

Pasif Bacak Kaldırma ile Sıvı Yanıtlılığının Değerlendirilmesinde Transtorasik Ekokardiyografi ve "Pressure Recording Analytical Method (PRAM)"ın Karşılaştırılması

A Comparison of Echocardiography and the Pressure Recording Analytical Method (PRAM) for Predicting Fluid Responsiveness after Passive Leg Raising

Ayca Özdemirkan¹, Manat Aitkhanova², Ender Gedik², Pınar Zeyneloğlu², Arash Pirat²

¹Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Turkey.

²Başkent Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Yoğun Bakım Bilim Dalı, Ankara, Turkey.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada pasif bacak kaldırma ile oluşan kalp debisi değişikliğinin değerlendirilmesi için kullanılan PRAM analizi ve TTE yöntemlerinin uyumu incelenmiştir.

Yöntemler: Kritik yoğun bakım hastalarının dahil edildiği bu prospektif gözlemsel çalışmada hastalar MostcareUp/PRAM (Vygon, Vytech, Padova, Italy) ile monitorize edilmiştir. TTE ve PRAM ile kaydedilen kardiyak indeks değerleri ve pasif bacak kaldırmaya yanıt olarak ortaya çıkan kardiyak indeksteki değişiklikler kaydedilmiştir.

Bulgular: Toplam 25 erişkin yoğun bakım hastasının verileri toplanmıştır. Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası TTE ile hesaplanan ortalama CI değerleri sırasıyla 2.5 (1.2-4.7) L/dk/m² ve 2.9 (1.4-5.6) L/dk/m² olarak ölçüldü. Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası PRAM ile hesaplanan ortalama CI değerleri sırasıyla 2.5 (1.5-4.8) L/dk/m² and 2.6 (1.7-5.7) L/dk/m² olarak ölçüldü. Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası TTE ve PRAM yöntemleri ile ölçülen CI değerleri arasında anlamlı korelasyon olduğu gösterildi (r=0.635, p=0.001 and r=0.610, p=0.001, sırasıyla). TTE ve PRAM ölçümlerinde CI değerlerindeki ortalama yüzde değişikliklerin sırasıyla -0.13 (-0.7-0.4) and -0.11 (-0.5-0.5) olduğu gösterildi. 16 hasta (%64) TTE'ye göre ve 13 hasta (%52) PRAM yöntemine göre sıvıya yanıt verebilirliği pozitif. Sıvıya yanıt verebilirliğin tahmin edilmesinde TTE ve PRAM yöntemleri arasında Kappa testine göre orta düzeyde uyumluluk olduğu gösterildi (k=0.595; p=0.002). Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası TTE ve PRAM yöntemleri ile ölçülen CI değerleri arasındaki ortalama bias sırasıyla 0.04±0.77 L/min/m² ve 0.22±0.88 L/min/m² idi.

Sonuç: TTE ve PRAM yöntemleriyle ölçülen kardiyak indeks değerleri arasında anlamlı korelasyon olduğu gösterilmiştir. Sıvıya yanıt verebilirliği öngörmede pasif bacak kaldırma sonrası da iki yöntem arasında da uyumluluk vardır.

Anahtar Sözcükler: Hemodinamik takip, transtorasik ekokardiyografi, kalp debisi, dolaşım yetmezliği

Geliş Tarihi: 28.08.2020

Kabul Tarihi: 15.09.2020

ABSTRACT

Objective: This study aims to assess the agreement between the cardiac index (CI) measured by pressure recording analytical method (PRAM) and transthoracic echocardiography (TTE) before and after the passive leg raise (PLR) maneuver.

Methods: This is a prospective observational study in critically ill patients who were monitored with MostcareUp/PRAM (Vygon, Vytech, Padova, Italy). Cardiac index (CI) values and percent changes in CI values in response to PLR were recorded by TTE and PRAM.

Results: Data of a total of 25 patients were collected. The median CI values that were calculated by TTE before and after PLR were 2.5 (1.2-4.7) L/min/m² and 2.9 (1.4-5.6) L/min/m², respectively. The median CI values that were calculated by PRAM before and after PLR were 2.5 (1.5-4.8) L/min/m² and 2.6 (1.7-5.7) L/min/m², respectively. There was significant correlations between the measured CI values both by TTE and PRAM before and after PLR (r=0.635, p=0.001 and r=0.610, p=0.001, respectively). The median percent changes in CI with TTE and PRAM were -0.13 (-0.7-0.4) and -0.11 (-0.5-0.5), respectively. Sixteen patients were determined as FR by TTE (64%) and 13 patients were determined as FR by PRAM (52%). The Kappa test showed moderate agreement between TTE and PRAM for predicting fluid responsiveness (k=0.595; p=0.002). The mean biases between the CI values measured by TTE and PRAM before and after PLR were 0.04±0.77 L/min/m² and 0.22±0.88 L/min/m², respectively.

Conclusion: This study showed a significant correlation for CI values measured by both methods. For predicting fluid responsiveness there was agreement between the two methods after PLR.

Key Words: Hemodynamic monitoring, echocardiography, cardiac output, circulatory failure

Received: 08.28.2020

Accepted: 09.15.2020

Bu çalışma, 30th ESICM (European Society of Intensive Care Medicine) Annual Congress'de 23-27 Eylül 2017 tarihinde Viyana, Avusturya'da poster bildirisi olarak sunulmuştur.

ORCID ID: A.Ö.0000-0001-5324-0348, M.A.0000-0002-2609-5752, E.G.0000-0002-7175-207X, P.Z.0000-0003-2312-9942, A.P.0000-0003-2352-3632

Yazışma Adresi / Address for Correspondence: Ayca Özdemirkan, Emniyet Mah. Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD C Blok 3.kat, 06560 Yenimahalle, Ankara, Türkiye E-posta:aycan.k@gmail.com

©Telif Hakkı 2021 Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi - Makale metnine <http://medicaljournal.gazi.edu.tr/> web adresinden ulaşılabilir.

©Copyright 2021 by Gazi University Medical Faculty - Available on-line at web site <http://medicaljournal.gazi.edu.tr/>

doi:<http://dx.doi.org/10.12996/gmj.2021.14>

GİRİŞ

Yoğun bakımda hemodinamik anstabilite ve doku perfüzyon bozukluğu sık rastlanan ve çok önemli bir sorundur. Bu durum ile karşılaşıldığında ise sıvı verilmesi sık başvurulan ve önemli bir tedavi yaklaşımıdır. Ancak sıvı verilmesi her hastada doku perfüzyon bozukluğunu düzeltmediği gibi yoğun bakımda pozitif sıvı dengesinin artmış mortalite ile ilişkili olduğu da bilinmektedir (1). Bu durumda sıvıya yanıt verebilecek hastaların önceden belirlenmesi önemlidir. Sıvıya yanıt verilebilirlik 250-500 ml'lik intravenöz sıvı bolusundan sonra kalp debisinin en az %10-20 artmasıdır (2). Sıvıya yanıt verilebilirliği olan hastaları tespit etmek için birçok parametre ve yöntem kullanılabilir. Ancak en sık sıvı sinaması (*fluid challenge*) ve pasif bacak kaldırma yöntemleri tercih edilmektedir.

