirik olarak geliştirilmesi ve genel olarak evrensel bir ölçüm ve değerlendirme standardı olmaması (6,7)
- Genel durumu bozuk olan kritik yoğun bakım hastalarında yöntemin güvenilirliği tartışmalıdır; yapılan bir çalışmada osilometrik yöntemle ölçülen kan basıncı

değerinin, invaziv yöntem ile karşılaştırıldığında, belirgin biçimde düşük olduğu ve klinikte kabul edilebilir sonuçlar vermediği kanısına varılmıştır (5). Ancak çok sayıda yoğun bakım hastasının değerlendirildiği bir çalışmada inotropik ajan kullanımının non-invaziv yöntemle hatalı kan basıncı ölçümüne yol açmadığı gösterilmiştir (8).

- Yöntemin invaziv kan basıncı ölçümü ile karşılaştırıldığı çalışmalarda, 10 mmHg değerindeki basınç farklılıkları klinikte kabul edilebilir bulunurken, 20 mmHg üzerindeki farklar kabul edilemez olarak tanımlanmıştır (9). Ölçümler arasındaki bu uyumsuzluklar, ihtiyacın üzerinde vazopressör ajan kullanımına ya da ihtiyacın altında anti-hipertansif ajan uygulamasına yol açabilir. Bur ve arkadaşları tarafından geliştirilen yeni bir algoritma uygulaması da, osilometrik ölçümün invaziv kan basıncı ölçümü karşısında güvenilir bir alternatif olmasını sağlayamamıştır (10).

Oskültasyon yönteminde; ekstremiteye uygulanan bir manşon yardımıyla, arterin kısmen kollabe edilerek, türbülant akımı sağlanır ve sistolik kan basıncını "Korotkoff" seslerinin duyulması, diastolik kan basıncını ise bu seslerin kaybolması belirler. Bu yöntemle periferik arterin oskültasyonu, hastada hipotansiyon ve belirgin periferik vazokonstriksiyon varlığında güvenilir değildir.

İnfrasound tekniği; arterin oskültasyonu ile elde edilen düşük frekanslı "Korotkoff" titreşimlerinin tespit edilmesini sağlar. Hastanın hareketine bağlı artefakt gelişmesi bu yöntemin kullanımını sınırlar (11). Empedans pletismografi; artere basınç uygulandığında, arterin genişmesiyle ortaya çıkan hacim değişimlerinin ölçümü temeline dayanır. Bu yöntem ile osilometrik tekniğe benzer biçimde kan basıncı ölçümü yapılır. Arteriyel hacim değişiklikleri ölçüm yerindeki elektriksel iletimi değiştirir ve bu değişiklik osilometrik dalga formuna benzer bir grafik oluşturur. Pletismografik ölçüm periferik arter hastalığı, aritmi ya da hipotermide güvenilir değildir (12).

Arteriyel tonometri yöntemi; uygulamanın yapıldığı arter, kemik ile manşon arasında sıkıştırılarak, invaziv kan basıncı ölçümüne benzer bir dalga şekli elde edilir;



ancak elde edilen bu dalgadan ölçüm yapılabilmesi için bir algoritmaya ihtiyaç vardır (13). Ölçümün radyal arter gibi periferik bir bölgeden yapılması gerekliliği; sonucun, ölçüm sırasında kullanılan sensorun pozisyonundan ve yerleşim açısından etkilenmesi; hareket artefaktı gözlenmesi ve başka bir teknikle ölçülen bazal kan basıncı değerleriyle sık sık kalibrasyonunun gerekmesi yöntemi sınırlamaktadır.

