

T.C.
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi
Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı

**PERKÜTAN NEFROLİTOTOMİ CERRAHİ-
Sİ ALTINDA FARKLI CERRAHİ POZİS-
YONLARIN NABİZ KONTUR ANALİZİ PA-
RAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN DE-
ĞERLENDİRİLMESİ**

Dr Ela Nur MEDETOĞLU KÖKSAL

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç Dr Erkan Cem ÇELİK

ERZURUM-2023



ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ TEZ SINAVI TUTANAĞI

I. UZMANLIK ÖĞRENCİSİ ve TEZİ İLE İLGİLİ BİLGİLER	
Adı, Soyadı : Ela Nur MEDETOĞLU KÖKSAL	Sınav tarihi: 25 / 09 / 2023
Anabilim Dalı : Anesteziyoloji ve Reanimasyon	
Tez Danışmanı : Doç.Dr. Erkan Cem ÇELİK	
Tezin Konusu : Perkütan Nefrolitotomi Cerrahisi Altında Farklı Cerrahi Pozisyonların Nabız Kontür Analizi Parametreleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi	
Tezin Niteliği : ☒ Tıpta Uzmanlık Tezi	
Tez Sınavının Nasıl Yapıldığı: ☒ Yüz yüze katılım sağlanarak ☐ Online (Jürinin teşkil edilmesinde kurum dışından belirlenecek olan jüri üyesi, aynı il sınırları içerisinde bulunmadığından, tez sınavı dijital ortamda yapılmıştır.)	

II. KARAR
Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin 19. maddesi gereğince yapılan tez savunma sınavının tamamlanması sonucunda adı geçen tezin, jüri üyelerince “Tıpta Uzmanlık Tezi” olarak; ☒ Kabulüne 1.Tez Sınavı ☐ Reddine (Eksikliklerin tamamlanması ve gerekli düzeltmelerin yapılması için uzmanlık öğrencisine, TUEY’nin 19. Maddesinin 5. fıkrası gereğince altı aylık ek bir süre verilmesine) 2.Tez Sınavı ☐ Reddine (TUEY’nin 19. Maddesinin 6. fıkrası gereğince, uzmanlık öğrencisinin uzmanlık öğrenciliği ile ilişkisinin kesilmesine) ☒ Oy birliği ☐ Oy çokluğu ile karar verilmiştir.

III. AÇIKLAMALAR
Hazır.

IV. JÜRİ ÜYELERİ				
	Unvanı Adı Soyadı	Uzmanlık Dalı	Kurum Bilgisi	İmza
Jüri Başkanı	Doç.Dr. Özgür ÖZMEN	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi	
Jüri Üyesi	Doç.Dr. Erkan Cem ÇELİK	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi	
Jüri Üyesi	Doç.Dr. Muhammed Enes AYDIN	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi	

ONAY

Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı araştırma görevlilerinden Dr Ela Nur MEDETOĞLU KÖKSAL’ a ait “Perkütan Nefrolitotomi Cerrahisi Altında Farklı Cerrahi Pozisyonların Nabız Kontur Analizi Parametreleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi ” adlı bilimsel tez çalışması, Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu’nun 31.03.2022 tarih, 3 nolu toplantı ve 4 nolu kararı, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölüm Kurulu’nun 23.03.2022 tarih, 03 nolu oturum ve 18 nolu kararı ile onaylanmıştır.



İÇİNDEKİLER

ONAY.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
TABLolar DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Perkütan Nefrolitotomi Operasyonlarında Anestezi Yaklaşımı	3
2.1.1. Hastaların Genel Özellikleri	3
2.1.2. Operasyonun Safhaları Ve Hasta Pozisyonları	7
2.2. Hasta Pozisyonunun Hemodinamik Etkileri	11
2.3. Hemodinaminin Takibi ve Değerlendirme Yöntemleri:.....	17
2.3.1. Hemodinami Takibinin Amacı	17
2.3.2. Hacim Durumunun Ve Sıvı Yanıtlılığının Belirlenmesi	19
2.3.3. Hemodinami Takip Yöntemleri ve Cihazları:.....	23
2.3.3.1. Fick prensibi.....	23
2.3.3.2. İndikatör Seyreltme Teknikleri	24
2.3.3.2.1. Termodilüsyon Yöntemi	24

2.3.3.2.2. Nabız boya dansitometrisi (PDD)	26
2.3.3.2.2. Lityum dilüsyon tekniği	26
2.3.3.3. Biyoimpedans ve reaktans	27
2.3.3.4. Ultrason (ekokardiyografi/transözofageal/transtorasik doppler)	28
2.3.3.5. Nabız Dalgası Geçiş Süresi (PWTT)	28
2.3.3.6. Nabız Dalga Analizi(PWA)	28
2.3.3.6.1. Harici Kalibrasyonlu İnvaziv Nabız Dalga Analiz.....	31
2.3.3.6.2. Dahili kalibrasyonlu minimal invaziv PWA	32
2.3.3.6.3. Minimal invaziv kalibre edilmemiş PWA (Mostcare sistemi).....	33
3. MATERYAL VE METOD	38
3.1. Örneklem Büyüklüğü Hesabı ve İstatistik.....	39
4. BULGULAR	40
5. TARTIŞMA	49
6. SONUÇ	61
KAYNAKLAR.....	63

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. IVC çapı ve kollaps miktarı ile sağ atrium basınç ölçümü	22
Tablo 2. Mostcare tarafından sağlanan parametreler	35
Tablo 3. Demografik özellikler	40
Tablo 4. Supin pozisyonunda genel anestezi öncesi ve genel anestezi sonrasında PRAM parametrelerinin değerlendirilmesi.....	40
Tablo 5. Litotomi pozisyonu altında genel anestezi öncesi ve genel anestezi sonrasında PRAM parametrelerinin değerlendirilmesi	41
Tablo 6. Prone pozisyonu altında genel anestezi öncesi ve genel anestezi sonrasında PRAM parametrelerinin değerlendirilmesi	42
Tablo 7. Genel anestezi öncesi ve genel anestezi sonrası supin, litotomi ve prone pozisyonlar altında PRAM parametrelerinin değerlendirilmesi	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	A ve B farklı iki hastaya ait Frank-Starling eğrisi	19
Şekil 2.	Pulmoner arter kateterinin kalpten geçerken ilgili basınç izleri	20
Şekil 3.	Pozitif basınçlı ventilasyon sırasında nabız basıncı ve atım hacmi değişimin Gösterimi	21
Şekil 4.	Pulmoner ve transpulmoner termodilüsyon eğrileri	24
Şekil 5.	Arteriyel dalga formunu kullanarak atım hacmini hesaplamak için nabız basıncı analiz modeli.....	29
Şekil 6.	PRAM algoritmasının temel yaklaşımı.....	34
Şekil 7:	CI parametresinin anestezi öncesi ve genel anestezi sırasında hasta pozisyonuna göre değişimi	44
Şekil 8:	CCE parametresinin anestezi öncesi ve genel anestezi sırasında hasta pozisyonuna göre değişimi	44
Şekil 9:	Dp/dt _{max} parametresinin anestezi öncesi ve genel anestezi sırasında hasta pozisyonuna göre değişimi	45
Şekil 10:	Ea parametresinin anestezi öncesi ve genel anestezi sırasında hasta pozisyonuna göre değişimi	45
Şekil 11:	CPI parametresinin anestezi öncesi ve genel anestezi sırasında hasta pozisyonuna göre değişimi	46
Şekil 12:	CI parametresinin anestezi öncesi ve genel anestezi sırasında hasta pozisyonuna göre değişimi	46
Şekil 13:	KH parametresinin anestezi öncesi ve genel anestezi sırasında hasta pozisyonuna göre değişimi	47
Şekil 14:	PPV ve SVV parametrelerinin anestezi öncesi ve genel anestezi sırasında hasta pozisyonuna göre değişimi	48

KISALTMALAR

BP	: Kan basıncı
CaO ₂	: Arteryal oksijen içeriği
CCE	: Kardiyak Döngü Verimliliği
CI	: Kardiyak indeks
CO	: Kardiyak Output
COD	: Kalsiyum oksalat dihidrat
COM	: Kalsiyum oksalat monohidrat
CPI	: Kardiyak İş Gücü İndeksi
CvO ₂	: Venöz oksijen içeriği
CVP	: Santral venöz basınç
dP/dT _{MAX}	: Maksimal Basınç/Zaman oranı
Ea	: Arteriyel elastans
ESWL	: Ekstrakorporal Shock Wave Litotripsi
EVLW	: Ekstravasküler akciğer suyu
GEDV	: Global diyastol sonu hacmi
HR	: Kalp hızı
ITBV	: İntratorasik kan hacmi
IVC	: Vena cava inferior
IVCD	: Vena cava inferior çapı
IVCDV	: Vena cava inferior çapı varyasyonu
LVEDA	: Sol ventrikül diyastol sonu alanı
MAP	: Ortalama arter basıncı
PAK	: Pulmoner arter kateter
PAOP	: Pulmoner arter oklüzyon basınç
PAP	: Pulmoner arter basıncı
PCA	: Nabız kontur analizi yöntemleri
PCNL	: Perkütan nefrolitotomi

PLR	: Pasif bacak kaldırma
PPV	: Nabız basınç varyasyonu
PRAM	: Basınç kaydı analitik yöntemi
PVPI	: Pulmoner vasküler geçirgenlik indeksi
PVR	: Pulmoner vasküler direnç
PWA	: Nabız Dalga Analizi
PWTT	: Nabız Dalgası Geçiş Süresi
SPV	: Sistolik basınç değişimi
SV	: Atım hacmi
SVI	: Stroke volüme indeksi
SVR	: Sistemik vasküler direnç
SVV	: Atım hacmi varyasyonu
TIVA	: Total intravenöz anestezi
VO ₂	: Oksijen tüketimi

TEŞEKKÜR

Anesteziyoloji ve Reanimasyon Uzmanlık eğitimimde sevgi, hoşgörü, sabır ve samimiyetlerini esirgemeyen, üzerimde emekleri olan saygıdeğer hocalarım; tez hocam sayın Doç.Dr.Erkan Cem ÇELİK, Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Nazım DOĞAN ve değerli hocalarım, Prof. Canan ATALAY, Prof. Dr. Hüsnü KÜRŞAD, Prof. Dr. Ayşenur DOSTBİL, Prof. Dr. Elif ORAL AHISKALIOĞLU, Prof. Dr. Mehmet AKSOY, Prof. Dr. Ali AHISKALIOĞLU Doç.Dr. Özgür ÖZMEN, Doç.Dr. M. Enes AYDIN, Doç. Dr. İrem ATEŞ, Doç.Dr. Ahmet Murat YAYIK’a,

Asistanlığım boyunca her zaman desteklerini hissettiğim sevgili asistan arkadaşlarıma,

Zorlu çalışma şartlarındaki destekleri ve yardımları için anestezi teknikeri arkadaşlarıma, tüm ameliyathane hemşire ve personellerine,

Tezimin yapım aşamasında her zaman bana destek olan ÜROLOJİ BÖLÜMÜ’ nün değerli hocaları başta olmak üzere tüm asistan ve hemşirelerine,

Bugünlere gelmemde sonsuz sabır ve emekleri bulunan değerli annem Sibel MEDETOĞLU, değerli babam Murat MEDETOĞLU ve değerli kardeşim Dr. Büşra MEDETOĞLU’na

Hayatıma girdiği günden beri hayatımı kolaylaştıran, yardımını ve desteğini esirgemeyen kıymetli eşim Dr. Veysel KÖKSAL’a

Teşekkürlerimi sunarım...

Dr.Ela Nur MEDETOĞLU KÖKSAL

ÖZET

Perkütan Nefrolitotomi Cerrahisi Altında Farklı Cerrahi Pozisyonların

Nabız Kontur Analizi Parametreleri Üzerine Etkisinin

Değerlendirilmesi

Amaç: Hastaların hemodinamik izlemi gerek peroperatif dönemde gerekse yoğun bakım döneminde çok önemlidir. Son yıllarda hedefe yönelik kardiyovasküler sistem üzerinde bir dizi önleyici müdahale olarak tanımlanan ‘perioperatif hemodinamik optimizasyon’ kavramının ortaya çıkması ve birçok çalışmada cerrahi mortalite ve postoperatif komplikasyonlar açısından olumlu sonuçlarının gösterilmesi hemodinamik izlemin önemini daha da artırmıştır. Çalışmamızda perkütan nefrolitotomi cerrahisi altında farklı cerrahi pozisyonların, nabız kontur analiz parametreleri üzerine etkisinin değerlendirilmesi amaçlandı. Bu çalışma hasta pozisyonunun kardiyovasküler sisteme etkisi PRAM yöntemi kullanan MostCare sistemi ile incelenmesi hem perioperatif hemodinamik optimizasyon için hedefe yönelik müdahale imkanını hem de bu müdahalenin cerrahi mortalite ve postoperatif komplikasyonlar açısından olumlu sonuçlarına katkısını artıracaktır.

Materyal ve Metod: Perkütan nefrolitotomi (PCNL) operasyonu yapılacak 18-60 yaş arasında, BMI< 30, ASA I-II olan 40 hasta çalışmaya dahil edildi. Bilinen bir kardiyak hastalığı (kardiyak ritim bozukluğu, kalp kapak hastalığı, kardiyak cerrahi hikayesi, pacemaker veya implante kardiyak defibrilatör vb.) hikayesi olan, renal hastalığı olan, operasyon öncesi kolloid mayii kullanım hikayesi olan, vazoaaktif ve inotropik ilaç kullanım hikayesi olan hastalar çalışma dışı bırakıldı. Çalışmaya dahil edilen hastaların demografik verileri ve vital parametreleri kaydedildikten sonra hastalara radial arter kanülasyonu ile Mostcare cihazının monitörizasyonu sağlandı. Anestezi öncesi supin, litotomi ve pron pozisyonlarının kalp atış hızı (KH), sistolik, diastolik ve ortalama arter basınçları (MAP), kardiyak indeks (CI), kontraktilite (dP/dt max), arteryel elastans (Ea), verimlilik (CCE), *cardiac power index*(CPI), *stroke volum variation* (SVV) ve *pulse pressure variation*(PPV) parametreleri not edildi. Anestezi indüksiyonundan sonra inhaler anestezi idamesinde supin, litotomi ve pron pozisyonuna alınıp MAP, KH, CI, CCE, dP/dTmax, Ea, CPI, SVV, PVV gibi

PRAM parametreleri kaydedildi. Elde edilen veriler anestezi öncesi elde edilen veriler ile istatistiksel olarak analiz edildi.

Bulgular: Hastaların demografik verileri değerlendirildiğinde hastaların yaş ortanca değerleri 46 [38-57] ve BMI ortanca değerleri 27,35 [25,92-29,08] idi. Supin pozisyonunda uyanık ve genel anestezi sırasında hastalarda MAP, KH, CI, CCE, dp/dT ve CPI parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardı($p<0,05$). Ea parametresinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi($p>0,05$). Map, CI, CCE, CPI, dp/dt verilerin ortalama değeri azaldı. Litotomi pozisyonunda uyanık ve genel anestezi sırasındaki hastalarda MAP, CI, CCE, dp/dT ve CPI parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu($p<0,05$). KH, Ea parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi($p>0,05$). MAP, CI, dp/dt, CPI verilerinin ortalama değeri azalırken CCE değeri artış gösterdi. Prone pozisyonunda uyanık ve genel anestezi altındaki hastalarda MAP, CI, dp/dT ve CPI arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardı($p<0,05$). KH, CCE ve Ea parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi. MAP, CI, dp/dt, CPI verilerin ortalama değerleri azaldı. PPV ve SVV verileri uyanık hastalarda doğruluğu düşük olduğundan karşılaştırılmaya dahil edilmedi. Genel anestezi öncesi uyanık olarak supin, litotomi ve pron pozisyonlar arasında yapılan değerlendirmelerde CI, SVI, CCE, dP/dTmax, Ea ve CPI değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görüldü($p<0,05$). MAP ve KH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi($p>0,05$). Genel anestezi altında bakılan supin, litotomi ve pron pozisyonları arasında yapılan değerlendirmelerde KH, SVI, Ea, PPV, SVV parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görüldü($p<0,05$). MAP, CI, CCE, dpP/dTmax ve CPI değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi($p>0,05$).

Sonuç: Supin, litotomi ve pron pozisyonları karşılaştırıldığında fizyolojiye en yakın pozisyonun supin pozisyonu olduğu, litotomi pozisyonunun ön yük etkisinin kısa süreli olduğu, pron pozisyonunda sistemik vasküler direnç artışının kardiyovasküler sistemi olumsuz etkileyecek düzeyde olmadığı ve genel anestezinin hemodinami üzerinde depresan etkisi gösterildi.

Anahtar Kelime: Cerrahi hasta pozisyonu, hemodinami, basınç kayıt analitik yöntemi, Mostcare.

ABSTRACT

Different Surgical Positions Under Percutaneous Nephrolithotomy Surgery Effect of Pulse Contour Analysis Parameters

Evaluation

Aim: Hemodynamic monitoring of patients is very important both in the perioperative period and in the intensive care period. In recent years, the emergence of the concept of 'perioperative hemodynamic optimization', which is defined as a series of preventive interventions on the targeted cardiovascular system, and the positive results in terms of surgical mortality and postoperative complications in many studies have increased the importance of hemodynamic monitoring. In our study, we aimed to evaluate the effects of different surgical positions on pulse contour analysis parameters under percutaneous nephrolithotomy surgery. In this study, examining the effect of patient position on the cardiovascular system with the MostCare system using the PRAM method will increase both the possibility of targeted intervention for perioperative hemodynamic optimization and the contribution of this intervention to the positive results in terms of surgical mortality and postoperative complications.

Materials and Method: 40 patients between the ages of 18-60, BMI < 30, and ASA I-II, who would undergo percutaneous nephrolithotomy (PCNL) operation were included in the study. Patients with a known cardiac disease (cardiac arrhythmia, heart valve disease, history of cardiac surgery, pacemaker or implanted cardiac defibrillator, etc.), renal disease, preoperative colloid fluid use, vasoactive and inotropic drug use were excluded from the study. After recording the demographic data and vital parameters of the patients included in the study, the Mostcare device was monitored with radial artery cannulation. Heart rate (HR), systolic, diastolic and mean arterial pressures (MAP), cardiac index (CI), contractility (dP/dt max), arterial elastance (Ea), efficiency (CCE), stroke volume variation (SVV) and pulse pressure variation (PPV) parameters of supine, lithotomy and prone positions before anesthesia were noted. After anesthesia induction, PRAM parameters such as MAP, HR, CI, CCE, dP/dTmax, Ea, SVV, PVV were recorded by being placed in the supine, lithotomy and prone positions during inhaler anesthesia maintenance. The data obtained were statistically analyzed with the data obtained before anesthesia.

Findings: When the demographic data of the patients were evaluated, the median age of the patients was 46 [38-57] and the median BMI value was 27.35 [25.92-29.08]. There was a statistically significant difference in MAP, HR, CI, CCE, dp/dT and CPI parameters in the supine position during awake and general anesthesia ($p<0.05$). There was no statistically significant difference in the Ea parameter ($p>0.05$). Median value of Map, CI, CCE, CPI, dp/dt data decreased. Statistically significant differences were found in MAP, CI, CCE, dp/dT and CPI parameters in patients awake in the lithotomy position and during general anesthesia ($p<0.05$). There was no statistically significant difference in HR, Ea parameters ($p>0.05$). Median value of MAP, CI, dp/dt, CPI data decreased while CCE value increased. There was a statistically significant difference between MAP, CI, dp/dT and CPI in the prone position awake and under general anesthesia ($p<0.05$). No statistically significant difference was observed in HR, CCE and Ea parameters. The mean values of MAP, CI, dp/dt, CPI data decreased. PPV and SVV data were not included in the comparison due to low accuracy in awake patients. A statistically significant difference was observed in CI, SVI, CCE, dP/dTmax, Ea and CPI values in the evaluations made between supine, lithotomy and prone positions while awake before general anesthesia ($p<0.05$). There was no statistically significant difference in MAP and HR values ($p>0.05$). A statistically significant difference was observed in the HR, SVI, Ea, PPV, SVV parameters in the evaluations made between the supine, lithotomy and prone positions under general anesthesia ($p<0.05$). There was no statistically significant difference between MAP, CI, CCE, dpP/dTmax and CPI values ($p>0.05$).