Pasif bacak kaldırma manevrasıyla vücudun alt yarısından yaklaşık olarak 300 ml kan, sağ kalbe gönderilmiş olur. Sıvıya yanıt verebilen hastalarda kardiyak debinin %10'un üzerinde artışının gösterilebilmesi gerekmektedir (3).

Kardiyak debinin gösterilebilmesi için ileri hemodinamik monitörizasyon yöntemlerine ihtiyaç duyulur. Bu monitörizasyon yöntemlerinin erişilebilirliğinin yanı sıra invaziv olmaları ve sık kalibrasyona ihtiyaç duymaları gibi nedenlerle kullanımları kısıtlanmaktadır.

İleri hemodinamik monitörizasyon sağlayan ve daha minimal invaziv bir yöntem olan *pressure recording analytical method* (PRAM), kalibrasyona ihtiyaç duymayan ve sadece radial veya femoral arteriyel kateter yoluyla kardiyovasküler empedansı hesaplayarak hastaların hemodinamik izlemine olanak sağlayan yeni bir yöntemdir. PRAM yöntemi ile hesaplanan kalp debisinin, ekokardiyografi, Fick yöntemi ve termodilüsyon yöntemleri ile hesaplanan kalp debisi ile korelasyon gösterdiği birçok çalışma ile ortaya konmuştur (4). Ancak bildiğimiz kadarıyla pasif bacak kaldırma manevrası ile kalp debisinde oluşan değişikliklerin dinamik olarak değerlendirilmesinde TTE ve PRAM arasındaki ilişki araştırılmamıştır.

Bu çalışmada pasif bacak kaldırmanın güvenli olduğu yoğun bakım hastalarında, bu manevra ile oluşan kalp debisi değişikliğinin değerlendirilmesi için PRAM analizi ve TTE yöntemlerinin uyumu incelenmiştir.

Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no: KA17/174) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir (Tarih: 26/07/2017). Prospektif gözlemsel olarak gerçekleştirilen bu çalışmaya radial veya femoral arter kateteri bulunan ve yetersiz doku perfüzyonu bulgularından bir tanesi bulunan (sistolik arter kan basıncı < 90 mmHg, ortalama arter kan basıncı < 65mmHg, vazopresör ihtiyacı, laktat \geq 2mmol/L, son 2 saat boyunca oligüri <0.5ml/kg/saat, taşikardi>100/dk veya ciltte beneklenme (*mottling*) ve pasif bacak kaldırma testi yapılması planlanan mekanik ventilatördeki erişkin kritik yoğun bakım hastaları dahil edilmiştir. Hastalar MostcareUp/PRAM (Vygon, Vytech, Padova, Italy) ile monitorize edilmiştir.

Hastalar yarı oturur (*semi-fowler*) pozisyondayken pasif bacak kaldırma testi öncesi hemodinamik parametreler kaydedilmiştir.

Pasif bacak kaldırma öncesi kaydedilen parametreler:

1- TTE ile kalp debisi hesaplama: Parasternal uzun aksta sol ventrikül çıkım yolu çapı ve apikal 5 boşluk görüntüsünde sol ventrikül çıkım yolu hız zaman integrali (velocity time integral-VTI)'yi hesaplanarak kalp debisi hesaplanmıştır. Bu ölçümler MostcareUp ölçümleri ile eş zamanlı yapıp ve yine MostcareUp ölçümleri için kullanılan aynı ardışık 5 atımın VTI ortalaması alınarak kalp debisi hesaplanmıştır.

2- Santral venöz basınç ölçümü (santral venöz kateter mevcut ise)

3- Arteriyel kan basıncı ve kalp hızı ölçümü

4- MostcareUp monitöründeki veriler: Kardiyak debi ve indeks, sistemik vasküler rezistans indeksi (SVRI), atım volüm değişkenliği (SVV), nabız basınç değişkenliği (PPV), *cardiac cycle efficiency* (CCE), statik ve dinamik elastans (Ea ve PPV/SVV), dpdt.

Pasif bacak kaldırma yöntemi için literatürde önerilen yöntem kullanılmıştır (hasta supin pozisyona alındıktan sonra her iki bacak eş zamanlı olarak 45° kalça ekleminde kaldırılmıştır) (5). Pasif bacak kaldırma 120 saniye uygulanmış ve bu sürenin sonunda bacaklar indirilmeden hemodinamik parametrelerin kayıtları tutulmuştur.

Pasif bacak kaldırma sonrası kaydedilen parametreler:

1- TTE ile kardiyak debi hesaplama

2- Santral venöz basınç ölçümü (santral venöz kateter mevcut ise)

3- Arteriyel kan basıncı ve kalp hızı ölçümü

4- MostcareUp monitöründeki veriler: Kardiyak debi ve indeks, sistemik vasküler rezistans indeksi (SVRI), atım volüm değişkenliği (SVV), nabız basınç değişkenliği (PPV), *cardiac cycle efficiency* (CCE), statik ve dinamik elastans (Ea ve PPV/SVV), dpdt

Pasif bacak kaldırma manevrası sonlandırıldıktan sonra hastalar tekrar yarı oturur pozisyona getirilmiştir. Bazal değerleri ile karşılaştırıldığında her iki yöntemle de pasif bacak kaldırma sonrası kardiyak indekste %10 ve üzerinde artış olan hastalar sıvıya yanıt verebilirliği pozitif hastalar olarak kabul edilmiştir.

Ekokardiyografik olarak sıvıya yanıt pozitif olan hastalar ile PRAM yöntemi ile sıvıya yanıt pozitif olduğu belirlenen hastaların sonuçları karşılaştırılmıştır.