### İnvaziv kan basıncı izlemi:

Günümüzde kritik yoğun bakım hastalarında kan basıncının invaziv yöntemle ölçülmesi hala altın standart olarak kabul edilmektedir. Özellikle sıklıkla kan gazı ve diğer tetkikler için kan örneklerinin alınması, vazoaaktif ajanlarla tedavi gerekmesi, şok ve kritik tedavi kararlarının alınması gerektiği durumlarda, noninvaziv yöntemden daha güvenilir bir yöntemdir (14). Ancak bu sistemle ölçülen kan basıncı değerlerinin doğru olabilmesi için; uygun "transdüser" ve basınç hattı sisteminin seçilmesi, sistemdeki havanın uzaklaştırılması, gereksiz üç yollu muslukların çıkarılması, sistemin sıfırlanması, transdüser seviyesinin doğru ayarlanması gibi teknik ayrıntılara dikkat edilmesi gereklidir. Arteriyel basınç hattının ileri derecede kıvrımlı olması, sistemde hava varlığı gibi nedenler basınç eğrisinde düzleşmeye ve sistolik kan basıncının düşük değerlendirilmesine yol açabilir. Ancak eğrideki düzleşme diyastolik basıncın arttığı izlenimini verdiği için, ortalama arter basıncı değişmez. Ayrıca aritmi varlığında, arteriyel basınçta meydana gelen değişimler sol ventrikül 'atım hacmi' değişimlerini yansıtmadığından, arteriyel basınç dalga formunun doğru analizi mümkün olmayabilir (15). Ekstremitenin pozisyonu, arteriyel spazm, trombus gibi proksimal darlığa yol açan etkenler de invaziv kan basıncının düşük olarak ölçülmesine yol açan diğer nedenlerdendir. Bir diğer fenomen ise invaziv kan basıncı trasesinde zayıflamadır ve bu durum arteriel basınç eğrisinin düzleşmesinden çok daha önemlidir; bu durumda hem sistolik hem de diyastolik arteriyel kan basıncı değerleri olduğundan düşük bulunacak ve gereksiz vazopressör tedavisine yol açabilecektir (16). Arteriyel kanülasyon için kullanılan kateter boyutunun ise kan basıncı ölçümünün doğruluğu üzerinde minimal etkili olduğu bildirilmiştir (17).

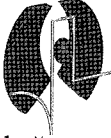
İnvaziv kan basıncı ölçümünde en sık radyal arter olmak üzere femoral, brakial, ayağın dorsal arteri ya da aksiller arterler kullanılabilir.

### İnvaziv Basınç Ölçümünün Değerlendirilmesi

Üst ekstremitte dolaşımı uzun, kısmen daha dar özellikteki damarlar (brakial, ulnar, radial arterler) ve elde görülen distal arteriovenöz şantlar nedeniyle diğer bölgelerin

dolaşımından ayrılır. Üst ekstremitte dolaşımının statik bir modeli değerlendirildiğinde radyal arter basıncının şu formüle uyduğu görülmektedir:  $P_{radyal} = P_{Aort} \times \frac{R_{el}}{R_{el} + R_{proximal}}$  (P=basınç, R=direnç). Bu formüle göre eğer  $R_{el} \gg R_{proximal}$  ise  $P_{radyal} \approx P_{Aort}$  olur ve santral-periferik gradiyent azalır. Aksine  $R_{el}$  azalır (distal vazodilatasyon sonucunda) ya da  $R_{proximal}$  artarsa (aterosklerotik intimal plak ya da farmakolojik vazokonstriksiyona bağlı gelişen proksimal vazokonstriksiyon nedeniyle) santral-periferik basınç gradiyenti artar (16). Ancak radyal arter dalga formu komplekstir ve aortik dalga formundan, vasküler kompliyandan, distal arteriolar empedans nedeniyle yansıyan dalgalardan etkilenir. Distal arteriolar empedansın radyal arter sistolik basıncındaki artıştan sorumlu olduğu düşünülmektedir. Bu etkinin şiddeti elin vasküler direnci azaldığında ortadan kalkar. Anestezi altındaki sağlıklı kişilerde yapılan karşılaştırmalarda radyal arter sistolik basıncının santral arter değerlerine göre belirgin biçimde daha yüksek, diyastolik basıncın ise daha düşük olduğu, ancak ortalama arter basıncı değerlerinin benzer olduğu gösterilmiştir. Bu fenomen distal nabız şiddetlenmesi (amplifikasyonu) olarak adlandırılır ve vasküler yapının fiziksel özelliklerine bağlı olduğu düşünülmektedir. Distal nabız şiddetlenmesi periferik vasküler direncin yüksek olduğu durumlarda gözlenir (18,19). Santral ve periferik bölgelerden ölçülen invaziv kan basıncı değerlerinin farkı ilk olarak kardiyopulmoner bypass sonrası dönemde tanımlanmış, nedeni tam olarak anlaşılamamış olmakla birlikte üst ekstremitelerdeki vasküler tonus değişiklikleri sorumlu tutulmuştur (20,21). Bu farkın bir diğer nedeninin obstrüktif vasküler lezyonlar olduğu gösterilmiştir (22). Kardiyopulmoner bypass'ın ısınma fazında üst ekstremitelerde görülen bölgesel dolaşım değişimi, erken sepsisteki hiperdinamik dolaşım ve artmış cilt kan akımına benzer özelliktedir. Palmar vazodilatasyon ve eldeki arterio-venöz şantlarda meydana gelen kan akımı artışının kısmen de olsa bu basınç farklarından sorumlu olabileceği düşünülmüştür (20, 23-25).