Results: When the supine, lithotomy and prone positions were compared, it was shown that the supine was the closest to the physiology, the preload effect of the lithotomy position was short-lived, the systemic vascular resistance effect of the prone position was not at a level that would adversely affect the cardiovascular system, and the depressant effect of general anesthesia on hemodynamics.

Keywords: Surgical patient position, hemodynamics, pulse pressure control analysis, Mostcare.

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Hastaların hemodinamik izlemi gerek peroperatif dönemde gerekse yoğun bakım döneminde çok önemlidir. Özellikle ileri kalp yetmezliği, ciddi böbrek hastalığı olan kritik ve/veya yüksek riskli cerrahi geçiren hastalarda vazgeçilmezdir. Son yıllarda hedefe yönelik kardiyovasküler sistem üzerinde bir dizi önleyici müdahale olarak tanımlanan ‘perioperatif hemodinamik optimizasyon’ kavramının ortaya çıkması ve birçok çalışmada cerrahi mortalite ve postoperatif komplikasyonlar açısından olumlu sonuçlarının gösterilmesi hemodinamik izlemin önemini daha da artırmıştır. Mevcut ek hastalıklar ve cerrahi operasyon çeşidi hemodinamiyi etkileyen faktörlerin başında geldiği gibi hasta pozisyonu da önemli etkenlerdendir. Hastaya verilen pozisyon, dolaşım ve solunum sistemine önemli derecede etki yapar. Kardiyovasküler sistemdeki bu etki özellikle yerçekimi etkisiyle venöz dönüş değişiklikleri ve kompensatuar refleks mekanizmaların doğrudan veya dolaylı tepkilerine bağlıdır.

Hemodinamik izlem için çeşitli yöntem ve cihazlar mevcut olmasına rağmen MostCare sistemi (Vygon, Écouen, Fransa), nabız dalga analiz yöntemini kullanan hem minimal invaziv, hem kalibre ihtiyacı olmayan hem de yüksek doğrulukla seçkin bir yöntemdir.

Böbrek taşları (nefrolitiazis), renal kalikslerde ve pelviste serbest veya renal papillaya yapışık olarak bulunan mineral birikintileridir. Taş oluşumu oldukça yaygın olup %14,8'e varan oranlardadır ve bu oran artmaktadır. İlk taş atağından sonraki ilk 5 yıl içinde tekrarlama oranı %50'ye kadar çıkmaktadır. Semptomatik böbrek taşlarının tedavisinde açık cerrahi litotomi yerini minimal invaziv tedavilere özellikle perkütan nefrolitotomi (PCNL) yöntemine bırakmıştır ki bu da hasta morbiditesinde azalma, taşsızlık oranlarında iyileşme ve daha iyi yaşam kalitesi sağlamıştır. PCNL operasyonu özellikle pron; seçilmiş hastalarda supin, modifiye supin ya da flank pozisyonlarında gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışmamızda perkütan nefrolitotomi cerrahisi altında farklı cerrahi pozisyonların, nabız kontur analiz parametreleri üzerine etkisinin değerlendirilmesini amaçlandı. Bu çalışmada hasta pozisyonunun kardiyovasküler sisteme etkisi MostCare sistemi (Vygon, Écouen, Fransa) gibi minimal invaziv ve yüksek doğruluklu bir

hemodinami izleme yöntemiyle incelenmesi hem perioperatif hemodinamik optimizasyon için hedefe yönelik müdahale imkanını hem de bu müdahalenin cerrahi mortalite ve postoperatif komplikasyonlar açısından olumlu sonuçlarına katkısını artıracaktır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Perkütan Nefrolitotomi Operasyonlarında Anestezi Yaklaşımı:

2.1.1. Hastaların Genel Özellikleri:

Böbrek taşları (nefrolitiazis) renal kalikslerde ve pelviste serbest veya renal papillaya yapışık olarak bulunan mineral birikintileridir. Kristal ve organik bileşenler içerirler ve idrar bir minerale göre aşırı doygun hale geldiğinde oluşurlar. Kalsiyum oksalat, çoğu taşın ana bileşenidir ve bunların çoğu, renal papiller yüzeyde bulunan Randall plakları adı verilen bir kalsiyum fosfat temeli üzerinde oluşur. Taş oluşumu oldukça yaygındır, %14,8'e varan oranlardadır ve bu oran artmaktadır. İlk taş atağın-
dan sonraki ilk 5 yıl içinde tekrarlama oranı %50'ye kadar çıkmaktadır. Obezite, di-
yabet, hipertansiyon ve metabolik sendrom; son dönem böbrek hastalığına yol açabi-
len taş oluşumu için risk faktörleri olarak kabul edilir (1).

Dört ana taş türü mevcut olup bileşenlerine göre adlandırılır. Kalsiyum taşları en yaygın olup tek başına veya CaOx ve CaP kristalleri halinde kombinasyon olarak ortaya çıkar. Böbrek taşlarının çoğunluğu monohidrat veya dihidrat olarak bulunan CaOx'ten oluşur. CaOx taşları küçük, dış yüzeyleri parlak ve genellikle hem COM hem de COD kristalleri içerir (2). CaOx taşı oluşumu çok adımlı bir süreç olup hi-
perkalsiüri, hiperoksalüri ve hipositratüri majör risk faktörleridir.

CaP esas olarak bazik CaP (apatit), kalsiyum hidrojen fosfat dihidrat (brüşit) veya trikalsiyum fosfat (whitlockite) olarak bulunur. Saf CaP taşları nadirdir (3). Apatit, böbrek taşlarında en yaygın kristaldir ve genellikle diğer kristal türleri, özel-
likle CaOx kristalleri arasındaki boşlukları dolduran toz halinde bir kütle-
dir. Whitlokite hem böbrek taşlarında hem de idrar çökeltilerinde çok nadirdir. Brusit sıklıkla böbrek taşlarında görülür ve radyal olarak düzenlenmiş ince bıçak benzeri kristallerden oluşan rozetler halinde bulunur. Hiperkalsiüri, hipositratüri ve artmış üri-
ner pH, CaP taşı oluşumu için başlıca risk faktörleridir (4).

Ürik asit taşları, tüm böbrek taşı vakalarının %8-10' unu oluşturur ve metabo-
lik sendromun ana bileşenlerinden olan obez ve insülin dirençli hastalarda orantısız
bir yaygınlık vardır. Kalsiyum taşı türlerinin aksine, aşırı asidik idrar (pH <5,5) ürik

asit nefrolitiazisinden sorumlu ana anormallik olarak kabul edilir (5). Düşük idrar pH'ında ürik asidin çözünmemesi ve dehidratasyona ek olarak, hiperürikozüri olarak bilinen aşırı idrar ürik asit atılımına yol açan durumlar da ürik asit taşı oluşumu ile ilişkilendirilmiştir. Bu yüksek seviyeler, pürinden zengin gıdaların diyetle aşırı alınımından veya gut gibi durumlarda olduğu gibi endojen ürik asit aşırı üretiminden kaynaklanabilir (6). Artan pürin katabolizması (miyeloproliferatif hastalıklar, kemoterapi tedavisi) ve ürik asidin renal reabsorpsiyonunu önleyen ilaçların kullanımı da katkıda bulunan etkenlerdir.

Enfeksiyon taşları olarak da bilinen strüvit taşları, tüm taş vakaların %7-8 'ini oluşturur ve tipik olarak Proteus veya Klebsiella gibi üreaz üreten organizmalarla enfeksiyona ikincil artan amonyak üretiminden kaynaklanır ki sonrasında alkali idrar, magnezyum amonyum fosfat heksahidrat kristallerinin oluşumuna yol açar (7). Struvit ve ilişkili karbonat apatit kristalleri, böbrek pelvisini ve böbrek kalikslerini kaplayan boynuz benzeri çıkıntıları için uygun şekilde adlandırılan geyik boynuzu taşları olarak adlandırılan büyük taşlara hızla büyüyebilir. Tarihsel olarak yüksek ölüm oranıyla ilişkilendirilse de, strüvit taşları ile bunların ilişkili olduğu enfeksiyonlar ve ürosepsis günümüzde antibiyotiklerle ve cerrahi müdahale ile tedavi edilebilir. Modern çağda, bu taş türleri, özellikle bağışıklığı baskılanmış kişilerde ve taş çıkarma işlemi tam yapılmamış kişilerde nüksetme üstünlükleriyle iyi bilinmektedir. Struvit taşları, sferulitik karbonat apatit kristalleri ile kaplanmış ve genellikle bakterileri içeren hücresel enkazla karıştırılmış ortorombik 'tabut kapağı' şeklindeki strüvit kristallerinin büyük kümeleridir(8) .

Sistin taşları bir aminoasit olan sistinin renal taşıyıcısındaki otozomal resesif bir kusurun sonucu olarak oluşur(9). Sistin geri emiliminin olmaması idrarla sistin atılımının artmasına neden olur. Normal idrar pH'ında, sistin çözünmez ve tekrarlayan böbrek ve mesane taşları oluşturmak üzere toplanabilen sistin kristalleri oluşur. Sistin taşları kompakt, amber renkli, hafif opak ve homojen iç yapıya sahiptir. Taş ve idrar birikintilerinin daha fazla büyütülmesi, sistin kristallerinin benzersiz ve karakteristik altıgen yapısını ortaya çıkarır(3).

Böbrek taşı oluşumuna yönelik çeşitli modeller ileri sürülmesine rağmen "serbest parçacık" (kristallerin tübülde "Randall tıkaçları" oluşturduğu) ve "sabit par-

çacık" (taşların Randall plakları denilen plaklar üzerinde büyüdüğü) modelleri iki baskın mekanizmadır(10). Bu modeller, taşların nasıl başladığına dair olası modelleri kapsamına rağmen, tek bir model tüm taş hastalarındaki mekanizmalarda gözlemlenemeyip farklı birçok faktör katkıda bulunabilir. Model ne olursa olsun, çekirdeklenme ve kristal büyümenin kimyasal süreçleri, tüm taş türlerinin başlaması ve gelişmesi için gereklidir(11). Taş oluşumu çeşitli minerallerin kristalleşmesinde yer alan termodinamik itici gücü (aşırı doygunluk) ve kinetik süreçleri etkileyen faktörlerin anormal bir kombinasyonundan kaynaklanır.

Üriner taşı olan hastalar genellikle tipik reno-üreteral kolik ve daha az sıklıkla bel ağrısı ile başvurur; makroskopik hematüri, kusma ve ateş tabloya eklenebilir. Bununla birlikte hastalar asemptomatik de olabilir. Nefrolitiazis teşhisi ancak bir taş düştüğünde, çıkarıldığında, yok edildiğinde ve görüntüleme çalışmaları veya ameliyatla idrar yolunda tespit edildiğinde doğrulanır. Aksi takdirde, mevcut semptomların diğer olası nedenleri araştırılmalıdır.

Taş şüphesi olan hastaların detaylı bir anamnez ve fizik muayene ile değerlendirilmesi ilk sırayı almasına rağmen klinik tanı genellikle uygun görüntüleme ile desteklenmelidir. Renal ve üriner sistem ultrasonografisi kalikslerde, pelviste, piyeloüreterik ve vezikoüreterik bileşkelerde bulunan taşları doğrudan gösterebildiği gibi piyeloüreterik dilatasyon ve idrar ekstratraksiyonu gibi bir taşın dolaylı belirtilerini de tanımlayabilir. Gerçekten de, ultrasonografinin böbrek taşlarını %70'lik bir duyarlılık ve %94'lük bir özgüllükle saptadığı gösterilmiştir(12). Üreter taşları için ultrasonografinin duyarlılığı ve özgüllüğü sırasıyla %57,3 ve %97,5 şeklindedir(13). Düz batın röntgeni görüntülemesi, düşük tanısal performansı (duyarlılık ve özgüllük sırasıyla %44-77 ve %80-87) nedeniyle yan ağrısının değerlendirilmesinde çok tercih edilmemektedir(14). Bununla birlikte, düz batın röntgeni radyopak ve radyolüsent taşları ayırt etmede ve takibinde hâlâ önemli bir role sahiptir(15).

Ürolitiazis için tarihsel olarak altın standart görüntüleme tekniği olan intravenöz ürografi yerini; kontrast madde kullanılmaması ve hastaların %30'unda renal koliklerin idrar dışı nedenlerini tanıyabildiği için yeri, boyutu ve bileşimi ne olursa olsun üreter taşlarını belirlemede daha yüksek duyarlılığı ve özgüllüğü nedeniyle

kontrastsız BT' ye bırakmıştır(16). Ayrıca kontrastsız BT, ekstrakorporeal SWL işleminden önce taşın yoğunluğunu, iç yapısını ve cilt-taş mesafesini belirleyebilir(17).

Semptomatik böbrek taşlarının tedavisi, açık cerrahi litotomiden minimal invaziv endoürolojik tedavilere doğru evrilerek hasta morbiditesinde azalma, taşsızlık oranlarında iyileşme ve daha iyi yaşam kalitesi sağlamıştır(18).

Böbrek taşlarının tedavisinde Perkütan nefrolitotomi (PCNL) minimal invaziv cerrahi bir yöntemdir. İlk olarak Rupel ve Brown'ın 1941 yılında cerrahi olarak oluşturdıkları nefrostomi yoluyla taşı çıkarmalarını takiben 1976'da Fernstrom ve Johansson perkütan yoluyla 3 olguda özellikle taş kırma ve/veya çıkartma amacıyla bu işlemi başarılı bir şekilde yaptıklarını söylediklerinde PCNL yöntemini bulmuşlardı(19).

Perkütan nefrolitotomi (PCNL), genel olarak cilt ile böbrek arasında oluşturulan küçük bir kanaldan girilerek buradaki taşların tedavi edilmesi olarak tarif edilebilir. PCNL, staghorn böbrek taşlarında, 2 cm üzerindeki böbrek taşlarında ve çoklu böbrek taşlarında tercih edilen tedavi yaklaşımıdır (20). Böbrek taşlarının tedavisinde PCNL güvenli ve minimal invaziv bir yöntem olarak açık cerrahiye tercih edilen ve tıptaki teknolojik gelişmelerle birlikte standart bir yaklaşım halini almıştır.

Operasyon öncesi dönemde üriner sistem taşları için tüm hastalar taş oluşmasına yatkınlık yaratan önlenabilir ve/veya tedavi edilebilir sistemik hastalıklar açısından araştırılmalıdır. Distal renal tübüler asidozu için kan potasyum, sodyum, bikarbonat, klor değerlerine; primer hiperparatroidizm için kan kalsiyum, fosfor değerlerine; hiperürisemi için serum ürik asit değerlerine bakılmalıdır. Renal fonksiyonunu ve işlem sırasında opak madde kullanılabilirliğini değerlendirmek açısından serum kreatinin değerine bakılmalıdır.

Bütün hastalar; antiagregan ilaçlar (anti-salisilik asit, clopidogrel vb.), anti-coagülan ilaçlar (warfarin, heparin vb.) , nonsteroid anti-inflamatuar ve çeşitli ilaçları kullanımı açısından sorgulanmalıdır.

Gelişmiş üroloji merkezlerinde operasyon sırasında kan transfüzyon oranı % 1–10 şeklindedir(21). Birçok merkezde operasyon öncesi en az iki ünite kan hazırlanmaktadır. Anemi preoperatif dönemde araştırılmalı ve tedavi edilmelidir.

İdrar tetkiki ve kültürü rutin olarak alınmalıdır. Üreaz aktivitesiyle üreyi parçalayan Proteus türleri gibi organizmaların kültürde üremesi strüvit taşının tanısında destekleyici olur. Struvit taşı düşünüldüğünde ve/veya idrar yolu enfeksiyonu durumunda en az 2 hafta oral antibiyotik tedavisi önerilmektedir. Bir çalışmada büyük taşı ve toplayıcı sistem dilatasyonu olan hastalarda rutin siprofloksasin uygulamasının idrar kültüründe üreme olmasa dahi operasyon sonrasında üriner sistem enfeksiyonu ve ürosepsis riskini azalttığı belirtilmiştir(22).

2.1.2. Operasyon Safhaları ve Hasta Pozisyonları:

PCNL operasyonu nöroaksiyel ve lokal anestezi altında yapıldığı olgular bildirilse de genellikle genel anestezi altında uygulanır(23). Operasyon genellikle kontraendike bir durum söz konusu değilse hasta pron pozisyonunda iken gerçekleştirilir. Bu pozisyona obez veya pron pozisyonunda iken ciddi karın içi basınç artışı oluşacak hastalarda dikkat edilmesi gerekir ki bu tür olgularda pron pozisyonu kardiyolojik ve/veya solunumsal sıkıntılar oluşturabilir(24). Bundan dolayı PCNL operasyonu bu tür vakalarda supin, modifiye supin ya da flank pozisyonlarında gerçekleştirilebilir. Son yıllarda sadece obez hastalarda değil her türlü vakalarda supin pozisyonunda gerçekleştirilen PCNL operasyonlarında artış söz konusudur. Supin pozisyonunda PCNL'

den ilk kez Valdivia ve arkadaşları tarafından bahsedilmiştir(25). Daha sonra farklı pozisyonlar tarif edilmesine karşılık yapılan çalışmalarda bu alternatif farklı pozisyonlarda yapılan PCNL ile pron pozisyonunda yapılan PCNL arasında taşsızlık ve komplikasyon oranları, kan kaybı miktarları ve hastanede kalış süreleri bakımından önemli bir avantaj bulunmazken sadece operasyon süreleri bakımından supin pozisyonu lehine anlamlı fark ortaya konulmuştur(26). Bununla birlikte supin pozisyonunda PCNL operasyonları gerçekleştirmek için uzun bir öğrenme dönemi gerekmektedir. Supin pozisyonunda PCNL yapan cerrahlar araştırıldığında hepsinin uzun süreli pron pozisyonunda PCNL tecrübelerinden sonra supin pozisyonuna geçtikleri görülmektedir.

Öncelikle hastaya litotomi pozisyonunda sistoskopi yapılarak operasyon planlanan taraftaki üretere iki ucu açık ureter kateteri koyulur. Bu kateter PCNL yöntemi sırasında böbreğe kontrast madde veya hava infüzyonunu mümkün kılar. Ayrıca böb-

reğ e girdikten sonra bu kateterden gönderilen kılavuz teli böbrek içinden alarak *through-through* denilen bir ucu üretradan diğer ucu böbrekten dışarı çıkan tel aracılığıyla güvenli yol sağlanmış olur. İki ucu açık üreter kateteri genellikle supin pozisyonunda anestezi uygulandıktan sonra yerleştirilir. Üreter kateteri yerleştirildikten sonra çok dikkatli bir şekilde hasta çevrilerek pron pozisyonuna gelecek şekilde ameliyat masasına alınır. Hastaya pozisyon verme hem zor hem de çok dikkat edilmesi gereken bir işlemdir. Anestezist, cerrah ve yardımcı personel ekibi ile koordineli çalışılması gerekir. Entübasyon tüpünün çıkmamasına, ekstremit e ve yüz yaralanmalarına dikkat edilmesi gerekir. Üreter kateteri koyulduktan sonra üretral sonda da yerleştirilip üreter kateteri sondaya tespit edilirse hasta pron pozisyonuna getirilirken çıkması önlen ebilir. Bazı merkezlerde hasta pron pozisyonunda masaya alınıp anestezi uygulandıktan sonra fleksibl sistoskop ile hastanın pozisyonu değiştirilmeden kateter üretere koyulur(24). Bununla birlikte PCNL operasyonu supin veya flank pozisyonlarında uygulanırsa bu tür zorlukları yaşamaya gerek kalmadan aynı pozisyonda kolaylıkla üreter kateteri hastaya yerleştirilebilir. Üretral sonda aynı zamanda ameliyat sırasında mesanenin dekompresyonunu mümkün kılar. Üreter kateterinden kontrast madde vermek veya kılavuz tel göndermek için steril alana alınması gerekir. Bu yüzden hastaya pozisyon verdikten sonra üretral sondayı üreter kateterinden ayırmak için tespit kesilir. Serbest kalan üreter kateteri, özellikle DJ kateter ya da *reentry* kateter yerleştirileceğ i sırada geri çekmek için önem arz etmektedir. Hastaya pron pozisyonu verildiğ inde özellikle akciğ ere ve kadınlarda meme kısımlarına bası olmasın a için yan kısımları silikon yastıklarla desteklenmelidir. Dizler, bilekler ve ayakların alt kısımları yastık konulur, desteklenir ve güvene alınır. Tüm hastalar lumbal ve genital bölgeleri antiseptik solüsyonlarla boyandıktan sonra yapışkan, irrigasyon sıvılarını kendiliğ inden toplayan torbalı örtü ile örtülür. Buna benzer örtüler bulunmazsa daha önceden steril edilen çöp poşetlerini sıvıyı toplansın diye hastanın üzerine örtülen yeş il örtülere yapışkan drapler ile yapıştırılıp bu şekilde kullanılabilir. Özellikle çocuk hastalarda olmak üzere hastaların ameliyat alanı dışında kalan bölgelerinin radyasyondan muhafaza edilmesi gerekir. Bu amaçla kullanılan kurş un yelekler özellikle çocuklarda akciğ er ve genital bölgeleri kapsayacak şekilde masa ile hasta arasına ayrı ayrı konumlandırılır. Ayrıca ameliyathane odasında bulunan herkesin kendini radyasyondan muhafaza etmek için kurş un yelek ve tiroid koruyucu ekipman

kullanması gerekir. Ameliyatı yapacak cerrahın da radyasyon korumalı eldiven ve koruyucu gözlük kullanmasında oldukça fayda vardır.