İstatistiksel analizlerde eşli (*paired*) t-testi kullanılarak iki yöntem ile ölçülen kalp debileri arasında anlamlı fark olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca iki yöntem arasındaki sıvıya yanıtı göstermedeki uyumun gösterilebilmesi için Kappa testi, iki yöntem ile elde edilen ölçümlerin uyumluluklarının belirlenmesi için Bland-Altman analizi ve iki yöntem arasındaki doğrusal ilişkinin ve bu ilişkinin derecesinin gösterilebilmesi için de Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Ayrıca iki yöntem için de sıvıya yanıtı olan hastalar ve olmayan hastalar arasında hemodinamik parametrelerin karşılaştırılması için Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Değerler medyan (minimum-maksimum) olarak gösterilmiştir. Dışlama kriterleri: Pasif bacak kaldırmanın sakıncalı olduğu intrakraniyal basınç artışı olan hastalar ve intraabdominal hipertansiyonu olan hastalar, 18 yaşından küçük olanlar, TTE için yeterli akustik penceresi olmayan hastalar ve atriyal fibrilasyonu olan hastalar çalışmaya dahil edilmemiştir.

BULGULAR

Toplam 25 erişkin yoğun bakım hastasının verileri toplanmıştır. Hastaların demografik özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmaya dahil edilen hastaların demografik özellikleri [medyan, (min-maks), n (%)]

	Tüm hastalar n=25	TTE'ye göre (+) yanıt (n=16)	PRAM'e göre (+) yanıt (n=13)
Yaş (yıl)	62.0 (29.0-89.0)	61.0 (29.0-70.0)	61.0 (29.0-73.0)
Cinsiyet (kadın)	12 (%48)	7.0 (%44)	7.0 (%54)
Vücut ağırlığı (kg)	70.0 (48.0-110.0)	70.0 (52.0-110.0)	70.0 (52.0-110.0)
Boy (cm)	167.0 (152.0-176.0)	169.0 (152.0-176.0)	165.0 (152.0-176.0)

TTE: Transtorasik ekokardiyografi, PRAM: *Pressure Recording Analytical Method*

Transtorasik ekokardiyografiye göre sıvıya yanıtı pozitif olanlar ve olmayanların pasif bacak kaldırma öncesi hemodinamik parametreleri karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık olmadığı görüldü.

Pasif bacak kaldırma sonrası ise sıvıya negatif yanıt veren hastalara göre pozitif yanıt veren hastalarda VTI'nın, TTE ve PRAM'a göre ölçülen kardiyak indeks değerlerinin anlamlı şekilde yüksek olduğu, statik elastansın da pasif bacak kaldırma sonrası sıvıya yanıtı pozitif olan hastalarda, negatif olan hastalara göre daha düşük olduğu görüldü (Tablo 2).

Tablo 2. Transtorasik ekokardiyografiye göre sıvıya yanıtı pozitif olanlar ve negatif olanların pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası hemodinamik parametreleri [medyan, (min-maks)]

		Negatif yanıt n=9 (%36)	Pozitif yanıt n=16 (%64)	p
SVB (mmHg)	PBK öncesi	8.0 (3.0-16.0)	7.5 (3.0-13.0)	0.559
	PBK sonrası	9.0 (5.0-11.0)	7.0 (5.0-13.0)	0.730
rCO ₂ (mmHg)	PBK öncesi	8.0 (8.0-10.0)	7.0 (2.0-11.0)	0.053
ScvO ₂ (mmHg)	PBK öncesi	65.2 (52-76.0)	72.5 (51.0-92.8)	0.573
Kalp hızı (/dk)	PBK öncesi	99.0 (74.0-125.0)	93.0 (65.0-120.0)	0.368
	PBK sonrası	99.5 (73.0-125.0)	94.0 (68.0-119.0)	0.340
VTI (cm)	PBK öncesi	15.0 (11.0-21.0)	17.0 (8.6-22.5)	0.516
	PBK sonrası	15.0 (11.0-18.0)	18.6 (13.0-27.0)	0.002
TTE-kardiyak indeks (L/dk/m ²)	PBK öncesi	3.0 (1.5-4.7)	1.4 (1.2-4.6)	0.637
	PBK sonrası	2.7 (1.4-3.3)	3.0 (1.8-5.6)	0.049
PRAM-kardiyak indeks (L/dk/m ²)	PBK öncesi	2.5 (1.8-3.7)	1.5 (1.5-4.8)	0.890
	PBK sonrası	2.2 (1.7-3.7)	2.9 (2.0-5.7)	0.020
CCE	PBK öncesi	-0.02 (-0.4-0.3)	0.2 (-0.8-0.5)	0.276
	PBK sonrası	0.01 (-0.1-0.2)	0.2 (-1.7-0.5)	0.057
Statik elastans (mmHg/ml)	PBK öncesi	1.5 (1.2-2.4)	1.5 (0.6-2.6)	0.419
	PBK sonrası	1.7 (1.4-2.5)	1.3 (0.6-2.6)	0.027
dp/dt _{max} (mmHg/msn)	PBK öncesi	1.1 (0.5-9.9)	1.1 (0.5-1.7)	0.846
	PBK sonrası	1.0 (0.6-1.3)	1.1 (0.6-2.1)	0.043
SVRI (dyne·sec·m ² /cm ⁵)	PBK öncesi	2068.0 (1337.0-2492.0)	2132.0 (890.0-3118.0)	0.846
	PBK sonrası	2452.0 (2044.0-3244.0)	2164.5 (915.0-3000.0)	0.043
Dinamik elastans (PPV/SVV)	PBK öncesi	1.0 (0.4-2.4)	1.0 (0.3-3.1)	0.559
	PBK sonrası	0.9 (0.4-1.8)	0.7 (0.2-3.0)	0.734
PPV (%)	PBK öncesi	8.0 (4.0-34.0)	18.5 (4.0-46.0)	0.229
	PBK sonrası	13.0 (3.0-46.0)	15.0 (5.0-48.0)	0.637
SVV (%)	PBK öncesi	10.0 (4.0-31.0)	14.0 (5.0-35.0)	0.482
	PBK sonrası	16.0 (4.0-42.0)	18.0 (9.2-31.0)	0.688

PBK: Pasif bacak kaldırma, SVB: Santral venöz basınç, rCO₂: Karbondioksit basıncı gradienti, ScvO₂: Santral venöz oksijen basıncı, VTI: *Velocity time integral*, TTE: Transtorasik ekokardiyografi, PRAM: *Pressure Recording Analytical Method*, CCE: *Cardiac cycle efficiency*, dp/dt_{max}: *maximal slope of the systolic upstroke*, SVRI: Sistemik vasküler rezistans indeksi, PPV: *Pulse pressure variation*, SVV: *Stroke volume variation*

PRAM'a göre sıvıya yanıtı pozitif olanlar ve olmayanların pasif bacak kaldırma öncesi hemodinamik parametreleri karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık olmadığı görüldü.