Sepsis gelişen hastalarda yanlış kan basıncı değerlendirmesi uygunsuz vazopressör kullanımı ya da yetersiz perfüzyon basınçları nedeniyle organ perfüzyon yetersizliklerine yol açabilir. Kritik yoğun bakım hastalarında vazopressör kullanımı söz konusu olduğunda, radyal arter basıncının femoral arter basıncına göre belirgin ölçüde düşük olduğu, vazopressör dozunun azaltılmasıyla birlikte bu farkın azaldığı gözlenmiştir (26). Bu nedenle özellikle yüksek vazopressör ajan ihtiyacı söz konusu olduğunda, femoral arter yoluyla invaziv kan basıncı monitorizasyonu yapılmasının uygun olacağı savunulsa da, femoral ve radyal arter ortalama kan basınç değerlerinin, vazoaaktif ajan kullanımından



bağımsız olarak eşdeğer olduğu gösteren çalışmalar mevcuttur (27).

Mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda, arteriyel nabız basıncındaki siklik değişiklikler sistemik venöz dönüş, sağ ventrikül ejeksiyonu ve toraks içi kan volümü hareketleri ve sol ventrikül performansı arasındaki karmaşık ilişkilerle belirlenir. Dolaşım yetersizliği olan, mekanik ventilasyon altındaki septik hastalarda nabız basıncındaki değişimler (deltaPP) hastaların sıvı tedavisine verecekleri hemodinamik yanıtı belirlemede oldukça güvenilir ve basit bir yöntemdir (28). Pozitif basınçlı ventilasyon sırasında arteriyel nabız basıncında meydana gelen siklik değişiklikler inspirasyon sırasında artış, ekspirasyon sırasında azalma şeklindedir (29). Sistolik arter basıncında meydana gelen bu inspiratuar artış delta-artış, ekspiratuar azalma ise delta-azalma olarak adlandırılır (30). Bu iki değer toplamı ile elde edilen sistolik basınç değişimi (SBD) ise hipovoleminin hassas bir göstergesidir (31-33). Bu değer, tidal volüm ve akciğer kompliyansı değişimlerinden etkilenebilir (34). Sepsisteki hastaların nabız basıncında meydana gelen >%13 artış, bu hastaların sıvı tedavisine yanıt verme olasılıklarını %96 özgüllük ve %94 duyarlılık ile gösterir. Bunun tersi düşünülecek olursa, mekanik ventilasyon uygulanan septik şoktaki bir hastanın nabız basıncında belirgin değişiklik gözlenmiyorsa, sıvı tedavisinden fayda görmeyeceği söylenebilir. Sağ ventrikül yetersizliği söz konusu olduğunda, nabız basıncı değişimleri sıvı tedavisine olan yanıtı belirlemede güvenilir değildir (35). Nabız basıncında meydana gelen solunumsal değişikliklerin hesaplanması:  $\Delta PP = \frac{\text{maksimal inspiratuar değer} - \text{minimal ekspiratuar değer}}{\text{maksimal inspiratuar değer} - \text{minimal ekspiratuar değer}}$  formülü ile (28). Mekanik ventilasyon uygulanan septik hastalarda sıvı tedavisinin, deltaPP değerini belirgin ölçüde azalttığı gözlenmiştir. Bu hastalarda aritmi gelişimi ya da spontan solunum aktivitesi söz konusu olduğunda bu değerlendirme yanıltıcı olabilir. Michard ve arkadaşlarının çalışmasında nabız basıncındaki solunumsal değişimin sıvı tedavisini değerlendirmede delta-SBV' den daha güvenilir olduğu gösterilmiştir (28). Delta-nabız basıncının (nabız basıncı değişimlerinin) yoğun bakımdaki bir başka kullanım alanı ise pozitif end-ekspiratuar basıncın (PEEP) hemodinamik etkilerinin değerlendirilmesidir (36). Sıfır end-ekspiratuar basınç uygulaması sırasında ölçülen delta-PP ile PEEP uygulaması sırasında ölçülen delta-PP değerleri arasındaki fark kardiyak indeks değişimlerini değerlendirmede kullanılabilir. Akut akciğer hasarı nedeniyle mekanik ventilasyon tedavisi ve PEEP uygulanan hastalarda, delta-PP değerinde sıvı tedavisiyle meydana gelen değişimlerin izlenmesi ile, sıvı yüklenmesinin bu hastalarının hemodinamisi üzerindeki