Başarılı bir PCNL operasyonunun en önemli aşamalarından birisi doğru yerden ve doğru bir şekilde akses (giriş) işleminin uygulanmasıdır. Genellikle ilk girişler cerrahlar tarafından gerçekleştirilmesine rağmen bazı merkezlerde radyologlar bu işlemi uygulamaktadır. Watterson ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada başarısız ve komplikasyonlu giriş radyologlar tarafından yapıldığında %27 civarında iken bu oran cerrahlar girişi uyguladığında %8'e düşmektedir. Ayrıca girişi radyologlar uyguladığında taşsızlık oranı %61 iken cerrahlar uyguladığında %86'a ulaşmaktadır(27). Tomaszewski ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise, komplikasyon oranları her iki grupta benzer iken taşsızlık oranları girişi cerrahların yaptığı grupta anlamlı bir şekilde fazla bulunmuştur(28). Yöntem için en kolay ve en güvenilir yolun seçimi çok önemlidir. Tercih edilen yöntem posterior kaliks yoludur. Posterior kaliksler özellikle böbreğin anterior ve posterior arter dallarının arasındaki damarsız alana doğru yöneliktir (Brodel'in kansız insizyon hattı). Posterior kaliks boyunca izlenen bir yol, böbrek arterinin büyük dallarının hasarlanmasını önler. Böylece renal pelvisi kuşatan büyük damarsal yapılardan kaçınıldığı gibi transparankimal giriş kateterin uygun bir şekilde sabitlenmesini sağlamaktadır. Anterior kaliksten pelvise giriş yolu, kılavuz telin geriye doğru yönlendirilmesini gerektirdiğinden teknik açıdan daha zordur. Renal pelvise doğrudan giriş yolu, renal arterin posterior dalının bariz hasarlanma riskini taşıdığından uzak durulmalıdır. Genellikle iğne giriş yolu ne kadar medial olursa renal arterin büyük dallarının hasarlanma riski de o kadar fazlalaşır. Ayrıca böyle bir giriş yolu parankimal destek alamayacağından nefrostomi tüpünün sabitlenmesinde zorluk yaşanacaktır. Anterior veya posterior kaliksin tam olarak belirlenmesi zor olabilir. Posterior kaliks, retrograd olarak kontrast madde verildiğinde anterior kalikse göre daha hipodens görünür ve üreter kateterinden hava uygulandığında pron pozisyonundaki hastada daha çok posterior kaliksi doldurmaktadır(29). Özellikle anterior kaliksler daha lateral yerleşimli iken posterior kaliksler daha medial yerleşimlidir. Bütün yaklaşımlar için geçerli genel kural, rijid nefroskopi sırasında olabildiğince daha fazla taşın alınmasına müsaade eden giriş şeklidir. Alt pol giriş yöntemi daha az komplikasyona neden olduğu için, üst pol giriş için özellikle gerek olmadıkça alt polden (ya da orta polden) giriş yöntemi yapılması tercih edilir. İdeal

yöntem kalikse 12. kot altından ulaşan en kısa yoldur. Böbreğe giriş için çeşitli yöntemler kullanılabilir. En sık kullanılan teknikler arasında tek planlı giriş, iki planlı giriş ve triangulasyon teknikleri sayılabilir.

Tek planlı giriş özellikle tecrübeli cerrahlar tarafından tercih edilir. Hasta pron pozisyonuna alındığında C kollu röntgen cihazı 90° de dolayısıyla düz konumdadır . Cerrah gireceği kaliksi konumlandırır. Direkt taş görüntüsü odaklanmayacaksa üreter kateterinden opakt madde verilir ve kaliksler görüntülenir, girilecek kaliks odaklanacaksa iğne uygun cilt bölgesinden hasta ile 30° açı oluşturacak şekilde hedefe yönlendirilir. Böbreğe girildiği hissedilir ve görüntüde böbrek ile iğnenin hareketinden dolayı böbrek içinde bulunduğu fark edilir. İğnenin iç kılıfı çıkarılarak idrar gelip gelmediği kontrol edilir veya üreter kateterinden steril sıvı (serum fizyolojik) gönderilerek iğneden gelip gelmediği kontrol edilir. Böbrek kaliksi içinde olduğuna kanaat getirilirse rehber tel gönderilir ve böbrek içinde konumlandırılır. Asıl olan rehber telin üretere yerleştirilmesidir ki bu her zaman mümkün olmayabilir.

Biplanar giriş tekniğinde ise; C-kollu cerraha doğru yaklaşık 30° açı yaptırılır. Bu rotasyon C-kollunun ekseninin böbrekle aynı düzlemde görüntülenmesine neden olarak posterior kalikslerin doğrudan 90° görünümünü elde edilir. Kaliks tespit edildikten sonra cilt alanı bir hemostatla işaretlenir, iğne ile girilmesi gereken kaliks hedeflendikten sonra 30°'lik skopi ile aynı düzleme getirilerek iğnenin nokta biçiminde görüntülenmesi sağlanır. Floroskopi ekranındaki bu görüntüye benzerliği nedeniyle “boğa gözü işareti” denir. İğne bu yönde ilerletilir daha sonra skopi dik konuma getirilerek iğnenin böbreğe mesafesi tespit edilir ve iğne uygun biçimde böbreğe yerleştirilir.

Triangulasyon tekniği ise özellikle üst kalikse girişte en sık kullanılan tekniklerden biridir. C Kollu hastanın üzerinde dik açı (90°) pozisyonuna getirilir ve bu pozisyonda iken cilt alanında bir pensle giriş yapılması için seçilen kaliks işaretlenir. Bu plan istenilen kalikse iğne girişinin medial mesafesini gösterir. Daha sonra C-kollu cerraha doğru 30° çevrilerek posterior kaliksin dik görüntüsüne ulaşılır ve 30°'de iken kaliksin üzerindeki cilt bölgesi ilk bölgenin daha lateralinde olmak üzere işaretlenir. Cerrah cilt yüzeyindeki bu işareti kullanarak 12. kaburganın yaklaşık 2 cm altına kadar ilerler ve 3. nokta işaretlenir ki bu nokta iğne girişi için kullanılır.

İğne bu noktadan vertikal düzlem ile 30°'lik birleşme noktasına kadar ilerletilir. Böylece 3 eksenin merkezinde böbreğe giriş sağlanır.

Sonraki aşama dilatasyon işlemidir. Dilatasyonun her zaman kılavuz tel üzerinden uygulanması gereklidir. Traktın dilatasyonunda balon dilatatörler, metal teleskopik dilatatörler ve semirijid amplatz dilatatör gibi farklı yöntemler kullanılabilir. Dilatasyondan sonra böbrek içine kılıf ve onun içine de nefroskop yerleştirilir. Sonrasında taş kırma işlemine geçilir. Bu işlem için pnömotik, ultrasonik, elektrohidrolik veya lazer gibi taş kırma yöntemleri kullanılabilir.

PCNL işlemi tamamlandıktan sonra nefrostomi tüpü ve üreteral double-J (DJ) stent yerleştirilmesi standart bir uygulama olarak kabul edilir. Nefrostomi tüpü, üriner staz ve sızıntıyı önleyerek yeterli renal drenaj sağlar. Ayrıca trakt kanamasında tamponad ve ikinci bakış prosedürü için daha kolay bir yöntem sağlayabilir. DJ stentin avantajları sadece yeterli renal drenaj değil, ayrıca rezidüel taşın neden olduğu üreter stazını önlemeyi de içerir. Ancak nefrostomi tüpü ve DJ stentin dezavantajları da vardır. Nefrostomi tüpü hastalarda analjezik gereksinimine ve hastanede kalış süresinin uzamasına neden olur. Postoperatif dönemde DJ stent sistoskopi ile çıkarılmalıdır. Nefrostomi tüpünün neden olduğu ağrıyı azaltmak için postoperatif peritubal analjezik infiltrasyonu, daha ince bir nefrostomi tüpü yerleştirmek gibi çeşitli seçenekler kullanılabilirken tüpsüz PCNL de seçili hastalar da bir yöntemdir(30).

PCNL işleminde görülebilecek en sık komplikasyonlar; kanama, ateş, ekstrasvazasyon ve üriner perforasyon, böbrek dışı organ yaralanması, sepsis, arterovenöz fistül ve psödoanevrizma şeklinde sıralanabilir.

PCNL'nin çeşitli böbrek taşlarının minimal invaziv cerrahi tedavisinde altın standart haline gelmesinde operasyon süresi, taşsızlık oranları, kanama miktarı, analjezi ihtiyacı, hastanede yatış süresi ve komplikasyonlarda avantaj sahibi olmasına rağmen karşılaştırmalı çalışmalar halen devam etmektedir(31).

2.2. Hasta Pozisyonunun Hemodinamik Etkileri:

Operasyon masasında hastaya uygulanacak pozisyon, operasyon yerine ve cinsine göre, cerrah ve anesteziist koordinasyonu ile düzenlenir. Hastanın operasyon masasındaki pozisyonu cerrahi işlemi kolaylaştırmalı, ancak hastaya zararlı olabile-

cek pozisyonlara da asla izin verilmemelidir. Pozisyonlar fizyolojik değişimler göz önünde tutularak yapılırsa, hastanın güvenliği daha iyi sağlanmış olur.

Hasta pozisyonlarını ve özellikle pozisyon fizyolojisini incelediğimizde, karşılaşılabilecek durumları ve buna bağlı olarak meydana gelebilecek komplikasyonları önlemek için alınması gereken önlemleri daha iyi analiz etmiş oluruz.

Hasta pozisyonunda en etkili etken yer çekimidir. Hastaya verilen pozisyon, dolaşım ve solunum sistemi üzerinde önemli derecede etki yapar. Bu etkiler dolaşım sisteminde daha çok venöz dönüş değişikliklerin ve kompensatuar refleks mekanizmaların doğrudan veya dolaylı tepkilerine bağlıdır.

Pozisyona bağlı refleks mekanizmaları çalıştıran durumlar genel olarak; anormal intratorakal, intrapulmoner, intraabdominal basınç artışı, solunum sisteminin baskılanması, kas tonusunda azalma, otonomik sinir sistemi kontrolünün azalması veya ortadan kalkması, duyu ve somatik reflekslere olan reaksiyonun azalması veya ortadan kalkması, kanama ve travmalar şeklinde sıralanabilse de daha karmaşık ve kompleks olabilir. Genel olarak baş yukarı pozisyonda solunumda, baş aşağı pozisyonda ise dolaşımda rahatlık sağlanır.

Supin pozisyonda hem dolaşım hem de solunum sistemi fizyolojik olarak en mükemmel durumdadır. Bu pozisyon hem uyanık, hem anestezi altındaki sağlıklı insanlarda en iyi tolere edilen pozisyonudur.

Hastaya bir defa pozisyon verildikten sonra ve mevcut pozisyon korunduğu süreçte, vücutta hasta lehine bazı değişiklikler yapan faktörler de vardır. Bunlar venöz dönüşü ayarlayan faktörler, yerçekimine karşı olan baroreseptörler, vagal fonksiyonlar, Hering-Breuer ve Bainbridge reflekleri, vagal apne, Harrison- Marsch refleksi ve mekanik ayarlamalar şeklinde sıralanabilir.

Kalbin atım hacmi ve normal arter basıncının devam ettirilmesinde venöz dönüşün önemli etkisi olduğu gibi venöz dönüşü etkileyen birçok faktör de mevcuttur. Bunlar arasında dolaşıma iletilen itme ve çekme kuvvetini sağlayan kalbin kontraktibilitesi, damar duvarlarına destek vazifesi görerek kanın ileriye itilmesini sağlayan kas tonusu, damar sisteminde emme ve itme etkisi yapan aktif solunum fonksiyonu (derin anestezi, interkostal kasların zayıflaması, artmış karın içi basıncına bağlı

olarak diyaframın fazla yükselmesi bu fonksiyonunun baskılanmasına neden olur) sayılabilir. Kapiller tonus ve vazopressor aktivite de önemli etkenler arasındadır. Bu fonksiyon kontrolü de otonomik sinir sistemine ait olup, vazomotor tonusite ile düzenler. Splanknik alandaki kapiller damarların tonusunu kontrol ederek bu alandaki kanın fazla birikmesini önlerken, diğer alanlarda etkili bir dolaşım hacmi sağlar. Karotis sinüs ve aort arkusunda bulunan reseptörlerle kandaki basınç ve kimyasal değişikliklere cevap olarak oluşan kimyasal ve mekanik refleksler diğer etkenler arasında yer alır.

Sağlıklı insanlarda baş yukarı pozisyonda iken az çok ama mutlaka kardiovasküler değişiklikler meydana gelir. Kalp hızı artar ve kalp hacminde azalma olur. Kalp debisi sabit kalır veya azalır. Arteriovenöz oksijen farkı yükselir. Sistolik basınçta azalış, diastolik basınçta artış gözlenir. Bu değişiklikler özellikle yer çekimi ve kanın hidrostatik yer değiştirmesi ile doğrudan ilişkilidir ve bu durum Asmussen tarafından «Fizyolojik ödem» diye tarif edilmiştir. Ayrıca Asmussen'e göre yataydan dikeye ve dikeyden yataya geçişte kan hacminde yaklaşık 600 ml fark olur. Bu değişikliklerin şiddeti pozisyonun açısına ve hastanın dolaşım dinamiklerine göre değişir.

Baş aşağı pozisyon verilen sağlıklı kişilerde arkus aortadaki baroreseptörlerden kalkan uyarılara refleks yanıt olarak kalp hızı yavaşlar, yer çekimi etkisiyle kalbe dönen kan miktarının artmasına bağlı olarak venöz basınç artar, ancak sistolik basınçta hafif artma ve diastolik basınçta hafif azalma görülür veya sabit kalır. Ayrıca serabral venöz basınçta artma ve serabral kan akımında azalma görülür. Baş aşağı pozisyonda açının miktarına bağlı olarak, kalbin kan hacminde bir artma olur ve vena kava süperiordaki kan hacmi artar. Miyokard hasarı olan kalp hastalarında, ileri derecede baş aşağı pozisyonu akut kardiak dilatasyon meydana getirebilir.

Supin pozisyon en sık kullanılan ve en az travmatik olan pozisyonudur. Ancak bu pozisyonda, ayakta veya oturur pozisyona göre venöz basınçtaki artma daha fazladır. Bu durum kalp hastalığı olan kişilerde pulmoner ödem oluşmasını kolaylaştırır. Bu yüzden hastada dispne, ortopne, proksimal nokturnal ortopne mevcutsa bu hastalarda pulmoner konjesyon ihtimali de yüksektir; supin ve baş aşağı pozisyonları ile pulmoner konjesyon daha da artacaktır.

Litotomi pozisyonunda bacakları yatay düzlemde kaldırmak, vücudun alt kısmındaki kanın merkezi dolaşım alanına ve özellikle kalp boşluklarına doğru yer çekimi etkisiyle transferine neden olur ve bu durum venöz rezervuarda bulunan gerilmemiş kan hacminin bir kısmını alır ve gerilmiş hacme dönüştürür. Buna karşılık litotomi pozisyonu venöz dönüş için itici basınç olan ortalama dolaşım basıncındaki artış yoluyla sağ kardiyak ön yükü artırır. Sağ ventrikül ön yüke duyarlı ise, sistemik venöz dönüşteki artış, sağ kalp debisinde dolayısıyla sol ventrikül doluşunda artışa neden olduğu; ayrıca sol ventrikül diyastol sonu boyutunda ve mitral akışın E dalgasında artış gösterilmiştir (32-37). Bacak kaldırma sırasında sol ventrikül ejeksiyon zamanı, kalbe aktarılan kan hacminin sol kardiyak ön yükü artırmak için yeterli olduğuna dair kanıtları destekler. Bununla birlikte, sağ kalbin ön yük rezervi sınırlıysa, sağ kardiyak ön yükteki artış sol ventriküle doğru artan bir akışa neden olmamalıdır ve bu gibi durumlarda litotomi sol taraf ön yükü artırmamalıdır. Bu nedenle, sağ ön yük ve sol ön yük belirteçlerinin bacak kaldırma pozisyonuna yanıtı farklı olabilir.

Litotomi pozisyonunda bacak kaldırma sol ventrikül ön yük artışına ve sol ventrikül ön yük rezervinin derecesine bağılı olarak kalp debisinde bir artışa neden olabilir. Bununla birlikte bazı çalışmalarda pozisyon uzadığında pozisyonun kalp debisi üzerindeki etkisinin devam etmediğı de belirtilmiştir(38). Septik şok hastalarında kapiller sızıntı bu zayıflamayı açıklayabilir. Dolaşım yetmezliğı olan kritik hastaları içeren başka bir çalışmada, "ön yüke bağımlı" hastalarda bacak kaldırma pozisyonu tarafından indüklenen inen torasik aorta kan akışındaki artışın birkaç saniye içinde meydana geldiğini ve yaklaşık olarak pozisyon verildikten 1 dakika sonra en fazla olduğu gösterilmiştir(39).

Litotomi pozisyonunda refleks yanıt ayrıca venöz rezervuarın toplanma yeteneğine de bağılı olabilir. Hipovolemik/kardiyojenik şok nedeniyle vazokonstriksiyon oluşan sistemde venöz rezervuar muhtemelen azalır ve pozisyon etkisi ile toplanan hacmin daha az olması beklenir. Bunun aksine, septik şok gibi vazodilatör durumu olan bir hastada, litotomi pozisyonu ile daha yüksek bir hacimde periferik dolaşım merkezi dolaşıma katılması beklenir. Bu hipoteze dayanarak, litotomi pozisyonunun teorik olarak hipovolemik hastalarda septik şoklu hastalara göre daha az merkezi hacmi artırdığı düşünülür. Bununla birlikte, yüksek hacim yanıtı olan dehidrate has-

talarda, ön yükte orta düzeyde bir artış bile kalp debisinde önemli bir değişikliğe neden olabilir(40).

Pron pozisyona getirilen hastalarda neredeyse evrensel bir bulgu kardiyak indekste (CI) azalmadır. Pron pozisyonunda ameliyat sırasında kardiyopulmoner hastalığı olan hastalarda en belirgin bulgu, kalp atış hızında çok az değişiklikle birlikte atım hacminde azalmayı yansıtan CI'de ortalama %24'lük azalma olmuştur (41). Sistemik vasküler direnç (SVR) artışı ve pulmoner vasküler direnç (PVR) artışına rağmen ortalama arter basıncı (MAP) korunduğu, hastaların çoğunda ortalama sağ atriyal veya pulmoner arter basınçlarında (PAP) herhangi bir değişiklik görülmediği gösterilmiştir(41). Pron pozisyonunda CI'deki azalma başka bir çalışmada da doğrulanmıştır(42). Buna rağmen lomber laminektomi yapılan hastalarda transözofageal ekokardiyografi kullanan bir çalışma hastalar supin pozisyonundan pron pozisyona alındığında santral venöz basıncın (CVP) biraz arttığını ancak, CI'nin değişmediğini göstermiştir(43).