Pasif bacak kaldırma sonrası ise sıvıya negatif yanıt veren hastalara göre pozitif yanıt veren hastalarda VTI'nın, PRAM'a göre ölçülen kardiyak indeksin ve dp/dt_{max} değerlerinin anlamlı şekilde yüksek olduğu, sistemik vasküler direncin pasif bacak kaldırma sonrası sıvıya yanıtı pozitif olan hastalarda, negatif olan hastalara göre daha düşük olduğu görüldü (Tablo 3).

Tablo 3. *Pressure Recording Analytical Method'a* göre sıvıya yanıtı pozitif olanlar ve negatif olanların pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası hemodinamik parametreleri [medyan, (min-maks)]

		Negatif yanıt n=12 (%48)	Pozitif yanıt n=13 (%52)	p
SVB (mmHg)	PBK öncesi	8.0 (3.0-16.0)	7.0 (3.0-13.0)	0.611
	PBK sonrası	8.0 (5.0-11.0)	7.0 (5.0-13.0)	0.905
rCO ₂ (mmHg)	PBK öncesi	8.0 (4.0-10.0)	7.0 (2.0-11.0)	0.360
ScvO ₂ (mmHg)	PBK öncesi	65.2 (52.0-92.8)	72.5 (51.0-83.0)	0.943
Kalp hızı (/dk)	PBK öncesi	97.0 (65.0-125.0)	97.0 (77.0-115.0)	0.905
	PBK sonrası	96.5 (68.0-125.0)	98.0 (71.0-119.0)	1.000
VTI (cm)	PBK öncesi	16.0 (8.6-21.1)	17.0 (10.0-22.5)	0.786
	PBK sonrası	15.4 (11.0-27.0)	18.8 (14.9-26.7)	0.043
TTE-kardiyak indeks (L/dk/m ²)	PBK öncesi	3.0 (1.2-4.7)	2.4 (1.7-3.6)	0.470
	PBK sonrası	2.7 (1.4-5.6)	2.9 (1.9-5.1)	0.186
PRAM-kardiyak indeks (L/dk/m ²)	PBK öncesi	2.5 (1.9-3.7)	2.5 (1.5-4.8)	0.810
	PBK sonrası	2.2 (1.7-3.7)	2.9 (2.0-5.7)	0.005
CCE	PBK öncesi	0.01 (-0.2-0.3)	0.2 (-0.8-0.5)	0.320
	PBK sonrası	0.02 (-0.2-0.3)	0.2 (-1.7-0.5)	0.052
Statik elastans (mmHg/ml)	PBK öncesi	1.5 (1.1-2.6)	1.5 (0.6-2.3)	0.769
	PBK sonrası	1.6 (1.1-2.5)	1.3 (0.6-2.6)	0.123
dp/dt _{max} (mmHg/msn)	PBK öncesi	1.0 (0.5-1.4)	1.2 (0.5-9.9)	0.123
	PBK sonrası	1.0 (0.6-1.3)	1.2 (0.8-2.1)	0.019
SVRI (dyne·sec·m ² /cm ⁵)	PBK öncesi	2226.0 (1337.0-3118.0)	2076.0 (890.0-2795.0)	0.137
	PBK sonrası	2414.0 (2044.0-3170.0)	2050.0 (915.0-3244.0)	0.040
Dinamik (PPV/SVV) elastans	PBK öncesi	0.9 (0.3-2.4)	1.0 (0.5-3.1)	0.376
	PBK sonrası	0.9 (0.4-3.0)	0.7 (0.2-1.1)	0.169
PPV (%)	PBK öncesi	11.0 (4.0-34.0)	19.0 (4.0-46.0)	0.247
	PBK sonrası	14.5 (3.0-48.0)	13.0 (4.0-33.0)	0.347
SVV (%)	PBK öncesi	15.0 (4.0-31.0)	15.0 (5.0-35.0)	0.843
	PBK sonrası	16.0 (7.0-42.0)	20.0 (4.0-31.0)	0.487

PBK: Pasif bacak kaldırma, SVB: Santral venöz basınç, rCO₂: Karbondioksit basıncı gradienti, ScvO₂: Santral venöz oksijen basıncı, VTI: *Velocity time integral*, TTE: Transtorasik ekokardiyografi, PRAM: *Pressure Recording Analytical Method*, CCE: *Cardiac cycle efficiency*, dp/dt_{max}: *maximal slope of the systolic upstroke*, SVRI: Sistemik vasküler rezistans indeksi, PPV: *Pulse pressure variation*, SVV: *Stroke volume variation*

Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası hemodinamik veriler karşılaştırıldığında kan basıncı değerlerinin TTE'ye göre ve PRAM'a göre sıvı yanıtı pozitif olan hastalarda sadece ortalama kan basıncı değerlerinde anlamlı bir fark olduğu saptandı.

Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası diğer hemodinamik veriler karşılaştırıldığında VTI'nın, dolayısıyla da TTE ile ölçülen kardiyak indeksin, hem TTE'ye göre hem de PRAM'a göre sıvıya pozitif yanıtı olan hastalarda anlamlı şekilde arttığı gözlemlendi. PRAM ile ölçülen kardiyak indeksin de her iki grupta da pasif bacak kaldırma sonrası anlamlı şekilde arttığı gözlemlendi (Tablo 4).

Tablo 4. Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası hemodinamik parametrelerdeki değişiklikler [medyan, (min-maks)]