etkileri hakkında değerli bilgiler edinilebilir. Bu yöntem pulmoner arter kateterizasyonu yerine kullanılabilir (36). Yakın zamanda kabul edilen ve havayolu basıncının sınırlandığı solunumsal tedavi yaklaşımıyla mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda deltaPP'nin genellikle düşük (%1 ile 5 arasında) olduğu ve hiper ya da hipovolemi nedeniyle artabileceği gösterilmiştir.

Mekanik ventilasyon gerektiren sepsis hastalarında sıvı tedavisini yönlendiren ve arteriyel basınç trasesinden yararlanılan bir başka yöntem ise sistolik arteriyel kan basıncının delta-azalma komponentidir (delta azalma = apneik sistolik kan basıncı - minimum sistolik kan basıncı değeri) (37). Mekanik ventilasyon altındaki sedatize, hipotansif sepsis hastalarında yapılan bir çalışmada delta-azalmanın sıvı tedavisine yanıt veren grupta, tedaviye yanıt vermeyenlere göre belirgin ölçüde yüksek olduğu (sırasıyla  $11 \pm 4$  ve  $4 \pm 2$ ), tedaviye yanıt veren ve vermeyen hastaları ayırmak için kullanılan eşik değer 5 mmHg olduğu gösterilmiştir (38). Bir başka çalışmada ise, sepsise bağlı akut dolaşım şoku gelişen sedatize, mekanik ventilasyon altındaki hastalarda, nabız basıncı değişimlerinin (delta-PP) sıvı tedavisine yanıt verenlerde vermeyenlere oranla belirgin biçimde yüksek olduğu gösterilmiştir (sırasıyla  $24 \pm 9$  ve  $7 \pm 3$ ) (28).

Yoğun bakımda invaziv ya da noninvaziv arteriyel basınç traselerinin bir diğer kullanım alanı ise kardiyak debinin analizidir. Nabız kontur analizi, noninvaziv (parmaktan gelen basınç sinyalleri değerlendirilerek) ya da sistemik bir arterden invaziv yolla sürekli olarak kardiyak debi değerlendirilmesini mümkün kılar. Nabız kontur analizi bir başka kardiyak debi ölçüm yöntemi ile kalibrasyonu (termodilüsyon ya da inert gaz yeniden soluma yöntemi) gerektirirken, yeni bir yöntem olan PRAM (analitik basınç kaydetme metodu) kalibrasyon gerektirmemektedir (39).

İnvaziv yöntem yoğun bakım hastalarında kan basıncı ölçümünde günümüzde hala en güvenilir yöntem olarak, sıklıkla kullanılsa da, arteriyel kanülasyonunun psödoanevrizma, tromboz, sepsis, hava embolisi, arter oklüzyonu gibi ciddi komplikasyonlara yol açabilmesi nedeniyle, yöntem dikkatli ve doğru endikasyonlarla kullanılmalıdır (40-42).

## KAYNAKLAR

- 1- O'Rourke MF (1982) Arterial function in health and disease: analysis of arterial waves. Churchill Livingstone, New York pp.5-128.
- 2- O'Rourke MF, Kelly RP, Avolio AP, Hayward C (1989) Effects of arterial dilator agents on central aortic systolic pressure and on left ventricular hydraulic load. Am J Cardiol 63:381-441.
- 3- Araghi A, Bander JJ, Guzman JA (2006) Arterial blood pressure monitoring in overweight critically ill patients: invasive or non-invasive? Crit Care 10: R64.
- 4- Campbell B (1997) Arterial waveforms: Monitoring changes in configuration. Heart Lung 26:204-214.