Ancak, kullanılan pron pozisyonun çeşidine göre de bu bulguları etkileyebileceği görülmektedir. Doğrudan PAP veya IVC basınç izleme ile bel cerrahisi geçiren 21 hasta üzerinde yapılan bir çalışma düz pron pozisyonun dolaşım fonksiyonunu etkilemediği, ancak dışbükey bir eyer çerçevesindeki pozisyonun, IVC basıncında anlamlı bir artış olmadan CI ve atım hacmi indeksinde bir düşüşe neden olduğunu göstermiştir(44). Bu durumlarda, kalbin baş ve uzuvların üzerinde hidrostatik bir seviyede pozisyonunun kalbe venöz dönüşün azalmasına ve sonuç olarak CI'nin azalmasına neden olabileceği öne sürülmüştür. Yine bir çalışmada 20 sağlıklı, anestezi uygulanmamış gönüllüde dört farklı cerrahi eğilimli pozisyonun (göğüs ve pelvis altındaki yastıklardan karın serbest olarak, boşaltılabilir bir şilte üzerinde, modifiye edilmiş bir Relton-Hall çerçevesi üzerinde ve diz-göğüs pozisyonunda destekli) herhangi bir pozisyonunda kalp hızı veya MAP değerlerinde önemli bir değişiklik bulunmamış; ancak CI değeri diz-göğüs pozisyonu alındığında %20 ve değiştirilmiş Relton-Hall pozisyonu alındığında %17 azalmıştır(45). Yüzüstü jack-knife pozisyonunda, baş aşağı eğim, kalbe venöz dönüşte artışa buna bağlı olarak IVC'nin dekompresyonuna ve CI'nin supin değerlere dönmesine neden olmuştur(46). CI'deki düşüşün, baroseptör refleks yoluyla sempatik aktivitede bir artışa yol açan arteriyel dolumda bir azalmaya neden olan artmış intratorasik basınçlara bağlanabileceği öne

sürülmüştür. Bu teori ile uyumlu olarak, eğilimli hastalarda artmış sempatik aktivite (artmış kalp hızı, toplam periferik vasküler direnç ve plazma noradrenalin miktarı) ile birlikte azalmış atım hacmini gösteren çalışma da mevcuttur(47). Başka bir çalışmada venöz dönüşün azalmasına ek olarak, sol ventrikül kompliyansının da artmış intratorasik basınca bağlı olarak azalabileceğini ve bunun da kalp debisinde gözlenen azalmaya katkıda bulunabileceği belirtilmiştir(48).

Son çalışmalar, anestezi tekniğinin de pron pozisyonda hemodinamik değişkenleri etkileyebileceğini göstermiştir. Spinal cerrahi geçiren hastalarda total intravenöz anesteziyi (TIVA) inhalasyon anestezisiyle karşılaştıran bir çalışmada TIVA grubunda arteriyel basınçta daha fazla düşüş gözlenmiştir(49). Daha önce bahsedilen çalışmada inhalasyon ile intravenöz anestezinin karşılaştırılmasında, sırtüstü yatan ve daha sonra yüzüstü çevrilen hastalarda CI' da azalma ve SVR' de artış göstermiştir ki bu değişiklikler TIVA sırasında (%25.9) inhalasyon anestezisine (%12.9) göre daha fazla bulunmuştur(48).

İnferior vena cavanın(IVC) obstrüksiyonu, en azından yüzüstü pozisyonadaki bazı hastalarda kalp debisini azaltmada rol oynaması muhtemeldir. Bu tür bir tıkanıklığın spinal cerrahi sırasında artan kan kaybına katkıda bulunduğu da açıktır. Venöz drenajın tıkanması, kanı alternatif bir yoldan (genellikle Batson'un vertebral kolon venöz pleksusu) kalbe dönmesine zorlar. Bu damarlar ince duvarlı, çok az kas dokusu içeren veya hiç içermeyen ve az sayıda kapakçık içerdiğinden, basınçtaki herhangi bir artış hemen iletilir ve şişmeye neden olur. Bu durum muhtemelen (özellikle bel omurilik cerrahisi sırasında) kan kaybının artmasına ve cerrahi alanda zorluğa neden olabilir.

IVC obstrüksiyonu durumu iyi bilinmektedir ve kan kaybını azaltmak için lokal anestezik infiltrasyonu, spinal ve epidural anestezi ve bilinçli hipotansiyon gibi çeşitli yöntemler denenmiştir. Bir çalışmada IVC basıncı, karın serbest veya sıkıştırılmış durumdayken altı hastada ölçülmüş, tüm hastalarda abdominal kompresyon venöz basınçta büyük bir artışa neden olmuş (bir hastada 30 cm H₂O'nun üzerine çıkmış) . En az kompresyonla sonuçlanan pozisyon, göğsün altına büyük bir blok ve her bir anterior superior iliak çıkıntının altına küçük kum torbalarının yerleştirilmesini içeriyormuş(50). Ekspirasyon sırasında hiperkarbi ve herhangi bir basınç artışının

venöz basınçta artışa neden olduğu da kaydedilmiş. IVC basınçlarının karşılaştırılması, düz pron pozisyonundaki hastaların basınçlarının Relton-Hall çerçevesindeki hastalara göre 1,5 kat daha fazla olduğunu bulmuş ve bu durum karın boşluğunu serbestleştiren bir destek sisteminin faydasını gösterir. Aynı çalışma indüklenen hipotansiyonun IVC basıncı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını bulmuştur(51).

Özetle, bir hastayı pron pozisyona getirmenin kardiyovasküler fizyoloji üzerinde ölçülebilir etkileri vardır, bunların en belirginini CI'de azalmadır. Bu değişiklik çeşitli şekillerde azalmış venöz dönüş, arteriyel dolum üzerindeki doğrudan etkilere ve artan torasik basınca sekonder azalan sol ventrikül kompliyansına bağlıdır. Diğer hemodinamik değişkenler daha az etkilenmekte olup bunda bazı hastalarda pozisyon değişikliğine karşı artan sempatik tepki ve anestezi tekniği seçimi etkili olmuştur. IVC'nin obstrüksiyonu pron pozisyonun iyi bilinen bir komplikasyonudur ve herhangi bir derecede abdominal kompresyon ile şiddetlenebilir, bu da kalp debisinin azalmasına ve artmış kanamaya, venöz staza ve bunun sonucunda trombotik komplikasyonlara yol açabilir.

Lateral pozisyonda altta kalan uzuvlarda kanın toplanması ile hipotansiyon meydana gelebilir. Böbrek pozisyonlarında ve özellikle sağ böbrek pozisyonunda lumbal kanlanmanın artması ile vena cava inferior gerilir veya ön taraftan konulan bir destekle kolumna vertabralis arasında sıkıştırılırsa venöz doluş bozulur ve buna bağlı olarak da hipotansiyon meydana gelebilir.

2.3. Hemodinaminin Takibi ve Değerlendirme Yöntemleri:

2.3.1. Hemodinami Takibinin Amacı:

Hastaların hemodinami takibi gerek peroperatif dönemde gerekse yoğun bakım döneminde esastır. Hemodinamik izlem tıbbi ve teknolojik gelişmelerle birlikte, statik bir yaklaşımdan fonksiyonel bir yaklaşıma kaymıştır. Özellikle son yıllarda hedefe yönelik kardiyovasküler sistem üzerinde bir dizi önleyici müdahale olarak tanımlanan 'perioperatif hemodinamik optimizasyon' kavramının ortaya çıkması ve birçok çalışmada cerrahi mortalite ve postoperatif komplikasyonlar açısından olumlu sonuçlarının gösterilmesi hemodinamik izlemin önemini daha da artırmıştır(52-55). Ayrıca postoperatif hızlandırılmış iyileşme (ERAS) protokolleri de spesifik ve özelleştirilmiş komorbiditelere veya mevcut patolojilere göre bireyselleştirilmiş hemodi-

namik parametreler ayarlayarak, entegre hemodinamik izleme yoluyla bireyselleştirilmiş intraoperatif sıvı optimizasyonu önermektedir(56).

Kan dolaşımı, her dokuya gerekli besinleri ve oksijeni sağlamakla birlikte gereksiz veya toksik maddeleri toplar. Organizmanın değişen aktivitelere uyum sağlayabilmesi için gerekli dolaşımı sağlayabilmesi için kan basıncının uygun şekilde sürdürülmesi gereklidir. Normal şartlarda organizmalar dolaşım homeostazını yeterince korur, ancak cerrahi, anestezi ve/veya kritik hastalık durumu bu homeostazı bozar. Anestezi ve yoğun bakım uzmanlarının, herhangi bir klinik durumda hastalarının yeterli doku oksijen ve metabolit ihtiyacını karşılaması zorunlu olduğundan, yeterli organ perfüzyonunun sağlanması ameliyathane ve yoğun bakım ortamlarında ana hedeflerden biridir(57).

Kan basıncı (BP), dolaşımın temel sağlayıcısı iken kan basıncını, kalp debisi (CO) ve sistemik vasküler direnç (SVR) etkiler. Dolaşım sistemi genellikle elektrik devresiyle karşılaştırılır ve Ohm yasası ile açıklanır. Ohm yasası, insan dolaşım sistemine uygulanabilen basınç ile akış ve direnç ilişkilendirir. İnsan vücudunda elektrik akımı miktarı CO' ya çevrilir. Elektrik direnç vasküler dirençle ilişkilidir. Anestezi indüksiyonundan sonra meydana gelen hipotansiyon için tedavi seçenekleri olarak; 1.) Fenilefrin uygulaması ile öncelikle SVR' nin artışına bağlı BP artışı, 2.) Dopamin uygulaması ile öncelikle CO' nun artışına bağlı BP artışı, 3.) Sıvı yüklemesi ile öncelikle CO' nun artışı ile BP artışı oluşturmak şeklinde üç basit örneği göz önünde bulundurduğumuzda, BP' yi doğrudan değiştirecek yöntemlere sahip olmadığımızı görürüz. Dolayısıyla ancak BP, CO ve SVR' yi birlikte değerlendirerek hangi müdahalenin daha uygun olduğunu anlayabiliriz.

Hacim genişletme ve diürez uygulanmasının, vazopresör ve/veya inotropik ajan kullanımının en uygun strateji olup olmadığını belirlemek oldukça önemlidir. Uygunsuz hacim genişlemesi hacim yüklenmesine, pulmoner ödeme, uygunsuz gaz değişimine ve asidoza yol açabilir. Kronik böbrek hastalığı durumunda, hacim yönetimi, bozulmuş böbrek otoregülasyonu, serbest su atılımı ve çözünen madde eliminasyonu nedeniyle daha da karmaşık hale gelir. SVR' nin manipülasyonunun da (gerek vazopresörler gereksiz vazodilatörler aracılığıyla) sınırlayıcıları vardır çünkü yük-

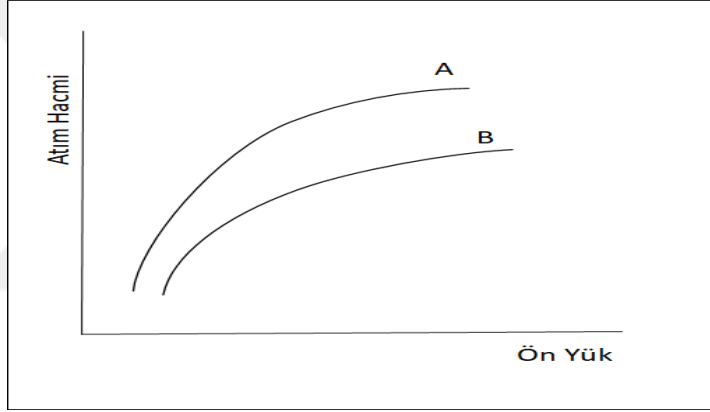
sek vazopresör ajanlar nihayetinde doku perfüzyonunu azaltır ve miyokardiyal oksijen ihtiyacını artırır(58).

Bu nedenle, hemodinamik optimizasyon için CO ve bileşenlerinin değerlendirilmesi gerekir ki aşağıdaki denklemler bunu özetlemektedir:

$$(MAP-CVP)*80 = CO*SVR$$

$$CO = HR*SV$$

Kalp atış hızının belirlenmesi kolayken, atım hacminin doğrudan ölçülmesi daha zordur. Atım hacmi, kardiyak dolum basıncı ile ilişkilidir ve bu sayede dolum basınçlarındaki veya ön yükteki artışlar daha büyük atım hacmine olanak sağlar. Basınç ve hacim arasındaki bu ilişkiyi Frank-Starling eğrisi göstermektedir(Şekil 1).



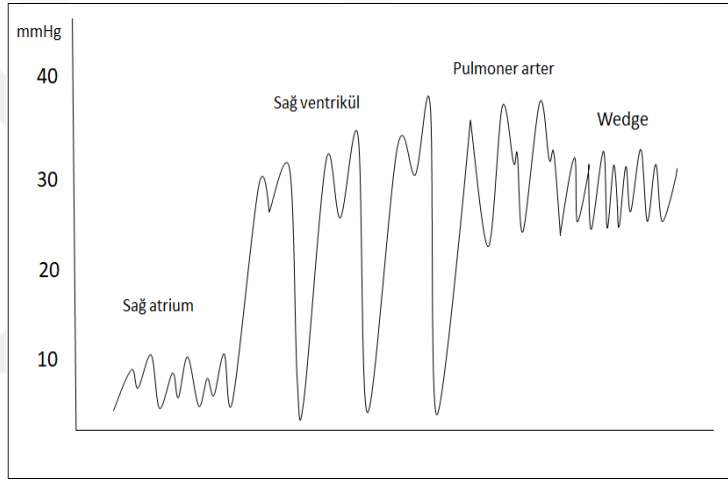
Şekil 1: A ve B Farklı İki Hastaya Ait Frank-Starling Eğrisidir. Her iki hastada da ön yüklerde benzer değişiklikler vardır. Hacim testi uygulanması, atım hacminde farklı değişikliklere yol açacaktır. A hastasının hacim duyarlılığı daha fazladır.

Geleneksel olarak kardiyak ön yük, santral venöz basıncı (CVP) ve pulmoner arter oklüzyon basıncı (PAoP) ile ölçülmüştür. Bu ilişki karmaşık bir dizi faktörün etkisiyle doğrusal değildir. Ayrıca ön yük ölçümleri, hastanın Frank-Starling eğrisi boyunca nereye denk geldiğine bağlı olarak, atım hacmiyle ilgili yanlış varsayımlara yol açabilir.

2.3.2. Hacim Durumunun ve Sıvı Yanıtlılığının Belirlenmesi:

Hacim durumunun statik ölçümleri, CVP ve PAoP'nin yanı sıra sol ventrikül diyastol sonu alanını (LVEDA) içerir. CVP ve PAoP tipik olarak, internal juguler veya subklavian ven yoluyla gönderilen bir hat veya pulmoner arter kateteri (PAK)

yoluyla ölçülür. Hacim durumunun bir belirleyicisi olarak CVP, sağ atriyal basıncı ve buna bağlı olarak sağ ventrikül diyastol sonu hacmini gösterir. Daha yüksek bir CVP, sağ atriyumda daha fazla kan hacmi ve dolayısıyla daha yüksek sağ ventrikül ön yükü anlamına gelir. PAoP, distal ucunda bir basınç dönüştürücünün yanı sıra balon olan PAK ile ölçülür, balon şişirildiğinde ve pulmoner arterlerden birinin içine sıkıştırıldığında, basınç dönüştürücü bu balonun distalindeki basıncı (özellikle sol atriyumda açılan pulmoner kapiller yatağın basıncını) gösterecektir. CVP ölçümüne benzer şekilde sol atriyal basınç, Frank-Starling ilişkisine göre atım hacmi ile ilişkili olan sol ventrikül diyastol sonu hacmine karşılık gelir. PA kateter ucu konumlarının bir şeması ve ilgili basınç değerleri gösterilmiştir(Şekil 2).

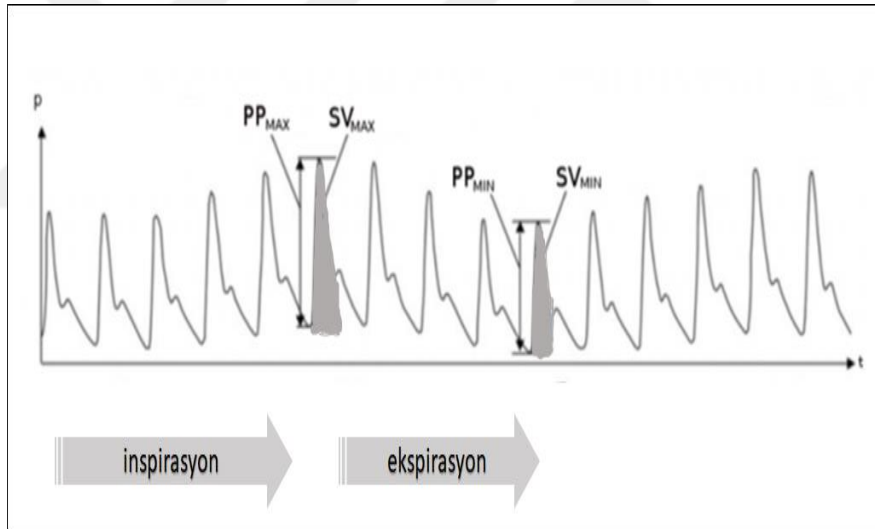


Şekil 2: Pulmoner Arter Kateterinin Kalpten Geçerken İlgili Basınç İzleri.

CVP ve PAoP gibi, LVEDA da bir hastanın hacim durumunu belirlemek için kullanılan statik bir parametredir. LVEDA, transtorasik veya transözofageal ekokardiyografi ile ölçülür. LVEDA 'daki bir artış, daha fazla ventriküler miyokardiyal gerilmeye ve dolayısıyla CO artışına sebep olabilir ve bu artış miyokardiyal duvar geriliminin, Frank-Starling eğrisindeki konumuna bağlı olarak her zaman mümkün olmayabilir.

CVP, PAoP ve LVEDA gibi statik belirteçlere güven giderek azalmaktadır. CVP ve LVEDA için Michard tarafından yapılan sistematik bir inceleme, bu statik ölçümlerin sıvı yanıtını yeterince tahmin etmediğini gösterilmiştir(59). Başka çalışmalarda PaOP'ın, sıvı yüklemesinin kardiyak performansta bir iyileşmeye yol açıp açmayacağını tahmin etmediğini belirtmiştir(60).

Birçok klinisyen statik ölçümlerin sıvı yanıtını göstermede güvenilirliğinin azalması üzerine dinamik ölçümlerin kullanımını benimsemiştir. Bu dinamik ölçümler, sıvı yanıtı ile çeşitli kardiyak performans ölçümlerinde zaman içindeki değişimler arasında bir ilişki kurar. Dinamik belirteçler, fizyolojik olarak kalbe geri dönen kan hacminin solunumun neden olduğu intratorasik basınçtaki dalgalanmaya göre değişmesi nedeniyle atım hacminin(SV) ve nabız basıncının(PP) solunumla değişimi olarak ifade edilen pulsus paradoksus ilkesine dayanmaktadır. Mekanik olarak ventile edilen ve normal sinüs ritminde olan hastalarda, SV ve nabız basıncında benzer solunum döngüsü varyasyonları görülebilir. Pozitif basınçlı ventilasyon intratorasik basınçta artışa neden olur, bu durum venöz dönüşün azalmasına ve sağ ventrikül art yükünün artmasına neden olur. Bu da sağ ventrikül ve ardından sol ventrikül atım hacmi azalması ile kendini gösteren SV veya nabız basıncında göreceli azalma ile ilişkilidir(61)(Şekil 3).



Şekil 3: Pozitif Basınçlı Ventilasyon Sırasında Nabız Basıncı ve Atım Hacmi Değişiminin Gösterimi. (PPmax: Maksimum nabız basıncı, PPmin: Minimum nabız basıncı, SVmax: Maksimum atım hacmi, SVmin: Minimum atım hacmi)

PPV ve SVV aşağıdaki formüllerle hesaplanır:

$$PPV = 100 \times (PP_{max} - PP_{min}) / (PP_{max} + PP_{min}) / 2 \text{ ve}$$

$$SVV = 100 \times (SV_{max} - SV_{min}) / (SV_{max} + SV_{min}) / 2$$

Atım hacmi değişimi (SVV) veya nabız basıncındaki değişim (PPV) göreceli olarak hacim tükenmesi dönemlerinde artar. Artmış SVV veya PPV değerleri sıvı yüklemesinin SV'de artış ve daha iyi kardiyak performansla sonuçlanacağını gösterir.

Birçok alışma SVV ve PPV gibi dinamik parametrelerinin, hacim yanıtının geçerli belirleyicileri olduğunu göstermiştir. Marik tarafından yapılan sistematik bir incelemede, dinamik değişikliklerin sıvı yanıtını tahmin etmede statik belirteçlerden daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir(62).