		PBK öncesi	PBK sonrası	p
Sistolik kan basıncı (mmHg)	Tüm hastalar n=25	119.0 (78.0-178.0)	112.5 (84.0-164)	0.681
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	117.0 (78.0-165)	116.5 (84.0-158.0)	0.234
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	117.0 (90.0-140.0)	116.5 (99.0-158.0)	0.084
Diyastolik kan basıncı (mmHg)	Tüm hastalar n=25	56.0 (36.0-107.0)	54.5 (42.0-101)	0.796
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	52.6 (36.0-106)	53.0 (42.0-99.0)	0.608
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	52.0 (36.0-72.0)	53.0 (42.0-91.0)	0.349
Ortalama kan basıncı (mmHg)	Tüm hastalar n=25	74.0 (32.0-130.0)	74.0 (59.0-123.0)	0.438
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	73.0 (32.0-128.0)	74.0 (61.0-118.0)	0.111
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	73.0 (32.0-92.0)	74.0 (61.0-104.0)	0.050
Kalp hızı (/dk)	Tüm hastalar n=25	97.0 (65.0-125.0)	97.0 (68.0-125.0)	0.114
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	93.0 (65.0-120.0)	94.0 (68.0-119.0)	0.109
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	97.0 (77.0-115.0)	98.0 (71.0-119.0)	0.128
VTI (cm)	Tüm hastalar n=25	17.0 (8.6-22.5)	17.0 (11.0-27.0)	0.016
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	17.0 (8.6-22.5)	18.6 (13.0-27.0)	0.002
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	17.0 (10.0-22.5)	18.8 (14.9-26.7)	0.007
TTE-kardiyak indeks (L/dk/m ²)	Tüm hastalar n=25	2.5 (1.2-4.7)	2.9 (1.4-5.6)	0.007
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	1.4 (1.2-4.6)	3.0 (1.8-5.6)	<0.001
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	2.4 (1.7-3.6)	2.9 (1.9-5.1)	0.001
PRAM-kardiyak indeks (L/dk/m ²)	Tüm hastalar n=25	2.5 (1.5-4.8)	2.6 (1.7-5.7)	0.046
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	1.5 (1.5-4.8)	2.9 (2.0-5.7)	0.002
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	2.4 (1.7-3.6)	2.9 (1.9-5.1)	0.001
CCE	Tüm hastalar n=25	0.05 (-0.8-0.5)	0.08 (-1.7-0.5)	0.475
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	0.2 (-0.8-0.5)	0.2 (-1.7-0.5)	0.640
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	0.2 (-0.8-0.5)	0.2 (-1.7-0.5)	0.400
Statik elastans (mmHg/ml)	Tüm hastalar n=25	1.5 (0.6-2.6)	1.5 (0.6-2.6)	0.510
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	1.5 (0.6-2.6)	1.3 (0.6-2.6)	0.187
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	1.5 (0.6-2.3)	1.3 (0.6-2.6)	0.196
dp/dt _{max} (mmHg/msn)	Tüm hastalar n=25	1.1 (0.5-9.7)	1.1 (0.6-2.1)	0.300
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	1.1 (0.5-1.7)	1.1 (0.6-2.1)	0.044
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	1.2 (0.5-9.9)	1.2 (0.8-2.1)	0.152
SVRI (dyne-sec-m ² /cm ⁵)	Tüm hastalar n=25	2132.0 (890.0-3118.0)	2261.0 (915.0-3244.0)	0.069
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	2132.0 (890.0-3118.0)	2164.5 (915.0-3000.0)	0.897
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	2076.0 (890.0-2795.0)	2050.0 (915.0-3244.0)	0.600
Dinamik elastans (PPV/SVV)	Tüm hastalar n=25	1.0 (0.3-3.1)	0.8 (0.2-3.0)	0.661
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	1.0 (0.3-3.1)	0.7 (0.2-3.0)	0.730
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	1.0 (0.5-3.1)	0.7 (0.2-1.1)	0.093
PPV (%)	Tüm hastalar n=25	12.0 (4.0-46.0)	14.0 (3.0-48.0)	0.628
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	18.5 (4.0-46.0)	15.0 (5.0-48.0)	0.938
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	19.0 (4.0-46.0)	13.0 (4.0-33.0)	0.234
SVV (%)	Tüm hastalar n=25	14.0 (4.0-35.0)	17.0 (4.0-42.0)	0.079
	TTE'ye göre (+) yanıt n=16	14.0 (5.0-35.0)	18.0 (9.2-31.0)	0.249
	PRAM'e göre (+) yanıt n=13	15.0 (5.0-35.0)	20.0 (4.0-31.0)	0.109

PBK: Pasif bacak kaldırma, SVB: Santral venöz basınç, VTI: *Velocity time integral*, TTE: Transtorasik ekokardiyografi, PRAM: *Pressure Recording Analytical Method*, CCE: *Cardiac cycle efficiency*, dp/dt_{max}: *maximal slope of the systolic upstroke*, SVRI: Sistemik vasküler rezistans indeksi, PPV: *Pulse pressure variation*, SVV: *Stroke volume variation*

Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası TTE ile hesaplanan medyan CI değerleri sırasıyla 2.5 (1.2-4.7) L/dk/m² ve 2.9 (1.4-5.6) L/dk/m² olarak ölçüldü. Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası PRAM ile hesaplanan medyan CI değerleri sırasıyla 2.5 (1.5-4.8) L/dk/m² ve 2.6 (1.7-5.7) L/dk/m² olarak ölçüldü. Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası TTE ve PRAM yöntemleri ile ölçülen CI değerleri arasında anlamlı korelasyon olduğu gösterildi (r=0.635, p=0.001 and r=0.610, p=0.001, sırasıyla) (Tablo 5).

Tablo 5. Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası TTE ve PRAM yöntemleri ile ölçülen CI değerleri ve iki yöntem arasındaki korelasyon [medyan, (min-maks)]

	TTE	PRAM	Korelasyon
Pasif bacak kaldırma öncesi CI (L/dk/m ²)	2.5 (1.2-4.7)	2.5 (1.5-4.8)	0.635*
Pasif bacak sonrası CI (L/dk/m ²)	2.9 (1.4-5.6)	2.6 (1.7-5.7)	0.610*

CI: Kardiyak indeks, TTE: Transtorasik ekokardiyografi, PRAM: *Pressure recording analytical method*, *p=0.001

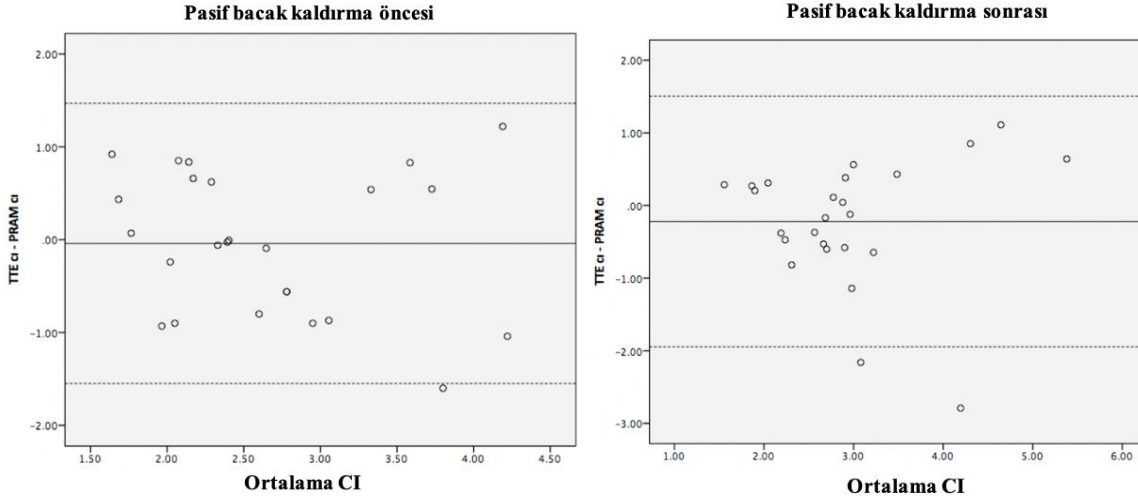
TTE ve PRAM ölçümlerinde CI değerlerindeki ortalama yüzde değişikliklerin sırasıyla -0.13 (-0.7-0.4) ve -0.11 (-0.5-0.5) olduğu gösterildi. 16 hasta (%64) TTE'ye göre ve 13 hasta (%52) PRAM yöntemine göre sıvıya yanıt verebilirliği pozitif. Sıvıya yanıtılığın tahmin edilmesinde TTE ve PRAM yöntemleri arasında Kappa testine göre orta düzeyde uyumluluk olduğu gösterildi (k=0.595; p=0.002) (Tablo 6).