- 5- Bur A, Hirschl MM, Herkner H, Oschatz E, Kofler J, Woisetschläger C, Laggner AN (2000) Accuracy of oscillometric blood pressure measurements according to the relation between cuff size and upper arm circumference in critically ill patients. *Crit Care Med* 28: 371-376.
- 6- Wonka F (1996) Oscillometric blood pressure measurements description of the method used. *Z Kardiol* 85 (Suppl 3): 1-7.
- 7- Gorbach MS (1988) Considerations in the interpretation of systemic pressure monitoring. In complications in critical care medicine. Lumb PD, Bryan-Brown LW (Eds) Yearbook, Chicago, pp. 296-311.
- 8- Hirschl MM, Binder M, Seidler D, Stuhlinger H, Laggner A (1996) Accuracy and reliability of noninvasive continuous finger blood pressure measurement in critically ill patients. *Crit Care Med* 24:1684-1689.
- 9- Gibbs NM, Larach DR, Derr JA (1991) The accuracy of finapres non-invasive mean arterial pressure measurements in anesthetized patients. *Anesthesiology* 74:647-652.
- 10-Bur A, Herkner H, Vlcek M, Woisetschläger C, Derhaschnig U, Karth GD, Laggner AN, Hirschl MM (2003) Factors influencing the accuracy of oscillometric blood pressure measurements in critically ill patients. *Crit Care Med* 31: 793-799.
- 11- Morgan GE, Jr, Mikhail MS, Murray M (eds) (2002) Patient Monitors. *Clinical Anesthesiology*. The McGraw Hill, New York, pp. 86-96.
- 12- Heard SO, Lisbon A, Toth I, Ramasabramanian R (2000) An evaluation of a new continuous blood pressure monitoring system in critically ill patients. *J Clin Anesthesia* 12:509-518.
- 13- McCann ME, Hill D, Thomas KC, Zurakowski D, Laussen PC (2005) A comparison of radial artery blood pressure determination between the vasotrac device and invasive arterial blood pressure monitoring in adolescents undergoing scoliosis surgery. *Anesth Analg* 101: 978-985.
- 14- Task force of the American College of Critical Care Medicine, Society of Critical Care Medicine (1999) Practice parameters for hemodynamic support of sepsis in adult patients in sepsis. *Crit Care Med* 27: 639-660.
- 15- Michard F, Teboul JL (2000) Respiratory changes in arterial pressure in mechanically ventilated patients. In Vincent JL, ed. Year book of intensive care and emergency medicine. Springer, Berlin, Germany. pp. 696-704.
- 16- Ercole A (2006) Attenuation in invasive blood pressure measurement systems. *Br J Anaesth* 96:560-562.
- 17- Thompson DR, Levine RL, Hernandez M (1995) Troubleshooting of monitoring systems. In *Critical Care Monitoring: From prehospital to the intensive care unit*. 1st edition. Levine RL, Fromm RE Jr (eds), St Louis, Mosby. pp. 67-77.
- 18- Remington JW, Wood EH (1956) Formation of peripheral pulse contour in man. *J Appl Physiol* 9:433-442.
- 19- O'Rourke MF, Blazek JV, Morreels CL Jr, Krovetz LJ (1968) Pressure wave transmission along the human aorta. *Circ Res* 23:567-579.
- 20- Stern DH, Gerson JI, Allen FB, Parker FB (1985) Can we trust the direct radial artery pressure immediately following cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology* 62:557-561.
- 21- Rivers EP, Lozon J, Enriquez E, Havstad SV, Martin GB, Lewandowski CA, Goetting MG, Rosenberg JA, Paradis NA, Nowak RM (1993) Simultaneous radial, femoral, and aortic arterial pressures during human cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 21: 878-883.
- 22- Frank SM, Norris EJ, Christopherson R, Beattie C (1991) Right and left arm blood pressure discrepancies in vascular surgery patients. *Anesthesiology* 75:457-463.
- 23- Pauca AL, Meredith JW (1987) Possibility of A-V shunting upon cardiopulmonary bypass discontinuation. *Anesthesiology* 67:91-94.