İnferior vena kava apı (IVCd) veya solunum sırasında vena kava çapındaki değişiklik(IVCdv), M modunda ekokardiyografisi ile ölçülen sıvı yanıtının öngörüldüğü başka geçerli dinamik belirteçlerdir. SVV'ye benzer şekilde, IVCd varyasyonu, solunum sırasında artan ve azalan intratorasik basınçların bir fonksiyonudur ki mekanik olarak ventile edilen ve spontan solunum yapan hastalarda hacim yanıtının doğru bir ölçüsü olduğu belirtilmiştir(63).

IVCd, IVC ile sağ atriyumun birleştiği yerin yaklaşık 0,5-4 cm altında, IVC'ye dik bir açıda uzunlamasına yönde subkostal olarak ölçülür ve değerler klinik duruma bağlı olarak değişir(64)(tablo 1).

Tablo 1: IVC apı ve Kollaps Miktarı İle Sağ Atrium Basıncı lm

Sağ atrium basıncı	EkspirasyondaVCİ apı	Kollaps miktarı(%)
0-5 cmH2O	≤ 2.1 cm	> %50
5-15 cmH2O	≤ 2.1 cm	<%50
> 15 cmH2O	> 2.1 cm	<%50

IVCd' deki varyasyon, inspirasyonda ve ekspirasyonda llen IVCd' deki değişiklik olarak hesaplanır:

$$IVCdv = 100 \times (IVCmax - IVCmin) / (IVCmax + IVCmin) / 2$$

Bir solunum döngüsü sırasında IVCd' de %10-18'den daha büyük bir varyasyonun, çeşitli çalışmalarda hacim yanıtının öngörüsü olduğu gösterilmiştir(65).

Ekokardiyografi kullanılarak inferior vena kava çapının belirlenmesi kullanıcı becerisi gerektirir. Ayrıca, asit, morbid obezite ve intraabdominal hipertansiyonu olan hastalarda yorumlama farklı olabilir.

Pasif bacak kaldırma (PLR) testinde, yatan bir hastada alt ekstremiteler yatay konumdan kaldırılarak kalbinin üzerinde yükseltilir. Böylece büyük bir kan hacminin periferden merkezi dolaşım alanına katılma etkisi ile hacim duyarlı hastalarda bu manevra sırasında statik ve dinamik ölçümler, CO, MAP ve PAoP parametreleri değerlendirilir.

PLR manevrası yalnızca hacim yanıtını tahmin etmekle kalmayıp aynı zamanda tedavi amaçlı bir müdahale olarak da hizmet edebilir. PLR testinin SV ve CO'da değişiklikleri indüklediği ve merkezi hipovolemiyi yüksek oranda tahmin ettiği ve PLR sırasında CO'daki değişikliklerin 500 cc normal salin bolusu ile korelasyon gösterdiği belirtilmiştir(66). PLR'nin bir sonucu olarak atım hacmi, nabız basıncı ve femoral arter akış hızındaki değişikliklerin sıvı yanıtını yüksek oranda tahmin ettiği gösterilmiştir(67).

Tanı amaçlı sıvı bolusu uygulaması (sıvı tepkisinin belirlenmesi için gelişigüzel sıvı bolusu yapılması) her zaman masum bir yöntem olmasa da klinik uygulamada yaygın olarak kullanılır. Bir çalışmada, hipotansif, kritik hastaların %50'sinin sıvıya duyarlı olmadığı gösterilmiştir(59). Ayrıca, sıvıya yanıtı olmayan bir hastaya sıvı verilmesi gaz değişimini ve asit baz durumunu etkileyerek zararlı olabilir(68).

Dinamik belirteçlerin değerlendirilmesi hastanın sıvı yüklemesinden önce sıvıya yanıt verip vermeyeceğinin belirlenmesine imkan sağlar böylece gereksiz resüstasyon durumlarından kaçınılır.

2.3.3. Hemodinami Takip Yöntemleri ve Cihazları:

Hemodinamik optimizasyonu için CO ve bileşenlerinin öneminden bahsetmiştik. Dolayısıyla ölçüm yöntemlerinin ve cihazlarının nasıl çalıştığına dair temel ilkelerin yanı sıra kullanımlarındaki hatalar ve sınırlamaların anlaşılması, daha etkili ve daha güvenli kullanıma olanak sağlayacaktır.

2.3.3.1. Fick Prensibi:

Adolf Eugen Fick tarafından 1870 yılında, akciğerler tarafından oksijenin toplam alımının veya salımının akciğerlerden geçen kan akışının ve arteriyovenöz oksijen içeriği farkının ürünü olduğunu varsayarak insanlarda CO'yu ölçmek için bir yöntem tanımladı(69). CO aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$CO = VO_2 / ([CaO_2 - CvO_2] \times 100)$$

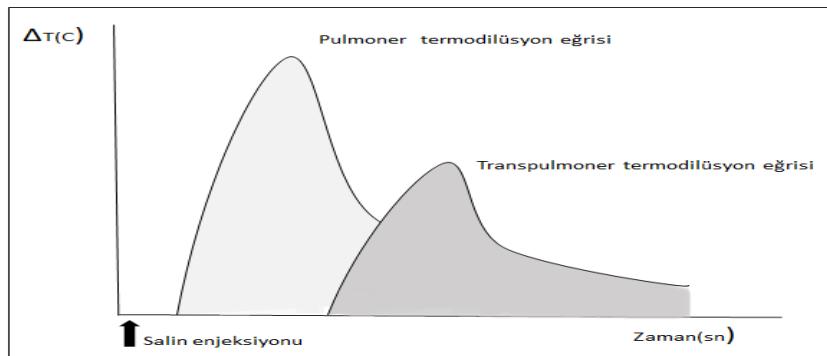
VO₂ oksijen tüketimini; CaO₂ ve CvO₂ sırasıyla arteriyel ve karışık venöz oksijen içeriğini ifade eder. Bu teknik önemli derecede doğru olmasına rağmen, hasta başı kullanımı veya sürekli CO (CCO) takibi için pratik değildir.

NICO™ sistemi (Novamatrix Medical Systems, Wallingford, ABD) , mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda CO ölçümleri elde etmek için karbondioksit (CO₂) kullanan Fick ilkesinin bir modifikasyonunu kullanır. Fick denkleminde gerekli olan CO₂ içerik ölçümü entübasyon, sabit ventilatör ayarlarıyla mekanik ventilasyon ve en az düzeyde gaz değişimi anormallikleri gibi çeşitli gereksinimler nedeniyle bu cihazın kullanımında çeşitli sınırlamalar vardır(70). Bu nedenle, bu teknik yalnızca hemodinamisi nispeten stabil olan mekanik ventilasyona bağlı hastalarda uygulanır.

2.3.3.2. İndikatör Seyreltme Teknikleri

2.3.3.2.1. Termodilüsyon Yöntemi:

1970 yılında tariflenen PAK(pulmoner arter kateter) ile CO ölçümü altın standart olarak ortaya çıkmıştır. PAK' ın proksimal portuna önceden belirlenmiş miktarda soğuk salin enjekte edildikten sonra, kanın termal değişimleri ölçülür. CO ve diğer indeksler Stewart-Hamilton denklemine göre hesaplamalar yapılarak oluşturulan termodilüsyon eğrisi kullanılarak üretilir(71) (Şekil 4).



Şekil 4: Pulmoner ve Transpulmoner Termodilüsyon Eğrileri.

$$s(CO) = \frac{T_b \times T_i \times V_1 \times K}{\int \Delta T_b \times dt} \text{ denklemi bu yöntemin temelini oluşturur ki bu denklemde}$$

V_1 = enjekte edilen madde hacmi, T_b = kan sıcaklığı, T_i = enjekte edilen madde sıcaklığı, K = sabit ve $\int \Delta T_b \times dt$ = zamanın fonksiyonu olarak kan sıcaklığındaki değişikliği ifade eder

Bu teknikte kullanılan enjektörün sıcaklığı ve hacmi, solunum sırasındaki zamanlama, enjeksiyon hızı, şantların varlığı ve kardiyak kapak anormallikleri gibi etkenler elde edilen verilerin yanlış yorumlanması neden olur(72). Ayrıca birçok komplikasyon, PAK' ın invazivliğine bağlanarak önemli morbidite ve mortaliteye yol açmaktadır(73-75). Bu nedenle, PAK' ların kullanımı, kalp yetmezliği ve pulmoner hipertansiyonu olan hastalarla sınırlandırılmıştır(76).

Sonraki yıllarda daha az komplikasyona sahip, doğruluğu pulmoner termodilüsyon PAK tekniğine yakın transpulmoner termodilüsyon tekniği üretilmiştir. PiCCO(Pulsion Medical Systems, Almanya) CO monitörlerinin aralıklı kalibrasyonu için bu tekniği kullanır. Soğuk salin, santral venöz kateter yoluyla enjekte edilir. Entegre termistörü olan bir ana artere (femoral, aksiller veya brakial) yerleştirilen kanülden elde edilen zaman içindeki kan sıcaklık değişimi verileri ile termodilüsyon eğrisi üretilir. Bu monitörler ayrıca global diyastol sonu hacmi (GEDV), İnteratriyal kan hacmi (ITBV), ekstrasvasküler akciğer suyu (EVLW) ve pulmoner vasküler geçirgenlik indeksi (PVPI) gibi ek değerleri de hesaplar.

PAK termodilüsyon tekniğiyle karşılaştırıldığında, transpulmoner termodilüsyon tekniği indikatör sürüklenme ve devridaiminden kaynaklanan hatalara karşı daha savunmasız iken solunum varyasyonundan kaynaklanan hatalara karşı daha az hassastır. PAK termodilüsyon sağ kalp CO'yu ölçerken, transpulmoner termodilüsyon sol kalp CO'yu ölçer; dolayısıyla intrakardiyak veya intrapulmoner şant varlığı farklı CO ölçümlerine yol açacaktır. Valvüler regürjitasyon nedeniyle oluşan yanlış ölçümün büyüklüğü regürjitasyonun yerine ve ciddiyetine bağlı olup tahmin edilemez. Bununla birlikte çeşitli deneysel ve klinik ortamlarda PAK ile transpulmoner termodilüsyon arasında yüksek derecede bir korelasyon kurulmuştur(77). **Pulmoner**

arterde bulunan indikatörün yaklaşık % 96-%97'sinin aortta geri kazanılmasına rağmen, indikatör devridaiminden dolayı CO' nun eksik tahmin edildiği bildirilmiştir. Sonuç olarak, özellikle pulmoner ödemli hastalarda akciğerlerdeki indikatör kaybı, bazı çalışmalarda zayıf korelasyonun bir nedeni olarak öne sürülmüştür(78). İndikatör kaybı ve resirkülasyonun etkileri birbirini kompanse etme eğiliminde olmasına rağmen iki parametreden hangisinin daha önemli olduğu anlaşılamamıştır (79).

2.3.3.2.2. Nabız Boya Dansitometrisi (PDD)

Nabız boya dansitometrisi (DDG-2001 analiz cihazı, Nihon Kohden, Tokyo, Japonya), intravenöz bolus enjeksiyonundan sonra indosiyanin yeşilinin (ICG) arteriyel konsantrasyonunu tahmin eder(80). 805 ve 890 nm dalga boylarında ışık yayan bir parmak ucu sensörü, pulmoner dolaşımdan geçtikten sonra ICG konsantrasyonunu noninvaziv olarak saptamak için kullanılır. ICG konsantrasyonunun nispi oranı, CO'yu hesaplamak için kullanılır. Bu tekniğin doğruluğu ile ilgili çalışmalar çelişkili sonuçlar bildirmiştir(81).

ICG boyası toksik değildir ve nadiren alerjiye neden olur. İntrahepatik konjugasyona veya enterohepatik metabolizmaya uğramadan kandan yalnızca karaciğer yoluyla temizlenir. PDD tekniği, ICG konsantrasyonu başlangıç konsantrasyonunun %1'ine düştüğünde genellikle 20 dakika sonra yeni bir ölçüm yapılmasına izin verir.

2.3.3.2.3. Lityum Dilüsyon Tekniği

LidCO (LidCO Ltd., Cambridge, UK), CO değişikliklerini belirler ve aralıklı kalibrasyon için lityum dilüsyon kullanır. Bu yöntem, merkezi veya periferik bir venöz kateter yoluyla enjekte edilen 0,5–2 ml bolus (0,15 mmol/ml) lityum klorür (maksimum kümülatif doz 20 ml'ye kadar) kullanır ki lityum konsantrasyonu, kalıcı arter kanülüne bağlı bir sensör tarafından ölçülür. Elde edilen verilerle üretilen lityum konsantrasyonuna bağlı zaman eğrisi, Stewart-Hamilton denklemi kullanılarak kan akışını hesaplamak için kullanılır. Lityum, plazmada doğal olarak bulunmadığından yüksek bir sinyal-gürültü oranı üretir. Ayrıca hızlı bir yeniden dağılım süresi-ne ve dolaşımdan önemsiz kabul edilen ilk geçiş eliminasyonuna sahiptir(82).

Bununla birlikte, uzun süreli lityum tedavisi alan hastalarda doğrulukta azalma görülebilir. Nondepolarizan nöromusküler bloke edici ajanların(özellikle atrakur-

yum ve rokuronyumun) varlığı, yüksek tepe dozlarda lityum sensörüyle çapraz reaksiyonu nedeniyle CO'nun olduğundan fazla tahmin edilmesine yol açabilir(83). Ayrıca, bu teknik 40 kg dan daha zayıf hastalarda ve gebeliğin ilk üç ayında kontrendikedir.

Lityum dilüsyon tekniği ile CO ölçümü, sabit kan akışı varsa ve indikatör kaybı yoksa normal ve hiperdinamik koşullarda PAK termodilüsyon tekniği ile iyi bir korelasyon göstermiştir(84). Kalp cerrahisi sonrası sol ventrikül fonksiyon bozukluğu olan hastalarda lityum dilüsyon ile termodilüsyon tekniği arasında iyi bir korelasyon göstermiştir(85). Öte yandan, LiDCO cihazı, koroner arter baypas greft uygulanan hastalarda, aortun klemplenmesi veya klempinin çıkarılması sırasında kullanıldığında, PAK termodilüsyon tekniğine kıyasla daha az performans göstermiştir(84).

2.3.3.3 Biyoimpedans ve Reaktans

Bu yöntem göğüs duvarındaki veya trakeal tüpteki bir çift elektrot arasındaki empedansı veya reaktansı ölçerken göğüs kafesinde, özellikle aortta bulunan kan hacmindeki değişiklikleri tahmin eden bir alternatif akım uygular. Bir kalp döngüsü sırasında empedans veya reaktanstaki değişikliklerin atım hacmini yansıttığı kabul edilir. Bu yöntem, hastaların fiziksel özelliklerine göre dahili bir veri tabanına dayalı olarak atım hacmini tahmin eder.

Non-invaziv, uygulaması kolay ve elektromanyetik uygulama ile ilişkili bildirilen bir komplikasyon olmamasına rağmen, doğru CO'yu saptayamaz. Veritabanından sapma, ölçüm hatalarını artırabilir(86). Ayrıca kronik akciğer hastalığı ve kapak hastalığı olan hastalarda ölçüm değerleri etkileneceğinden pulmoner ve kardiyak patolojisi olan hastalarda hatalı olduğu kabul edilir.

2.3.3.4 Ultrason (Ekokardiyografi/Transözofageal/Transtoraksik Doppler)

Ultrason cihazı kullanarak akış hızını ölçmek için kabaca iki yöntem vardır: biri SV'yi sol ventrikül diyastol sonu hacmi ile sistol sonu hacmi arasındaki fark olarak elde ederken, diğer yöntem belirli bir enine kesit alanı ile velocity time integrali(VTI) çarpımından hesaplanır. Minimal invaziv ve invaziv olmayan CO monitörizasyonu, daha basit olan ve operatöre bağlı tutarsızlıkları azaltabilen ikinci yöntemle tasarlanmıştır (87).

Aort kapağı, karotid arter, inen aort veya pulmoner arter gibi farklı bölgeler için çeşitli özel problar geliştirilmiştir. Yazılım sistemi, hastanın yaşı ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak SV'ye bağlı kan akışının hem enine kesit alanını hem de oranını sıklıkla tahmin edebilir. Bu yöntemde operatöre bağlı tutarsızlıklar olabildiği gibi hastaların anatomisi de bazen doğru ölçümü engelleyebilir.

CO ölçümü için özel özofageal probu, küçük bir çapa ve düşük ısı emisyonu-na sahiptir. Prob yerleştirilmesi ve manipülasyonu nadiren orofaringeal, özofageal veya gastrik travma ile ilişkili olmasına rağmen uygun sedasyon gerektirir.

2.3.3.5. Nabız Dalgası Geçiş Süresi (PWTT):

SV ile PWTT ilişkisini kullanan gelişmekte olan BP ve CO izleme cihazları ticari olarak mevcuttur(88). esCCO (Nihon Kohden, Japonya) non-invaziv monitör, nabız dalga geçiş süresi (PWTT) analiz teknolojisini kullanır. Nabız Geçiş Süresinin doğruluğunu artırmak için halen iyileştirmelere ihtiyacı olsa da, CO geleneksel elektrokardiyogramlar ve nabız oksimetreleri ile ölçülebilir ve herhangi bir özel sensör veya çalışma tekniği gerektirmez. Noninvaziv olma avantajı ile kurulumu kolay bir monitör olarak kabul edilir.

2.3.3.6. Nabız Dalga Analizi(PWA):

İlk olarak 1899'da Otto Frank kan akışı değişikliklerini ölçmek için kan basıncı dalga biçimini kullanma konseptini önerdi(89). Dolaşımı “Windkessel” modeliyle tanımladı. Kan sıkıştırılmaz olmasına rağmen, arterin kendisi gerilebilir ve bu nedenle herhangi bir anda bir arteriyel segmente giren ve çıkan kan hacimleri, aynı anda başka bir segmente giren ve çıkanlardan farklı olabilir. Hacimler yalnızca kardiyak döngünün ortalaması alındığında aynıdır. Toplam atım hacmi (SV), aort kapağının sağlam olduğu varsayılarak sistoldeki ileri akış (Q_s) ile diyastoldeki ileri akışın (Q_d) toplamına eşit olmalıdır($SV = Q_s + Q_d$). Diyastolün başlangıcında aortaya daha fazla akış olmaz ve bu nedenle Q_d , aorttaki basınç ile periferik arterlerdeki basınç farkıyla orantılıdır ki buna sistol sonu ortalama şişirme basıncı(P_{md}) denir($Q_d = k \times P_{md}$). Periferik vasküler direncin tek bir kalp döngüsü boyunca değişmemesi gerektiğinden, Q_s ve Q_d değerleri, sırasıyla sistol ve diyastol sırasında basınç eğrisi altındaki alan olan A_s ve A_d ile orantılı olmalıdır(Şekil 5).

$$SV = Q_s + Q_d = Q_d (A_s/A_d) + Q_d = Q_d (1 + A_s/A_d) \quad SV = k \times P_{md} (1 + A_s/A_d) \text{ olur.}$$


Otto Frank'ın ardından, nabız basınç analizi ilkesi 1904'te Erlanger ve Hooker tarafından ele alındı ve SV'yi tahmin etmek için dikkatleri aortik-arteriyel nabız basıncını kullanmaya çevirdi(90). Ortalama bir değer etrafında kan basıncındaki dalgalanmaların, her sistol sırasında arteriyel sisteme iletilen kanın hacmi ile orantılıdır. Bu nabız basıncı analiz tekniğinde, SV'yi ve sistemik vasküler direnci (SVR) hesaplamak için bir arteriyel kateterden veya bir parmak probundan elde edilen arteriyel dalga formu kullanılır. Bu yöntemin önemli bir dezavantajı, aort kompliyansının doğrusal olmaması ve yaşa bağımlı olmasıdır ki basınç ile hacim arasındaki doğrudan korelasyonu önler(91). 1983'te, Wesseling ve ark. Aort kompliyansının doğrusal olmama durumunu telafi etmek için bir algoritma geliştirdi ve arteriyel dalga formu eğrisinin sistolik fazının altındaki alanı entegre ederek SV'nin hesaplanmasını

mümkün kılmıştır(92). Daha sonra SV tahmini için sistemik dolaşımı temsil eden modellere dayalı çeşitli yöntemler geliştirildi ki bu yöntemlere genel olarak nabız kontur analizi yöntemleri(PCA) denir.