Tablo 6. Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası TTE ve PRAM yöntemleri ile ölçülen kardiyak indeks değerlerindeki yüzde değişiklikler ve sıvıya pozitif yanıtı olan hastalar [medyan, (min-maks), n (%)]

	TTE	PRAM
CI ölçümlerindeki değişiklik (%)	-0.13 (-0.7-0.4)	-0.11 (-0.5-0.5)
Sıvıya pozitif yanıtı olan hastalar	16 (64%)*	13 (52%)*

CI: Kardiyak indeks, TTE: Transtorasik ekokardiyografi, PRAM: *Pressure recording analytical method*, *k=0.595

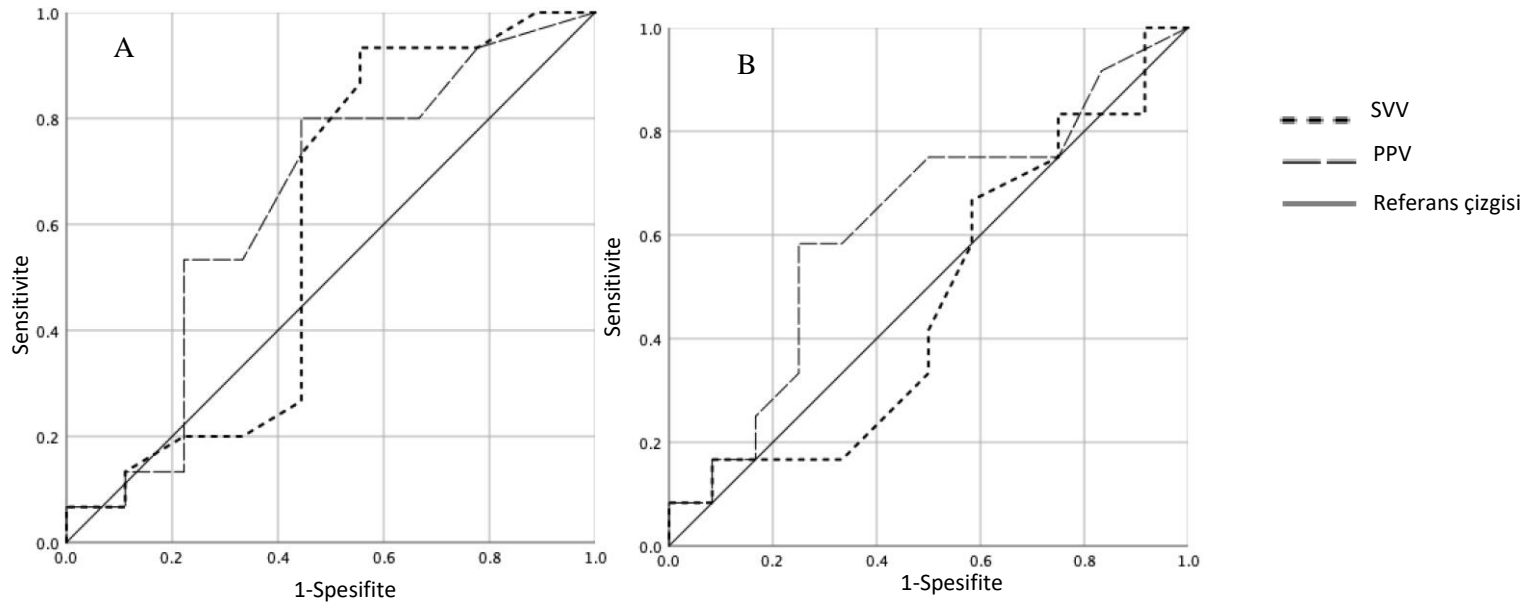
Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası TTE ve PRAM yöntemleri ile ölçülen CI değerleri arasındaki ortalama bias sırasıyla 0.04 ± 0.77 L/dk/m² ve 0.22 ± 0.88 L/dk/m² idi (Şekil 1).



Şekil 1. Pasif bacak kaldırma öncesi ve sonrası TTE ve PRAM için Bland Altman grafikleri

TTE'ye göre sıvı yanıtılığını belirlemede ROC analizinde eğri altındaki alan pasif bacak kaldırma öncesi SVV için 0.59 (%95 Güven aralığı 0.32-0.86) ve PPV için 0.64 (%95 Güven aralığı 0.40-0.89) olarak saptanmıştır PRAM'a göre sıvı

yanıtılığını belirlemede ROC analizinde eğri altındaki alan pasif bacak kaldırma öncesi SVV için 0.47 (%95 Güven aralığı 0.23-0.70) ve PPV için 0.62 (%95 Güven aralığı 0.39-0.85) olarak saptanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. A) TTE'ye göre sıvı yanıtılığını belirlemede SVV ve PPV için eğri altında kalan alan (ROC eğrisi), B) PRAM'a göre sıvı yanıtılığını belirlemede SVV ve PPV için eğri altında kalan alan (ROC eğrisi). SVV: Atım hacim değişkenliği, PPV: Nabız basınç değişkenliği

TARTIŞMA

Bu çalışmada sıvıya yanıt verebilirliği test etmek için kullanabileceğimiz iki yöntemin uyumluluğu araştırılmış ve TTE ve PRAM yöntemleriyle ölçülen kardiyak indeks değerleri arasında anlamlı korelasyon olduğu gösterilmiştir. Sıvıya yanıt verebilirliği öngörmeye pasif bacak kaldırma sonrası da iki yöntem arasında uyum olduğu gösterilebilmiştir.

Akut dolaşım yetmezliği varlığında sıvı tedavisi ilk başvuru tedavi yöntemlerinden bir tanesidir. Ancak kontrolsüz ve kanıta dayalı olmayacak şekilde sıvı tedavisinin tekrarlayan ve yüksek hacimlerde verilmesi ile hastalar pozitif sıvı yüküne maruz kalmaktadır. Pozitif sıvı yükünün kritik yoğun bakım hastalarında sonuçları negatif yönde etkilediği bilinmektedir (6).