- 24- Hynson JM, Sessler DI, Moayeri A, Katz JA (1994) Thermoregulatory and anesthetic induced alterations in the differences among femoral, radial and oscillometric blood pressures. *Anesthesiology*, 81:1411-1421.
- 25- Hynson JM, Romson JL, Katz RA (1996) Axillary-to-radial artery blood pressure difference associated with cutaneous vasodilation. *Anesthesiology* 85:A90.
- 26- Dorman T, Breslow MJ, Lipsett PA, Rosenberg JM, Balsler JR, Almog Y, Rosenfeld BA (1998) Radial artery pressure monitoring underestimates central arterial pressure during vasopressor therapy in critically ill surgical patients. *Crit Care Med* 26:1646-1649.
- 27- Mignini MA, Piacentini E, Dubin A (2006) Peripheral arterial blood pressure monitoring adequately tracks central arterial blood pressure in critically ill patients: An observational study. *Crit Care* 10:R43.
- 28- Michard F, Boussat S, Chemla D, Anguel N, Mercat A, Lecarpentier Y, Richard C, Pinsky MR, Teboul JL (2000) Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 162: 134-138.
- 29- Jardin F, Farcot CJ, Gueret P, Prost JF, Ozier Y, Bourdarias JP (1983) Cyclic changes in arterial pulse during respiratory support. *Circulation* 68:266-274.
- 30- Preisman S, Pfeiffer U, Liberman N, Perel A (1997) New monitors of intravascular volume: A comparison of arterial pressure waveform analysis and the intrathoracic blood volume. *Intensive Care Med* 23:651-657.
- 31- Perel A, Pizov R, Cotev S (1987) Systolic blood pressure variation is a sensitive indicator of hypovolemia in ventilated dogs subjected to graded hemorrhage. *Anesthesiology* 67: 498-502.
- 32- Coriat P, Vrillon M, Perel A, Baron JF, Le Bret F, Saada M, Viars P (1994) A comparison of systolic blood pressure variations and echocardiographic estimates of end-diastolic left ventricular size in patients after aortic surgery. *Anesth Analg* 78: 46-53.
- 33- Rooke GA, Shwid HA, Shapira Y (1995) The effect of graded hemorrhage and intravascular volume replacement on systolic pressure variation. *Anesth Analg* 80: 925-932.
- 34- Szold A, Pizov R, Segal E, Perel A (1989) The effect of tidal volume and intravascular volume state on systolic pressure variation in ventilated dogs. *Intensive Care Med* 15: 368-371.
- 35- Vieillard-Baron A, Prin S, Chergui K, Dubourg O, Jardin F (2003) Hemodynamic instability in sepsis: bedside assessment by Doppler echocardiography. *Am J Respir Crit Care Med* 168:1270-1276.
- 36- Michard F, Chemla D, Richard C, Wysocki M, Pinsky MR, Lecarpentier Y, Teboul JL (1999) Clinical use of respiratory changes in arterial pulse pressure to monitor the hemodynamic effects of PEEP. *Am J Respir Crit Care Med* 159: 935-939.
- 37- Michard F, Teboul JL (2002) Predicting fluid responsiveness in intensive care medicine patients. A critical analysis of the evidence. *Chest* 121:2000-2008.
- 38- Tavernier B, Makhotine O, Lebuffe G, Dupont J, Scherpereel P (1998) Systolic pressure variation as a guide to fluid therapy in patients with sepsis-induced hypotension. *Anesthesiology* 89:1313-1321.
- 39- Romano S, Pistolesi M (2002) Assessment of cardiac output from systemic arterial pressure in humans. *Crit Care Med* 30:1834-1841.
- 40- Slogoff S, Keats AS, Arlund C (1983) On the safety of radial artery cannulation. *Anesthesiology* 59: 42-47.
- 41- Evans PJD, Kerr JH (1975) Arterial occlusion after cannulation. *BMJ* 3:197-199.
- 42- Cohen A, Reyes R, Kirk M, Fulks RM (1984) Osler's nodes, pseudoaneurysm formation and sepsis complicating percutaneous radial artery cannulation. *Crit Care Med* 12:1078-1079.