Morfolojiye dayalı olmayan (nabız kontur analizinden farklı) diğer yaklaşım ise nabız gücü analizidir. Bu yaklaşıma göre kalp atışındaki net güç değişimi kalbe giren kan hacmi ile çıkan kan hacmi arasında belli bir dengede olduğunu varsayar. Hacim/güç korunumu yasasına dayanır ve yansıyan dalganın konumundan bağımsız olarak atımın bir parçası yerine bütünü alır. Zamana dayalı bir otokorelasyon kullanılır ki gücü ölçmek için frekans yaklaşımından kaçınılır. Bu nedenle, frekans tepkisini değiştiren arteriyel sönümlemenin etkileri ve bölgeye özgü dalga biçimi bozulmaları nedeniyle ölçümdeki tutarsızlıklar sınırlıdır. Bu yöntemde SV' nin mutlak değerlerinin ölçülmesi değil, yalnızca değişikliklerin hesaplanması mümkündür. Bu nedenle, doğru değerler için standart bir yöntem (dilüsyon tekniği) göre kalibrasyon yapılır.

Basınç kaydı analitik yöntemi (PRAM), tüm kalp döngüsü boyunca arteriyel basınç dalga biçimini analiz eder ve dalga biçiminin yalnızca birkaç milisaniye süren, 'kararsızlık noktaları' adı verilen belirli kısımlarını tanımlar(93). Bu nedenle, saniyede 1000 nokta (1000 Hz) analitik çözünürlük gereklidir. Kararsızlık noktaları, tüm arteriyel basınç dalga formu boyunca dağılmıştır ve esas olarak ileri ve geri yansıyan dalgaların karışımından kaynaklanır(94). Algoritma kardiyovasküler empedansı atımdan atıma tahmin eder ve sistemin; vasküler tonus, kardiyak kontraktilite veya kalp hızı değişikliklerinin bir sonucu olarak vasküler empedanstaki değişikliklere uyum sağlamasına izin verir(95). Bu nedenle PRAM, diğer tüm nabız kontur analiz tekniklerinin aksine harici veya dahili kalibrasyonlara ihtiyaç duymaz(94). PRAM algoritmasının uygulanması için, hem arteriyel basınç dalga formunun artefaktlardan tamamen arınmış olması hem de kateter sisteminin sönümleme özellikleri optimize edilmiş olmalıdır.

Tüm bu teknolojilerde SV, dalga formunun sistolik ve diyastolik bileşenlerinden tahmin edilir. Basınç dalga formunun sistolik ve diyastolik kısımları, aort empedansı ve kompliyansı ve periferik vasküler direnç dikkate alınan parametrelerdir. CO, daha sonra SV'nin kalp atış hızı (HR) ile çarpılmasıyla hesaplanır. Tüm arteriyel dal-

ga biçimi analiz yöntemlerinin büyük ölçüde ideal bir arteriyel basınç takibine dayandığından düşük veya aşırı sönümlü bir arter dalga biçimi potansiyel bir hata kaynağı oluşturur. Ayrıca, bu sistemler temel olarak tamamen ileri SV' yi yansıtan bir arteriyel dalga gerektirir ancak kardiyak aritmiler sınırlayıcı olabilir.

PWA kullanan çok sayıda izleme sistemi, hasta başında kullanılmak üzere ticari olarak mevcuttur. Bu PWA izleme sistemleri invaziv, minimal invaziv ve invaziv olmayan yöntemleri kullanabilir. PWA sistemleri ayrıca kalibrasyon türlerine göre; harici olarak kalibre edilmiş sistemler, dahili olarak kalibre edilmiş sistemler ve kalibre edilmemiş sistemler şeklinde sınıflandırılabilir. Harici olarak kalibre edilen sistemler, PWA'dan türetilen CO değerlerini başka bir ölçüm tekniğiyle (genellikle indikatör dilüsyon yöntemi) birleştirir. Dahili olarak kalibre edilmiş sistemler biyometrik, demografik ve PWA'dan türetilen **hemodinamik ve dalga formu özelliklerini kullanır**. Kalibre edilmemiş sistemler harici veya dahili kalibrasyon kullanmaz, CO' yu yalnızca nabız dalga biçimi özelliklerine dayalı olarak tahmin eder.

2.3.3.6.1. Harici Kalibrasyonlu İnvaziv Nabız Dalga Analizi:

Harici olarak kalibre edilmiş PWA sistemleri, invazif olarak değerlendirilen nabız dalga biçiminden CO' yu tahmin eder ve bunu bir referans yöntem ile kalibre eder.

PiCCOplus (Pulsion Medical Systems, Feldkirchen, Almanya), nabız eğrisinin sistolik kısmının alanına dayalı olarak (aort kapağının kapanmasını gösteren dikrotik çentiğe kadar) CO' yu gerçek zamanlı olarak tahmin eder. **Aralıklı transpulmoner termodilüsyon** kullanılarak CO ölçümlerine göre kalibre edilir. Bu nedenle **merkezi bir venöz kateter** (soğuk indikatör solüsyonunun enjeksiyonu için kullanılır) ve özel bir termistör uçlu arteriyel kateter (Pulsiocath; Pulsion Medical Systems) gereklidir. Arteriyel kateter merkezi bir artere (femoral, brakiyal veya aksiller arter) yerleştirilmelidir. Transpulmoner termodilüsyon ile PWA'dan türetilen CO tahmininin özellikle vasküler tonustaki değişikliklerden sonra ve **vazoaktif ajan veya fazla miktarda sıvı tedavisi gerektiren dolaşım şoku** olan hastalarda periyodik olarak yeniden kalibre edilmesi önerilir(96).

EV1000/VolumeView sistemi (Edwards Lifesciences, Irvine, CA, ABD) PWA'dan türetilen CO'yu aralıklı transpulmoner termodilüsyon kullanılarak kalibre eden başka bir ticari izleme sistemidir. Özel termistör uçlu femoral arteriyel kateter ve soğuk gösterge solüsyonu enjeksiyonu için merkezi venöz kateter gerektirir. Altta yatan PWA algoritması, üç ögeli Windkessel modeline dayalı dalga biçimi özelliklerini ve öncelikle aort kompliyans, dalga biçimi çarpıklığı ve basıklık hesaplamalarının değerlendirilmesine dayanan gelişmiş dalga formu parametrelerini dikkate alır(97).

LiDCOplus sistemi (LiDCO, Cambridge, BK), darbe gücü analizi kullanarak CO'yu tahmin etmek için tescilli bir algoritma (PulseCO) kullanır. Tahmini CO, aralıklı transpulmoner lityum dilüsyon kullanılarak kalibre edilir. Arteriyel katetere dahil edilen özel lityum duyarlı bir elektrot, bir lityum konsantrasyon-zaman eğrisi elde eder. Bu eğrinin altındaki alan, CO ile ters orantılıdır(98).

2.3.3.6.2. Dahili Kalibrasyonlu Minimal İnvaziv PWA

Dahili olarak kalibre edilmiş PWA sistemleri, CO'yu invazif olarak elde edilen nabız basınç dalga biçiminden, kalibrasyon olmadan harici bir CO ölçümüne göre tahmin eder. Bu nedenle kalibrasyon için (merkezi) venöz kateter gerektirmez ki bu nedenle 'minimal invaziv' PWA sistemleri olarak da adlandırılır(99). Dahili olarak kalibre edilmiş bazı sistemler ayrıca, PWA'dan türetilen CO değerlerini harici CO değerlerine alternatif olarak (zorunlu olmamakla birlikte) kalibre etme seçeneği sunar.

FloTrac sistemi (Edwards Lifesciences), arteriyel basınç temelli CO'yu özel (APCO) algoritmasına göre tahmin eder. APCO algoritması, nabız basınç özelliklerini atımdan atıma istatistiksel olarak analiz eder ve arteriyel uyum ve dirençteki değişiklikler için düzeltir(100). Ayrıntılı olarak, arteriyel basınç dalga formu yüksek çözünürlükte analiz edilir ve ardışık nabız basınç ölçümlerinin standart sapması hesaplanır. Vasküler tonus, çarpıklık ve basıklık gibi arteriyel dalga formu özelliklerine bağlı olarak tahmin edilir. Tüm bu değişkenler, sürekli olarak güncellenen ve CO tahmini için kullanılan bir 'Chi' faktöründe birleştirilir(101).

ProAQT/Pulsioflex sistemi (Pulsion Medical Systems), arteriyel basınç eğrisinin sistolik kısmının alanına dayalı olarak CO'yu sürekli olarak tahmin eder. Tamamen demografik ve biyometrik verilere dayalı olarak aort kompliyansını düzeltir.

LiDCOrapid sistemi (LiDCO), lityum dilüsyon ile harici kalibrasyon olmadan CO'yu tahmin etmek için darbe gücü analizi ve tescilli (PulseCO) algoritmasını kullanır. Nominal maksimum aort hacminden CO'yu tahmin etmek için bir nomogram kullanılır. Nomogram, aort hacmi ile biyometrik ve demografik veriler arasındaki ilişkinin çok değişkenli analizinden kaynaklanır(102).

Argos CO monitörü (Retia Medical, Valhalla, NY, ABD), CO'yu tahmin etmek için çok vuruşlu analiz(MBA) algoritmasını kullanır. Ölçüm ilkesi, uzun zaman aralığı analizine dayanır ve CO tahmini için biyometrik verileri kullanan bir ölçekleme formülü uygular(103).

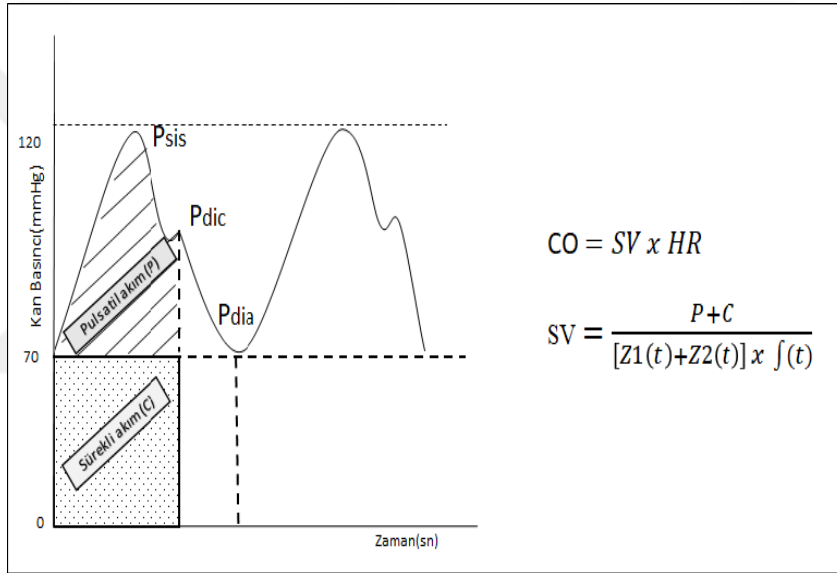
2.3.3.6.3.Minimal İnvaziv Kalibre Edilmemiş PWA[Mostcare Sistemi(Vygon, Écouen, Fransa)]:

Kalibre edilmemiş bir PWA sistemidir. Atımdan atıma empedans tahminlerine ve SV veya CO gibi hemodinamik değişkenlerin daha fazla hesaplanmasına izin veren PRAM algoritmasına dayanır. Her kalp atışı sırasında empedansı güncelleme yeteneği, vasküler tonusta, hacim genişlemesinde, sempatik sinir sisteminin aktivasyonu veya depresyonu gibi ani kardiyovasküler değişiklikler durumunda sistemi reaktif hale getirir. MostCare sistemi, sürekli arteriyel basınç dalga formu elde eden bir arteriyel basınç dönüştürücü ile çalışır.

PRAM, arter basıncından türetilen gerçek zamanlı CO ölçümü için tasarlanmış bir yöntem olup ve herhangi bir başlangıç kalibrasyonu, santral venöz kateterizasyonu veya deneysel verilere dayalı herhangi bir ayarlama gerektirmeyen tek metodolojidir(93).

PRAM'ın çalışması için yalnızca bir arter hattına (radyal, brakiyal, femoral) ihtiyacı vardır. PRAM, herhangi bir kapta hacim değişikliklerinin esas olarak basınç değişikliklerine yanıt olarak radyal genişleme nedeniyle meydana geldiği ilkesine dayanır(104). Bu süreç, sol ventrikül ejeksiyonunun kuvveti, pulsatil kan akışını en-

gelleyen arteriyel empedans, kompliyans ve periferik damar direnci dahil olmak üzere bir dizi fiziksel parametre arasındaki dinamik etkileşimi içerir. Bu değişkenler birbiri ile yakından ilişkilidir ve PRAM tarafından eş zamanlı olarak değerlendirilir. Böylece periferik arter seviyesinde algılanan her türlü akım, ister pulsatil ister sürekli olsun, PRAM tarafından değerlendirilir. Nabız kontur analizine göre, basınç dalga formunun pulsatil sistolik kısmının altındaki alandaki değişiklikler SV'deki değişiklikleri yansıtır. PRAM'de diğer nabız kontur analizlerinden farklı olarak alan, basınç eğrisi morfolojisi ve kan akışı arasındaki ilişkinin altında yatan fiziksel kuvvetlerin hem pulsatil hem de sürekli katkıları dikkate alınarak hesaplanır.(105,106) (Şekil 6)



Şekil 6 : PRAM Algoritmasının Temel Yaklaşımı

PRAM'ın temelindeki konseptin tamamı diğer nabız kontur analiz yöntemlerinden tamamen farklı şekilde geliştirilmiş teorik bir modelin pratik uygulamasını temsil eder(104-106). Atım hacmi(SV), pulsatil ve sürekli alanın incelenmekte olan dolaşım sisteminin fiziksel özellikleri tarafından belirlenen sistem empedansının $[Z(t)]$ faktörüne oranlanmasıyla ile hesaplanır. PRAM kullanılarak her deneğin $Z(t)$ 'yi doğrudan kendi basınç kayıt sinyalinin analizinden hesaplaması mümkündür(93).

PRAM metodolojisinin bir başka farklı temel özelliği, 1000 Hz'lik frekans örneklemesidir ki diğer nabız kontur analizleri genellikle 100 Hz'lik bir örnekleme oranı kullanır. Bu kadar yüksek frekanslı örnekleme, arter empedansının hesaplan-

ması ve sistolik, diyastolik, ortalama ve dikrotik basıncın doğru ölçümü için birincil öneme sahip olan yüksek derecede hassasiyet sağlar.

MostCare tarafından sağlanan diğer parametreler aşağıda verilmiştir(Tablo2).

Tablo 2: Mostcare Tarafından Sağlanan Parametreler.

Hemodinamik ölçümler		Formüller	Normal değerler	Birim
Basınçlar				
Sys	Systolic pressure			mmHg
Dia	Diastolic pressure			mmHg
MAP	Mean arterial pressure			mmHg
Dic	Diastolic pressure		70-105	mmHg
PP	Pulse pressure	$P_{sys} - P_{dia}$	30-50	mmHg
MAP - Dic	Mean and Dicrotic pressure difference	$Map - Dic$	(-10) - (+10)	mmHg
CVP	Central venous pressure			mmHg
Kardiyak output				
SV	stroke volume		60-100	ml
SVI	stroke volume index		35-45	ml/m ²
SV_{kg}	Weighted stroke volume	$SV / Weight$		ml/kg
CO	Cardiac output		4.0-8.0	L/min
CI	Cardiac output index		2.6 - 3.8	L/min/m ²
SVR	Systemic vascular resistance	$(MAP-CVP) / CO \times 80$	800 - 1400	dyne . Sec /cm ²
SVRI	Systemic vascular resistance index	$(MAP-CVP) / CI \times 80$	1600-2400	dyne.Sec.m ² /cm ²
Oksijen sunumu				
SpO₂	arterial oxygen saturation		96-100	%
DO₂	oxygen delivery	$CO \times Hb \times 1.34 \times SaO_2$	900-1000	ml/min
DO_{2I}	oxygen delivery index	DO_2 / BSA	500-600	ml/min/m ²
Kardiyak kontraktile				
dP/dt_{max}	maximal slope of the systolic upstroke		0.9-1.3	mmHg/msec
CCE	cardiac cycle efficiency		(-0.2) - 0.3	units
CPO	cardiac power	$MAP \times CO / 451$	0.8 - 1.2	W
CPI	cardiac power index	$MAP \times CI / 451$	0.5 - 0.7	W/m ²
Vasküler fonksiyon				
Ea	arterial elastance	Dic / SV	1.1 - 1.4	mmHg/ml
PPV/SVV	dianamic elastance	PPV / SVV		units
Z	Cardiovascular impedance			mmHg.sec/ml
PPV	pulse pressure variation		< 15	%
SVV	stroke volume variation		< 15	%
SPV	systolic pressure variation			%
DPV	dicrotic pressure variation			%
PR	pulse rate			1/min
Dia_{peak}	diastolic peak			mmHg

Nabız Basıncı Değişimi (PPV), Strok Hacmi Değişimi (SVV), Sistolik Basıncı Değişimi (SPV); kardiyak ritim ve ventilatör paterninin bazı koşullarına uyulduğu takdirde %10-15'i aştığında hacim yanıtının yararlı belirleyicileridir(107).

Maksimal Basıncı/Zaman oranı (dP/dT_{MAX}); 1000 Hz örnekleme hızı ile PRAM, dP/dT_{MAX} 'ın tam değerini (arteriyel basınç dalga formunun sistolik kısmının maksimum eğimi) görüntüler. Bu parametre, sol ventrikül fonksiyonu ile arteriyel tonus ve sertlik arasındaki ilişkiye bağlıdır. İletim hızı ve yansıyan dalgalar arteriyel

damar özelliklerine (sertlik, ton, stenoz vb.) bağlıdır. Bu nedenle, diğer hemodinamik parametrelerle doğru bir dP/dT_{MAX} değeri, hastanın kardiyovasküler durumunu tasvir etmeye yardımcı olur.

Sistemik Vasküler Direnç (SVR) standart formülle;

$SVR = [(MAP - CVP) / CO \times 80]$ Dynes* sn/cm⁵ cinsinden hesaplanır. Santral venöz basınç, ikinci bir yardımcı kablo aracılığıyla ölçülebilir. Santral venöz kateter yerleştirilmemişse kullanıcı bir basınç değeri ayarlayabilir.

Kardiyak Döngü Verimliliği (CCE)(boyutsuz değer); gerçekleştirilen hemodinamik iş ile enerji harcaması arasındaki oran açısından kardiyak hemodinamik performans tanımlar (108). CCE, kardiyovasküler sistemin farklı enerji seviyelerinde homeostazi sürdürme yeteneğini gösterir. Bu parametrenin klinik önemi halen değerlendirme aşamasındadır.

Mostcare sisteminin güvenilirliğiyle ilgili birincil endişe, kaydedilen arteriyel basınç sinyalinin kalitesiyle ilgilidir. Sinyal, hastayla ve teknikle ilgili nedenlerden dolayı yetersiz olabilir. Uygun olmayan sinyal alımının hastayla ilgili nedenleri, aort kapak yetersizliğinden veya aort diseksiyonu sırasında olduğu gibi sinyalin kendisinin anormal iletiminden veya sinyal iletiminin engellenmesine neden olan vasküler durumdan (torasik çıkış sendromu, göğüs boyunca belirgin darlık) kaynaklanabilir. Teknikle ilgili sorunlar, invazif kan basıncı izleme için kullanılan dönüştürücünün ve sıvı dolu kateter sisteminin yetersiz dinamik yanıtına bağlı olabilir. Yetersiz sönümlenmiş dalga biçimleri ve sinyalin rezonansı hem ameliyathanelerde hem de yoğun bakım ortamlarında arter basıncı izleme sırasında sıklıkla karşılaşılr. Sinyalin yetersiz bir şekilde sönümlenmesi, arteriyel empedansın yanlış tahmin edilmesine ve dolayısıyla yanlış bir SV değerine yol açabilir.

PRAM gibi hemodinamik izleme için minimal invaziv bir sistemi doğru bir şekilde kullanma olasılığı, arteriyel dalga formunun kullanıcı tarafından dikkatli bir şekilde gözlemlenmesinden etkilenir. Kullanıcı, yetersiz bir şekilde sönümlenen bir sinyalin hemodinamiğin yanlış yorumlanmasına yol açabileceğinin farkında olmalıdır ki hemodinamiği izlemek için farklı invazivlik derecelerine sahip cihazlar olsa da

hiçbiri optimal monitör kriterlerini karşılamaz. Bu bağlamda PRAM, özellikle daha invaziv ve agresif bir izlemenin (TEE ve/veya PAK) haklı veya orantısız görüldüğü ortamlarda, standart izleme sistemlerine uygulanabilir ve etkili bir alternatif gibi görünmektedir.