Sıvıya yanıt verebilirliğin sıvı sınaması ile yapıldığı çalışmalarda, pozitif yanıt ancak yaklaşık %50 hastada gösterilebildiği bilinmektedir (7). Sıvı tedavisinden fayda görecektir hastaların belirlenmesi bu sebeple çok önemlidir. Uzun yıllar boyunca kardiyak dolum basınçları sıvıya yanıt verebilirliği test etmek için kullanılmıştır ancak bu parametrelerin bu amaçla güvenilir yöntemler olmadığı gösterilmiştir. Kardiyak dolum basınçları gibi statik göstergeler yerine kalp akciğer etkileşimlerine dayanan ve kardiyak debi ve türevi parametrelerdeki değişimlerin değerlendirildiği dinamik testlerin kullanılması gerekmektedir (8,9).

Sıvıya yanıt verebilirlik testleri arasında en sık kullanılan yöntemlerden biri pasif bacak kaldırma testidir. Bu testte yaklaşık 300 ml venöz kanın bacaklardan intratorasik kompartmana kayması ile otolog sıvı sınaması yapılmış olur.

Bu test etkileri geri döndürülebilir bir test olduğu ve hastaya dışardan sıvı verilmesine gerek duyulmadığı için birçok klinisyen tarafından sıvıya yanıtın test edilmesi amacıyla tercih edilmektedir (3,10). Biz de bu sebeplerle çalışmamızda sıvıya yanıt verebilirliğin değerlendirilmesinde kardiyak debi ve türevi parametrelerin pasif bacak kaldırma yanıt olarak değişimlerini inceledik.

Pulmoner arter yoluyla termodilüsyon yaparak kardiyak debi ölçüm yöntemleri ve transkardiyopulmoner termodilüsyon ve *pulse contour* yöntemleri hemodinamik monitorizasyon yöntemleri arasında güvenilirlikleri kanıtlanmış yöntemlerdir (11,12). Bu yöntemlerin invaziv olması ve sık kalibrasyona ihtiyaç duymaları kullanımlarını kısıtlamaktadır. Bir diğer kardiyak debi ölçüm yöntemi olan ve daha minimal invaziv bir yöntem olan *pressure recording analytical method* (PRAM), kalibrasyona ihtiyaç duymayan ve sadece radial veya femoral arteriyel kateter yoluyla kardiyovasküler empedansı hesaplayarak hastaların hemodinamik izlemine olanak sağlayan yeni bir yöntemdir. Mikst tip medikal-cerrahi yoğun bakım ünitesinde yapılan bir çalışmada pulmoner arter kateteri termodilüsyon ve transkardiyopulmoner termodilüsyon yöntemleri ile PRAM ile ölçülen kardiyak debi değerleri arasında iyi düzeyde uyumluluk bulunduğu gösterilmiştir (4). TTE ve PRAM arasında uyumluluğu araştırılan çalışmalar da bulunmaktadır. TTE ile kardiyak debi ölçümü tamamen noninvazif bir yöntemdir. Taşınabilir olması ve tekrarlanabilir olması nedeniyle birçok durumda tercih edilen hemodinamik monitorizasyon yöntemi olarak kabul edilmektedir. Kardiyak debi, parasternal uzun aks görüntüsünden aort kapak kesit alanının ve apikal 5 boşluk görüntüsünden sol ventrikül çıkım yolundan aortik velosite ölçülmesiyle elde edilir. Ancak bazı hastalarda aort kökünün gösterilebilmesi mümkün olmayabilir. Ayrıca uygulayıcıya bağımlı olması, solunumsal hareketler nedeniyle görüntünün kaybolması ve hasta anatomisindeki değişiklikler nedeniyle ekokardiyografinin de bir takım kısıtlılıkları bulunmaktadır. Bunun yanında büyük oranda gözlemci içi ve gözlemciler arası değişkenliğe de sahip bir teknik olması nedeniyle hemodinamik monitorizasyon uygulamalarında noninvaziv diğer yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır (13). Biz de bu sebeple minimal invaziv bir yöntem olan PRAM'in ekokardiyografi ile uyumunu araştırmayı amaçladık.

Calamandrei ve ark.'nın yaptığı çalışmada çocuklarda, PRAM ile ölçülen kardiyak debi ile ekokardiyografi ile ölçülen kardiyak debi değerleri arasında iyi düzeyde uyumluluk olduğu gösterilmiştir (14). Romagnoli ve ark.'nın yaptığı deneysel çalışmada da PRAM ile ölçülen kardiyak debi değerleri ile pulmoner arter kateteri termodilüsyonu ve transözofageal ekokardiyografi yöntemleri ile ölçülen kardiyak debi değerleri karşılaştırılmış. Bu çalışmada hemodinamik stabilize, taşikardi ve vazokonstriksiyonda PRAM'in diğer yöntemlerle karşılaştırıldığı kardiyak debi değerleri açısından doğru sonuçlar verdiği gösterilmiş (15). Bizim çalışmamızda da akut hipoperfüzyon bulguları olan hastalarda ekokardiyografi ve PRAM yöntemleri ile ölçülen kardiyak debi değerleri arasında korelasyon olduğu gösterilmiştir.

Atım hacminde ve nabız basıncındaki solunumsal değişiklikler (SVV ve PPV) sıvı yanıtılığının değerlendirilmesinde yüksek sensitivite ve yüksek spesifite ile kullanılmaktadır (10). Ancak bu yüksek sensitivite ve spesifite, kontrollü mekanik ventilasyonda olmayan, 8ml/kg üzerinde tidal volüm ile ventile edilmeyen, akciğer kompliyansı düşük ve aritmisi olan hastalarda azalmaktadır (16). Çoğu yoğun bakım hastasında bu bahsedilen kriterler karşılanmadığı için sıvı yanıtılığın değerlendirilmesinde alternatif yöntemler kullanılmaktadır (3). Bizim de çalışmamızda bu kriterlerin sağlandığı hastalar bulunmadığı için PPV ve SVV için ROC değerleri düşük çıkmıştır.

Sıvı yanıtılığın değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer parametre dinamik elastansdır. Garcia ve ark.'nın yaptığı çalışmada sıvı verildikten sonra dinamik elastans değerlerinde anlamlı bir düşüş ortaya çıkmıştır (17). Ancak bizim çalışmamızda, bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı olmasa da yine de gösterilebilmiştir. Garcia ve ark.'nın çalışmasında hastalar kontrollü mekanik ventilasyonda olup spontan solunumları bulunmayan hastalarken, bizim çalışmamızdaki hastalarımızın mekanik ventilasyonda spontan solunumları korunmuştur. Bu farklı sonucu ortaya çıkaran nedenlerden bir tanesinin bu olabileceğini düşünüyoruz.