PRAM herhangi bir kalibrasyon veya ek bir invaziv prosedür gerektirmediğinden, zaman alıcı değildir ve hastayı santral venöz kateterizasyona bağlı potansiyel komplikasyonlara maruz bırakmaz.

PRAM'ın kullanımı kolay gibi görünse de, altta yatan kardiyovasküler patofizyolojinin anlaşılması, görüntülenen verilerin yanlış yorumlanmasını önlemek için birincil öneme sahiptir. Son olarak, elde edilen verilerin PRAM tarafından yorumlanmasından önce arteriyel dalga morfolojisinin kullanıcı tarafından dikkatli bir şekilde gözlemlenmesi ilk ve önemli katkıyı temsil eder.

3. MATERYAL-METOD

Çalışma için, Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 31.03.2022 tarihli ve 3 nolu toplantısında onay alınmıştır. Bu çalışma; hastalara bilgi verilip aydınlatılmış onayı alındıktan sonra Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Üroloji ameliyathane odasında yapılmıştır. Çalışmaya aynı anestezi ve cerrahi ekip tarafından aynı prosedür uygulanacak hastalar alınmıştır.

Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi'nde Mayıs 2022 Mayıs 2023 tarihleri arasında Perkütan nefrolitotomi (PCNL) operasyonu yapılacak 18-60 yaş arasında, BMI< 30, ASA I-II olan 40 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Bilinen bir kardiyak hastalığı (kardiyak ritim bozukluğu, kalp kapak hastalığı, kardiyak cerrahi hikayesi, pacemaker veya implante kardiyak defibrilatör vb.) hikayesi olan, renal hastalığı olan, operasyon öncesi kolloid mayii kullanım hikayesi olan, vazoaktif ve inotropik ilaç kullanım hikayesi olan hastalar çalışma dışı bırakılmıştır.

Hastalara operasyondan 6 saat önce oral katı gıdaların kesilmesi, operasyon saatinden 2 saat öncesine kadar berrak, şekersiz sıvı gıdaları tüketebileceği hakkında bilgi verilmiştir. Hastalara operasyon odasına alınma aşamasında anksiyete yaşamaları amacıyla 2 mg midazolam ile premedikasyon uygulanmıştır. Ameliyat masasına alınan hastaya non-invaziv arteriyel tansiyon ölçümü ile 45 derecede passive leg raise pozisyondayken veya 30 derece başaşağı trendelenburg pozisyonlarda tansiyon değerleri arasında %15' ten fazla fark olması halinde 200 ml salin uygulanmıştır. Tekrarlayan ölçümlerde %15' ten fazla farkın olması halinde 200 ml salin infüzyon farkın olmadığı görülene kadar tekrarlanmıştır. 1000 ml den fazla salin yüklemesine rağmen fark var ise hasta çalışma dışı bırakılmıştır. Çalışmaya dahil edilen hastaların demografik verileri ve vital parametreleri kaydedilmiştir. Farkın olmadığı görüldükten sonra hastalara radial arter üzerinden steril şartlarda radial arter katateri takılmıştır. Mostcare cihazı ile monitörize edilmiş ve anestezi öncesi supin, litotomi ve prone pozisyonlarının 5. dakikasında kalp atış hızı (HR), sistolik, diastolik ve ortalama arter basınçları (MAP, mmHg), kardiyak indeks (CI), kardiyak output (CO), kontraktilite (dP/dt max, mmHg/sn), arteriyel elastans (Ea) ve verimlilik (CCE),

stroke volum variation (SVV) ve pulse pressure variation(PPV) parametreleri not edilmiştir. Hastalara 2-3 mg/kg propofol, 0,7 mg/kg rokuronyum, 1 mg/kg fentanil ile anestezi indüksiyonu uygulanmış ve TOF değerinde %90'dan yüksek sönme değeri görüldüğü vakit endotrakeal entübasyon uygulanmıştır. Entübasyonun ardından tidal volüm 8mL/kg, solunum frekansı 12-16/dakika, %50 O2 / hava karışımı sağlanarak mekanik ventilasyon ayarı yapılmıştır. Anestezi idamesi BIS %40-60 değerleri arasında anestezi derinlik sağlayan MAC değeri ile desfluran anestezisi ile devam ettirilmiştir. Endotrakeal entübasyon sonrası inhaler anestezi idamesinde supin pozisyonda 5. dk'da, ardından litotomi pozisyonuna alınıp 5. dk'da; ardından prone pozisyona alınıp 5. dk'daki parametreler not edilmiştir. PRAM parametrelerinin cerrahi stimülasyondan etkilenmemesi için bütün değerler cerrahi işleme başlanmadan önce kaydedilmiştir. Bu çalışma ile hastaların anestezi öncesi ve genel anestezi altında supin, litotomi ve prone pozisyonların Mostcare cihazı ile elde edilen verilere etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler anestezi öncesi elde edilen veriler ile istatistiksel olarak kıyaslanmıştır.

3.1. Örneklem Büyüklüğü Hesabı ve İstatistik:

Çalışma öncesi supin pozisyonda uyanık ve anestezi altında CPI parametresi ile yapılan preliminar çalışmada (Uyanık supin CPI : 0.69 ± 0.22 (n:5), Anestezi altında supin CPI= 0.47 ± 0.14 (n:5)) minimum çalışma büyüklüğünün 32 olduğu görülmüş olup, çalışma dışı kalabilecek hastaların olabileceği göz önünde bulundurularak 40 hastanın çalışmaya dâhil edilmesi planlanmıştır (type 1 error=0.05, type 2 error=0.10 and power=0.95).

İstatistiksel analiz için program SPSS (SPSS Statistics version 20.0-IBM, Armonk, NY, USA) istatistik programı kullanılmıştır. Verilerin dağılımlarının değerlendirilmesi için Kolmogorov-Smirnov testi kullanılmıştır. Bağımlı gruplar arasında ki iki farklı değişkenin değerlendirilmesinde Wilcoxon sign ranks testi, bağımlı gruplar arasında ki üç farklı değişkenin değerlendirilmesinde Friedman testi ve Friedman testinin post-hoc değerlendirilmesinde Wilcoxon sign ranks testi kullanılmıştır. $p < 0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı olarak değerlendirilmiştir.

4.BULGULAR

Hastaların demografik verileri değerlendirildiğinde hastaların yaş ortanca değerleri 46 [38-57] ve BMI ortanca değerleri 27,35[25,92-29,08] idi. Tüm hastalar ASA I-II idi

Tablo 3: Demografik Özellikler

Yaş	46 [38-57]
BMI	27,35 [25,92-29,08]
Cinsiyet	25/15
ASA (I/II)	29/11

Supin pozisyonda uyanık ve genel anestezi sırasında hastalarda MAP, KH, CI, CCE, dp/dT ve CPI parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardı(Tablo 2)(p<0,05). Ea parametresinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi(p>0,05). Map, CI, CCE, CPI, dp/dt verilerin ortalama değeri azaldı. PPV ve SVV verileri uyanık hastalarda doğruluğu düşük olduğundan karşılaştırılmaya dahil edilmedi.

Tablo 4: Supin Pozisyonunda Genel Anestezi Öncesi Ve Genel Anestezi Sonrasında PRAM Parametrelerinin Değerlendirilmesi.

	Uyanık Supin	Genel Anestezi Supin	P*
MAP (mmHg)	93 [86-102]	73 [67-81]	<0,001
KH (atım/dk)	79 [67-89]	83 [74-93]	0,039
CI (L/dk/m ²)	3,1 [2,75-3,9]	2,2 [1,9]	<0,001
CCE(unit)	0,19 [0,0-0,27]	0,005 [-0,08-0,17]	<0,001
dp/dt max (mmHg/msn)	1,17 [1,03-1,49]	0,78 [0,71-0,94]	<0,001
Ea (mmHg/ml)	1,1 [0,94-1,23]	1,27 [0,93-1,58]	0,056
CPI (W/m ²)	0,69 [0,55-0,91]	0,36 [0,30-0,50]	<0,001

MAP; Ortalama Arter Basıncı, KH; Kalp Hızı, CI: Kardiyak İndeks, SVI: Stroke volüme indeksi, CCE; Kardiyak Siklus Verimliliği, dP/dt max; Kontraktilite, Ea: Arteriyel Elastans, CPI: Kardiyak İş Gücü İndeksi. Veriler median [IQR] olarak ifade edilmiştir. ^a Wilcoxon Signed Ranks

Litotomi pozisyonunda uyanık ve genel anestezi sırasındaki hastalarda MAP, CI, CCE, dp/dT ve CPI parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (Tablo 3) ($p < 0,05$). KH, Ea parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi ($p > 0,05$). MAP, CI, dp/dt, CPI verilerinin ortalama değeri azalırken CCE değeri artış gösterdi. PPV ve SVV verileri uyanık hastalarda doğruluğu düşük olduğundan karşılaştırılmaya dahil edilmedi.

Tablo 5: Litotomi Pozisyonu Altında Genel Anestezi Öncesi Ve Genel Anestezi Sonrasında PRAM Parametrelerinin Değerlendirilmesi

	Uyanık Litotomi	Genel Anestezi Litotomi	p*
MAP (mmHg)	95 [88-103]	72 [68-78]	<0,001
KH (atım/dk)	79 [67-87]	76 [68-80]	0,324
CI (L/dk/m ²)	3,26 [2,8-4,15]	2,4 [2,1-2,8]	<0,001
CCE(unit)	0,17 [0,0-0,3]	0,6 [0,0-0,2]	0,015
dp/dt max (mmHg/msn)	1,23 [1,05-1,62]	0,82 [0,71-0,90]	<0,001
Ea (mmHg/ml)	1,00 [0,89-1,17]	1,06 [0,9-1,36]	0,161
CPI (W/m ²)	0,66 [0,54-0,90]	0,37 [0,34-0,49]	<0,001

MAP; Ortalama Arter Basıncı, KH; Kalp Hızı, CI: Kardiyak İndeks, SVI; Stroke volüme indeksi, CCE; Kardiyak Siklus Verimliliği, dp/dt max; Kontraktilite, Ea: Arteriyel Elastans, CPI: Kardiyak İş Gücü İndeksi. Veriler median [IQR] olarak ifade edilmiştir. ^a Wilcoxon Signed Ranks

Prone pozisyonunda uyanık ve genel anestezi altındaki hastalarda MAP, CI, dp/dT ve CPI arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardı (Tablo 4) ($p < 0,05$). KH, CCE ve Ea parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi. MAP, CI, dp/dt, CPI verilerin ortalama değerleri azaldı. PPV ve SVV verileri uyanık hastalarda doğruluğu düşük olduğundan karşılaştırılmaya dahil edilmedi.

Tablo 6: Prone Pozisyonu Altında Genel Anestezi Öncesi Ve Genel Anestezi Sonrasında PRAM Parametrelerinin Değerlendirilmesi.

	Uyanık pron	Genel Anestezi pron	P*
MAP (mmHg)	93 [86-101]	74 [66-86]	<0,001
KH (atım/dk)	79 [68-91]	75 [66-85]	0,085
CI (L/dk/m ²)	2,9 [2,4-3,45]	2,2 [1,9-2,6]	<0,001
CCE(unit)	0.001 [-0,04-0,26]	0,001[-0,27-0,19]	0,075
dp/dt max (mmHg/msn)	1,11 [0,95-1,44]	0,74 [0,62-0,88]	<0,001
Ea (mmHg/ml)	1,19 [1,02-1,42]	1,25 [1,0-1,72]	0,49
CPI (W/m ²)	0,6 [0,51-0,70]	0,37 [0,3-0,49]	<0,001

MAP; Ortalama Arter Basıncı, KH; Kalp Hızı, CI: Kardiyak İndeks, SVI; Stroke volüme indeksi, CCE; Kardiyak Siklus Verimliliği, dp/dt max; Kontraktilite, Ea: Arteriyel Elastans, CPI: Kardiyak İş Gücü İndeksi. Veriler median [IQR] olarak ifade edilmiştir. ^a Wilcoxon Signed Ranks

Genel anestezi öncesi uyanık olarak supin, litotomi ve pron pozisyonlar arasında yapılan değerlendirmelerde CI, SVI, CCE, dP/dTmax, Ea ve CPI değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görüldü(Tablo 4)(p<0,05). MAP ve KH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi(p>0,05). PPV ve SVV verileri uyanık halde doğruluğu düşük olduğundan karşılaştırma yapılmadı.

Genel anestezi altında bakılan supin, litotomi ve pron pozisyonları arasında yapılan değerlendirmelerde KH, SVI, Ea, PPV, SVV parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görüldü(Tablo 4)(p<0,05). MAP, CI, CCE, dpP/dTmax ve CPI değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi(p>0,05).

Tablo 7: Genel Anestezi Öncesi Ve Genel Anestezi Sonrası Supin, Litotomi Ve Prone Pozisyonlar Altında PRAM Parametrelerinin Değerlendirilmesi

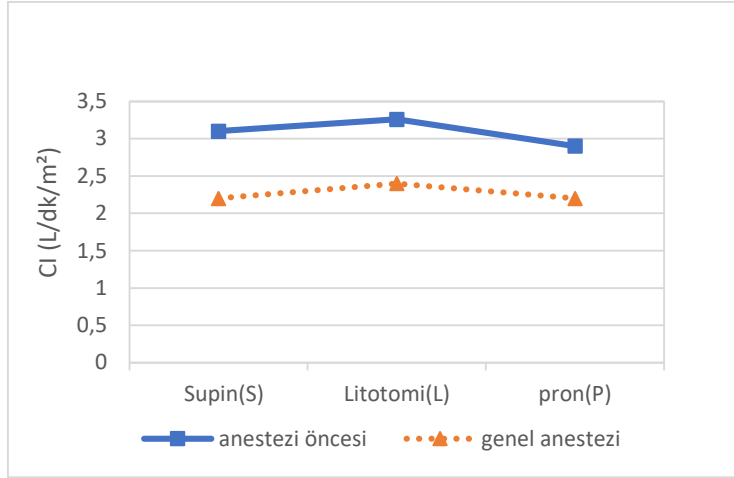
	Uyanık Supin	Uyanık Litotomi	Uyanık prone	p ^a
MAP (mmHg)	93 [86-102]	95 [88-103]	93 [86-101]	0,727
KH (atım/dk)	79 [67-89] ^b	79 [67-87]	79 [68-91]	0,074
CI (L/dk/m ²)	3,1 [2,75-3,9] ^c	3,26 [2,8-4,15] ^d	2,9 [2,4-3,45]	0,004
SVI (ml/atım)	43,07[37,39-47,87] ^{b,c}	46,20[39,09-51,44] ^d	38,63 [33,79-44,42]	<0,001
CCE(unit)	0,19 [0,0-0,27] ^b	0,17 [0,0-0,3] ^d	0,001 [-0,04-0,26]	<0,001
dp/dt _{max} (mmHg/msn)	1,17 [1,03-1,49] ^b	1,23 [1,05-1,62] ^d	1,11 [0,95-1,44]	<0,001
Ea (mmHg/ml)	1,1 [0,94-1,23] ^{b,c}	1,00 [0,89-1,17] ^d	1,19 [1,02-1,42]	<0,001
CPI (W/m ²)	0,69 [0,55-0,91] ^b	0,66 [0,54-0,90] ^d	0,6 [0,51-0,70]	0,006
	Genel Anestezi Supin	Genel Anestezi Litotomi	Genel Anestezi prone	p ^a
MAP (mmHg)	73 [67-81]	72 [68-78] ^d	74 [66-86]	0,067
KH (atım/dk)	83 [74-93] ^{b,c}	76 [68-80]	75 [66-85]	<0,001
CI (L/dk/m ²)	2,2 [1,9]	2,4 [2,1-2,8]	2,2 [1,9-2,6]	0,330
SVI (ml/atım)	30[21,82-36,43] ^{b,c}	32,58[27,27-38,46]	30,99 [24,69-37,69]	0,004
PPV (%)	0,10[0,7-0,14] ^b	0,09[0,7-0,12]	0,10[0,7-0,12]	0,003
SVV (%)	0,11[0,8-0,17] ^c	0,10[0,8-0,15] ^d	0,10[0,6-0,12]	0,006
CCE(unit)	0,005 [-0,08-0,17]	0,6 [0,0-0,2] ^d	0,001[-0,27-0,19]	0,070
dp/dt _{max} mmHg/msn)	0,78 [0,71-0,94]	0,82 [0,71-0,90]	0,74 [0,62-0,88]	0,068
Ea (mmHg/ml)	1,27 [0,93-1,58] ^b	1,06 [0,9-1,36] ^d	1,25 [1,0-1,72]	0,006
CPI (W/m ²)	0,36 [0,30-0,50]	0,37 [0,34-0,49]	0,37 [0,3-0,49]	0,754

MAP; Ortalama Arter Basıncı, KH; Kalp Hızı, CI: Kardiyak İndeks, SVI; Stroke volüme indeksi, CCE; Kardiyak Siklus Verimliliği, dP/dt max; Kontraktilite, Ea: Arteriyel Elastans, CPI: Kardiyak İş Gücü İndeksi. Veriler median [IQR] olarak ifade edilmiştir. ^a Friedman Test, ^b Wilcoxon Sign Ranks test supin-prone, ^c Wilcoxon Sign Ranks test supin-litotomi, ^d Wilcoxon Sign Ranks test litotomi-prone

Genel anestezi öncesi uyanık PRAM parametrelerini incelediğimizde;

Pron pozisyonunda KH değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttı.(p=0,026). Pron ve litotomi pozisyonları karşılaştırıldığında KH değeri sabit kaldı ve istatistiksel olarak anlamlıydı(p=0,019).

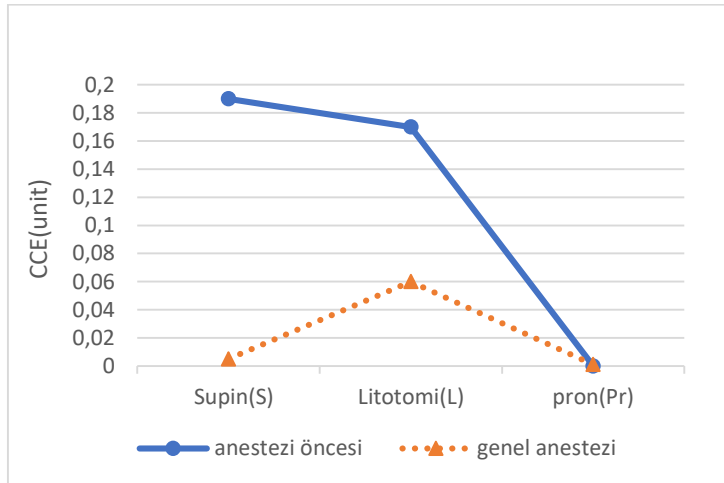
Litotomi pozisyonunda CI değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttı.(p=0,039).Pron pozisyonunda ise CI değeri litotomi pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı(p=0,001).



Şekil 7: CI Parametresinin Anestezi Öncesi Ve Genel Anestezi Sırasında Hasta Pozisyonuna Göre Değişimi (P, friedman test, <0,05).

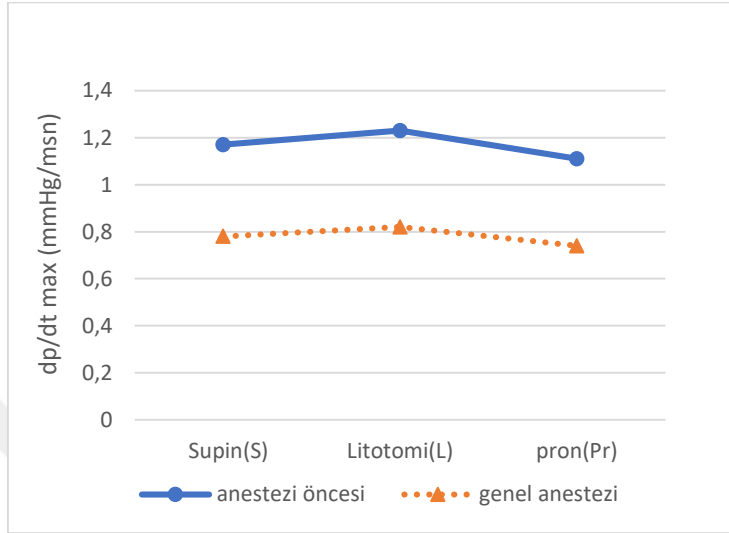
Litotomi pozisyonunda SVI değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttı.($p<0,05$).Pron pozisyonunda ise SVI değeri litotomi pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı($p<0,05$).