Çalışmamızın bir takım kısıtlılıkları bulunmaktadır. Bunların başında hasta sayısının az olması yer almaktadır. Bir diğer kısıtlılık ise hastaların önemli bir kısmında kan basıncı değerlerinin pasif bacak kaldırma öncesi yüksek olmasıdır. Bunun sebebi hipoperfüzyon sebebiyle bu hastalara pasif bacak kaldırma testi öncesi vazopresör tedavilerin başlanmış olmasıdır. Bu sebeple çalışmamızdaki kan basıncındaki değişikliklerin önemsenmemesi gerektiğini düşünüyoruz.

Ancak Monnet ve ark. zaten pasif bacak kaldırma testi için kan basıncı monitorizasyonundan çok kardiyak debi veya atım hacmi monitorizasyonunun daha doğru sonuçlar verdiğini göstermiştir (18).

SONUÇ

Bu çalışma son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan ve TTE ile validasyonu yapılmış olan PRAM ile kardiyak debi ölçümünün, sıvıya yanıt verebilirliği değerlendirilmesinde güvenilir bir yöntem olarak kullanılabilirliğini değerlendirmiştir. Bu doğrultuda ortaya çıkacak sonuçlar ile zamanında ve doğru olarak yapılacak hemodinamik monitorizasyon yönteminin kullanılmasıyla komplikasyon riskinde azalma ve hasta sonuçlarında dolaylı olarak iyileşme sağlayabileceği düşünülmüştür. Ayrıca literatürde benzerinin olmaması nedeniyle sıvıya yanıt verebilirlik açısından ilk çalışma olma özelliği de olan bu çalışma, planlanacak sonraki çalışmalar için kaynak oluşturma özelliğindedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Vincent J-L, Sakr Y, Sprung CL, Ranieri VM, Reinhart K, Gerlach H, et al. Sepsis in European intensive care units: Results of the SOAP study*. Critical Care Medicine [Internet]. 2006 Feb [cited 2020 Aug 25];34(2):344-53.
2. Messina A, Longhini F, Coppo C, Pagni A, Lungu R, Ronco C, et al. Use of the Fluid Challenge in Critically Ill Adult Patients: A Systematic Review. Anesthesia & Analgesia [Internet]. 2017 Nov [cited 2020 Aug 25];125(5):1532-43.
3. Shi R, Monnet X, Teboul J-L. Parameters of fluid responsiveness: Current Opinion in Critical Care [Internet]. 2020 Jun [cited 2020 Aug 25];26(3):319-26.
4. Donati A, Carsetti A, Tondi S, Scorcella C, Domizi R, Damiani E, et al. Thermodilution vs pressure recording analytical method in hemodynamic stabilized patients. Journal of Critical Care [Internet]. 2014 Apr [cited 2020 Aug 25];29(2):260-4.
5. Marik PE, Monnet X, Teboul J-L. Hemodynamic parameters to guide fluid therapy. Ann Intensive Care [Internet]. 2011 Dec [cited 2020 Aug 27];1(1):1.
6. Monnet X, Teboul J-L. My patient has received fluid. How to assess its efficacy and side effects? Ann Intensive Care [Internet]. 2018 Dec [cited 2020 Aug 28];8(1):54.
7. Michard F, Teboul J-L. Predicting Fluid Responsiveness in ICU Patients. Chest [Internet]. 2002 Jun [cited 2020 Aug 28];121(6):2000-8.
8. Monnet X, Marik PE, Teboul J-L. Prediction of fluid responsiveness: an update. Ann Intensive Care [Internet]. 2016 Dec [cited 2020 Aug 28];6(1):111.
9. Cecconi M, Hernandez G, Dunser M, Antonelli M, Baker T, Bakker J, et al. Fluid administration for acute circulatory dysfunction using basic monitoring: narrative review and expert panel recommendations from an ESICM task force. Intensive Care Med [Internet]. 2019 Jan [cited 2020 Aug 28];45(1):21-32.
10. On behalf of the FENICE Investigators and the ESICM Trial Group, Cecconi M, Hofer C, Teboul J-L, Pettita V, Wilkman E, et al. Fluid challenges in intensive care: the FENICE study: A global inception cohort study. Intensive Care Med [Internet]. 2015 Sep [cited 2020 Aug 28];41(9):1529-37.
11. Goedje O, Hoeke K, Lichtwarck-Aschoff M, Faltchauer A, Lamm P, Reichart B. Continuous cardiac output by femoral arterial thermodilution calibrated pulse contour analysis: Comparison with pulmonary arterial thermodilution: Critical Care Medicine [Internet]. 1999 Nov [cited 2020 Aug 28];27(11):2407-12.
12. Ganz W, Donoso R, Marcus HS, Forrester JS, Swan HJC. A new technique for measurement of cardiac output by thermodilution in man. The American Journal of Cardiology [Internet]. 1971 Apr [cited 2020 Aug 28];27(4):392-6.
13. Geerts BF, Aarts LP, Jansen JR. Methods in pharmacology: measurement of cardiac output: Methods to measure cardiac output. British Journal of Clinical Pharmacology [Internet]. 2011 Mar [cited 2020 Aug 28];71(3):316-30.
14. Calamandrei M, Mirabile L, Muschetta S, Gensini GF, De Simone L, Romano SM. Assessment of cardiac output in children: A comparison between the pressure recording analytical method and Doppler echocardiography*. Pediatric Critical Care Medicine [Internet]. 2008 May [cited 2020 Aug 28];9(3):310-2.
15. Romagnoli S, Romano SM, Bevilacqua S, Ciappi F, Lazzeri C, Peris A, et al. Cardiac output by arterial pulse contour: reliability under hemodynamic derangements. Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery [Internet]. 2009 Jun 1 [cited 2020 Aug 28];8(6):642-6.
16. De Backer D, Heenen S, Piagnerelli M, Koch M, Vincent J-L. Pulse pressure variations to predict fluid responsiveness: influence of tidal volume. Intensive Care Med [Internet]. 2005 Apr [cited 2020 Sep 3];31(4):517-23.
17. Garcia MIM, Romero MG, Cano AG, Aya HD, Rhodes A, Grounds RM, et al. Dynamic arterial elastance as a predictor of arterial pressure response to fluid administration: a validation study. Crit Care [Internet]. 2014 Dec [cited 2020 Sep 3];18(6):626.
18. Monnet X, Rienzo M, Osman D, Anguel N, Richard C, Pinsky MR, et al. Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill*. Critical Care Medicine [Internet]. 2006 May [cited 2020 Sep 3];34(5):1402-7.