Pron pozisyonunda CCE değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı.($p=0,01$). Aynı şekilde pron pozisyonunda CCE değeri litotomi pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı($p=0,003$).



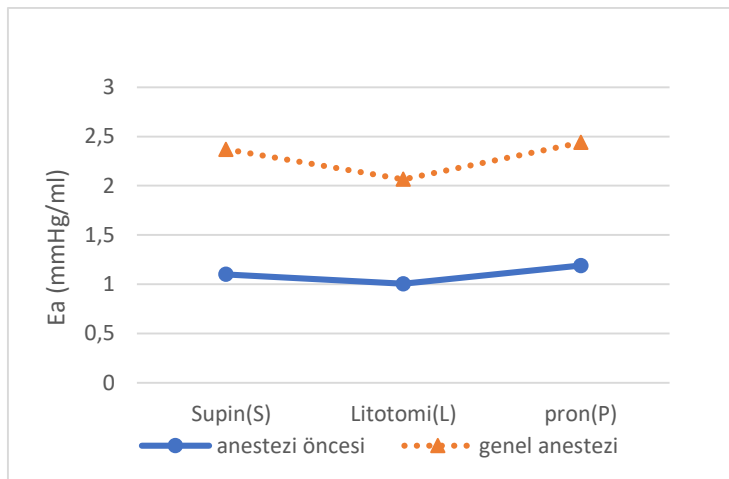
Şekil 8: CCE Parametresinin Anestezi Öncesi Ve Genel Anestezi Sırasında Hasta Pozisyonuna Göre Değişimi (P, friedman test, <0,05).

Pron pozisyonunda dP/dTmax değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı.(p=0,02). Aynı şekilde pron pozisyonunda dP/dTmax değeri litotomi pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı(p<0,001).



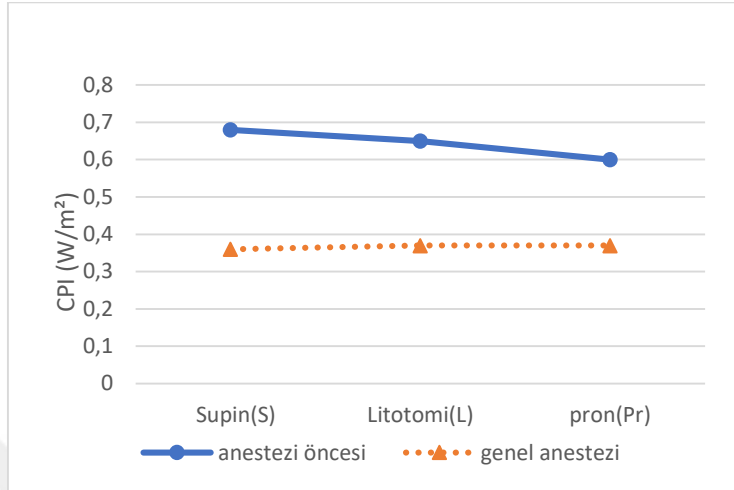
Şekil 9: Dp/dt_{max} Parametresinin Anestezi Öncesi Ve Genel Anestezi Sırasında Hasta Pozisyonuna Göre Değişimi. (P, friedman test, <0,05).

Pron pozisyonunda Ea değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı.(p=0,029). Aynı şekilde pron pozisyonunda Ea değeri litotomi pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı(p<0,001).



Şekil 10: Ea Parametresinin Anestezi Öncesi Ve Genel Anestezi Sırasında Hasta Pozisyonuna Göre Değişimi (P, friedman test, <0,05).

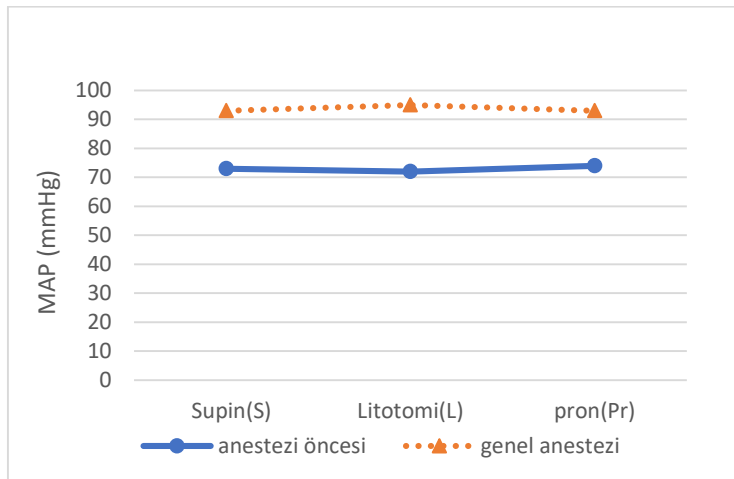
Pron pozisyonunda CPI değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı.(p=0,08). Aynı şekilde pron pozisyonunda CPI değeri litotomi pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı(p=0,006).



Şekil 11: CPI Parametresinin Anestezi Öncesi Ve Genel Anestezi Sırasında Hasta Pozisyonuna Göre Değişimi (P, friedman test, <0,05).

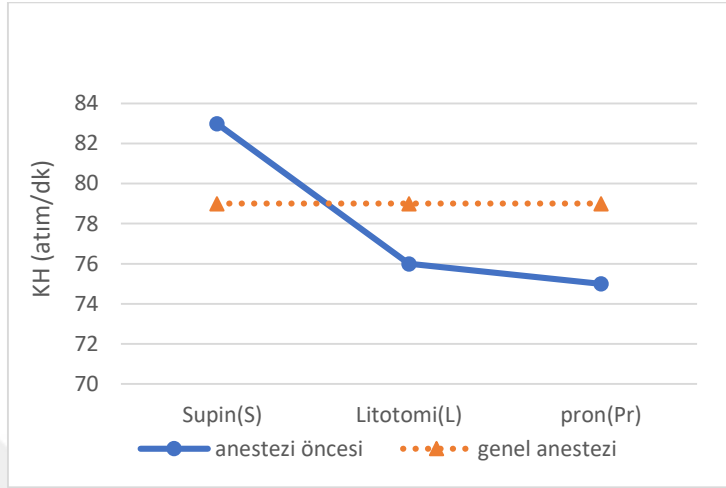
Genel anestezi sırasında PRAM parametrelerini incelediğimizde;

Pron pozisyonunda MAP değeri litotomi pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı(p=0,049). Diğer pozisyonlar arasında anlamlı bir fark görülmedi.



Şekil 12: CI Parametresinin Anestezi Öncesi Ve Genel Anestezi Sırasında Hasta Pozisyonuna Göre Değişimi (P, friedman test, <0,05).

Litotomi pozisyonunda KH değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı($p<0,001$). Aynı şekilde pron pozisyonunda KH değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı($p<0,001$).

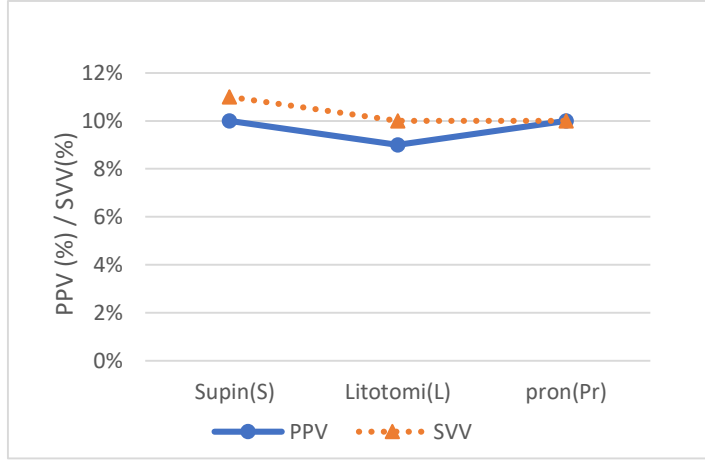


Şekil 13: KH Parametresinin Anestezi Öncesi Ve Genel Anestezi Sırasında Hasta Pozisyonuna Göre Değişimi (P, friedman test, $<0,05$).

Litotomi pozisyonunda SVI değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttı($p<0,05$). Pron pozisyonunda SVI değeri supin pozisyonuna göre sabit kaldı istatistiksel olarak anlamlıydı($p<0,05$).

Litotomi pozisyonunda PPV değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı($p=0,016$). Diğer pozisyonlar arasında PPV değerinde anlamlı bir fark bulunmadı($p>0,05$).

Pron pozisyonunda SVV değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı($p=0,05$). Litotomi ve pron pozisyonları karşılaştırıldığında SVV değeri sabit kaldı ve istatistiksel olarak anlamlıydı($p>0,049$).



Şekil 14: PPV ve SVV parametrelerinin anestezi öncesi ve genel anestezi sırasında hasta pozisyonuna göre değişimi. (P, friedman test, <0,05).

Pron pozisyonunda CCE değeri litotomi pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı($p=0,46$). Diğer pozisyonlar arasında CCE değerinde anlamlı bir fark bulunmadı($p>0,05$).

Litotomi pozisyonunda Ea değeri supin pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldı($p=0,02$). Pron pozisyonunda ise Ea değeri litotomi pozisyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttı($p<0,12$).

5.TARTIŞMA

Çalışmamızda; elektif perkütan nefrolitotomi cerrahi geçiren, ASA I-II hastaların farklı cerrahi pozisyonlarının hemodinamik etkilerini minimal invaziv, kalibrasyon ihtiyacı olmayan Mostcare sistemi(Vygon, Écouen, Fransa) ile inceledik. Bu sistem PRAM yöntemini kullanarak nabız kontur analizi yapmakta olup kardiyak verimlilik parametresi (CCE) ve daha ileri hemodinamik parametreler elde etmektedir. Cerrahi mortalite ve postoperatif komplikasyonların olumlu sonuçları açısından ‘perioperatif hemodinamik optimizasyon’ kavramı ve ERAS protokollerin önem kazandığı(52-56) günümüzde cerrahi pozisyonun hemodinamik etkileri hakkında arteriyel kanülasyon gibi minival invazyon ile hassas ve yüksek doğruluklu PRAM yöntemi kullanarak önemli bilgiler elde etmemiz çalışmamıza daha da önem katmıştır. Bu bağlamda çalışmamızın, cerrahi hasta pozisyonunun hemodinamik etkilerini bu yöntemle inceleyen ilk çalışma olduğunu biliyoruz.

Çalışmamıza dahil edilen hastalar farklı gruplara ayrılmadığından ve farklı pozisyonlar her hastaya uygulandığından homojenite açısından sonuçların güvenilirliğini artırmıştır.

CCE, hemodinamik optimizasyon için dolaşım sisteminin harcadığı enerji miktarını tahmin eden bir kardiyak parametredir (109). Kardiyovasküler sistemin etkinliği, ventrikül ile arteriyel sistem arasındaki optimizasyona bağlıdır ki; optimal ventrikülo-arteryel (V-A) eşleşmenin sağlandığı nisbette kardiyak verimlilik o kadar yüksek olacaktır (110, 111, 112).

Başta CCE olmak üzere PRAM monitörünün sağladığı CI, CPI, dp/dt_{max} , Ea, SVV, PPV gibi ileri kardiyovasküler takip parametrelerin değerlendirilmesi birincil amacımız olmuştur.

Böbrek taşları (nefroliiazis), renal kalikslerde ve pelviste serbest veya renal papillaya yapışık olarak bulunan mineral birikintiler olup toplumda yaygın olup %14,8'e varan oranlarda ve artmaktadır. İlk taş atağından sonraki ilk 5 yıl içinde tekrarlama oranı %50'ye kadar çıkmaktadır. Semptomatik böbrek taşlarının tedavisinde açık cerrahi litotomi yerini minimal invaziv tedavilere özellikle perkütan nefrolito-

tomi (PCNL) yöntemine bırakmıştır ki bu da hasta morbiditesinde azalma, taşsızlık oranlarında iyileşme ve daha iyi yaşam kalitesi sağlamaktadır.

PCNL genellikle kontraendike bir durum söz konusu değilse hasta pron pozisyonunda iken gerçekleştirilir. Bu pozisyona obez veya pron pozisyonunda iken ciddi karın içi basınç artışı oluşacak hastalarda dikkat edilmesi gerekir ki bu tür olgularda pron pozisyonu kardiyolojik ve/veya solunumsal sıkıntılar oluşturabilir(24). Bundan dolayı PCNL operasyonu bu tür vakalarda supin, modifiye supin ya da flank pozisyonlarında gerçekleştirilebilir. Çalışmamızda operasyona alınan bütün vakalar hasta pron pozisyonunda iken gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle hastalara litotomi pozisyonunda sistoskopi yapılarak operasyon planlanan taraftaki üretere iki ucu açık üreter kateteri koyuldu. Bu kateter PNL yöntemi sırasında böbreğe kontrast madde veya hava infüzyonunu mümkün kılar. Üreter kateteri yerleştirildikten sonra çok dikkatli bir şekilde hasta çevrilerek pron pozisyonuna gelecek şekilde ameliyat masasına alındı ve operasyon gerçekleştirildi. Böylece her hastanın supin, litotomi, pron pozisyonunda uyanık ve genel anestezi altında hemodinamik parametrelerini inceledik.

Çalışmamızda kullandığımız Mostcare basınç kaydı analitik yöntemi (PRAM), tüm kalp döngüsü boyunca arteriyel basınç dalga biçimini analiz eder ve dalga biçiminin yalnızca birkaç milisaniye süren, 'kararsızlık noktaları' adı verilen belirli kısımlarını tanımlar(93). Bu nedenle, saniyede 1000 nokta (1000 Hz) analitik çözünürlük gereklidir. Kararsızlık noktaları, tüm arteriyel basınç dalga formu boyunca dağılmıştır ve esas olarak ileri ve geri yansıyan dalgaların karışımından kaynaklanır(94). Algoritma kardiyovasküler empedansı atımdan atıma tahmin eder ve sistemin; vasküler tonus, kardiyak kontraktilite veya kalp hızı değişikliklerinin bir sonucu olarak vasküler empedanstaki değişikliklere uyum sağlamasına izin verir(95). PRAM, arter basıncından türetilen gerçek zamanlı CO ölçümü için tasarlanmış bir yöntem olup ve herhangi bir başlangıç kalibrasyonu, santral venöz kateterizasyonu veya deneysel verilere dayalı herhangi bir ayarlama gerektirmeyen tek metodolojidir(93).

PRAM'ın çalışması için yalnızca bir arter hattına (radyal, brakial, femoral) ihtiyacı vardır. PRAM, herhangi bir kapta hacim değişikliklerinin esas olarak basınç

değişikliklerine yanıt olarak radyal genleşme nedeniyle meydana geldiği ilkesine dayanır(104). Bu süreç, sol ventrikül ejeksiyonunun kuvveti, pulsatil kan akışını engelleyen arteriyel empedans, kompliyans ve periferik damar direnci dahil olmak üzere bir dizi fiziksel parametre arasındaki dinamik etkileşimi içerir. Bu değişkenler birbiri ile yakından ilişkilidir ve PRAM tarafından eş zamanlı olarak değerlendirilir. Böylece periferik arter seviyesinde algılanan her türlü akım, ister pulsatil ister sürekli olsun, PRAM tarafından değerlendirilir. Nabız kontur analizine göre, basınç dalga formunun pulsatil sistolik kısmının altındaki alandaki değişiklikler SV'deki değişiklikleri yansıtır. PRAM'de diğer nabız kontur analizlerinden farklı olarak alan, basınç eğrisi morfolojisi ve kan akışı arasındaki ilişkinin altında yatan fiziksel kuvvetlerin hem pulsatil hem de sürekli katkıları dikkate alınarak hesaplanır(105,106).

PRAM'ın temelindeki konseptin tamamı diğer nabız kontur analiz yöntemlerinden tamamen farklı şekilde geliştirilmiş teorik bir modelin pratik uygulamasını temsil eder(104-106). Atım hacmi(SV), pulsatil ve sürekli alanın incelenmekte olan dolaşım sisteminin fiziksel özellikleri tarafından belirlenen sistem empedansının[Z(t)] faktörüne oranlanmasıyla hesaplanır. PRAM kullanılarak her deneğin Z(t)'yi doğrudan kendi basınç kayıt sinyalinin analizinden hesaplaması mümkündür(93).

PRAM metodolojisinin bir başka farklı temel özelliği, 1000 Hz'lik frekans örneklemesidir ki diğer nabız kontur analizleri genellikle 100 Hz'lik bir örnekleme oranı kullanır. Bu kadar yüksek frekanslı örnekleme, arter empedansının hesaplanması ve sistolik, diyastolik, ortalama ve dikrotik basıncın doğru ölçümü için birincil öneme sahip olan yüksek derecede hassasiyet sağlar.

CI değişikliklerini gerçek zamanlı olarak hesaplama yeteneği, özellikle kritik hastalarda pratikte kullanımı için PRAM'ı çekici yapmıştır. MostCare, deneysel ve pratik kullanımda, altın standart yöntemler olan termodilüsyon ve ekokardiyografiye karşı doğrulanmıştır ve farklı hemodinamik şartlarda makul CI tahminleri yapmaktadır (113-116). Romano ve Pistolesi, hemodinamik olarak stabil hastalarda PRAM ile CI ölçümlerinin hem doğrudan oksijen Fick yöntemi hem de termodilüsyon yöntemi ile elde edilen CI ölçümleriyle benzer olduğunu göstermiştir(117).

Yapılan bu çalışmaların ışığında biz de, cerrahi hasta pozisyonlarının hemodinamik etkilerinin incelemek için MostCare' in basınç kayıt analitik metot yöntemini (PRAM) tercih ettik.

Çalışmamıza dahil edilen hastalar farklı gruplara ayrılmamış olup farklı pozisyonlar her hastaya uyanık ve genel anestezi sırasında uygulanmıştır. Hastalara ait demografik özellikler tablo 1' de gösterilmiştir.

Supin pozisyonunda uyanık ve genel anestezi sırasında hastalarda MAP, KH, CI, CCE, dp/dT ve CPI parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark vardı(Tablo 2)($p<0,05$). Ea parametresinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi($p>0,05$). Map, CI, CCE, CPI, dp/dt verilerin ortalama değeri azalırken, KH değeri arttı. PPV ve SVV verileri uyanık hastalarda doğruluğu düşük olduğundan karşılaştırılmaya dahil edilmedi. CCE, CI, CPI ve dp/dt_{max} parametrelerinin azalması anesteziye bağlı kardiyak verimlilik, debi ve kontraktilitenin baskılanmasıyla korelasyon gösterdiğini düşünebiliriz.

MAP değeri 93 [86-102] mmHg den 73 [67-81] mmHg ye geriledi. Bu düşüşte anestezinin etkisiyle periferik vasküler direncin azalmasının etkili olduğunu söyleyebiliriz. Bu parametredeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlıydı($p<0,001$).

KH değeri 79 [67-89] atım/dk dan 83 [74-93] atım/dk ya yükseldi ve istatistiksel olarak anlamlı bulundu($p=0,039$). Bu artış anestezi altında periferik direncin ve venöz dönüşün düşüşüne kompensatuar yanıt olabilir. Buna rağmen yine de normal sınırlardaydı(60-100 atım/dk).

CI parametresi 3,1 [2,75-3,9] L/dk/m² den 2,2 [1,9-2,7] L/dk/m² ye düştü ki istatistiksel olarak anlamlıydı($p<0,001$). Bu düşüş normal sınırların(2,6-3,8 L/dk/m²) biraz altındaydı. Atım hacmi ve kalp hızıyla orantılı olan CI' nin kalp hızı artarken parametrenin düşmesinde anestezi sırasında venöz dönüşün azalmasına bağlı olarak sol ventrikül diyastol sonu basınçlarında azalmasının ve ardından Frank-Starling ilişkisine göre atım hacminin azalmasının etkili olduğunu düşünebiliriz.

Hastalarımızı kardiyak verimlilik (CCE) açısından incelediğimizde 0,19 [0,0-0,27] unit den 0,005 [-0,08-0,17] unit e düştüğünü gördük($p<0,001$); ancak yine de normal sınırlardaydı(-0,2 – 0,3 unit). Normal değerlerde ventrikülo-atriyal eşleşme-

sinin ve kardiyak verimliliğin daha optimum düzeylere yaklaştığının göstergesi olan bu parametrenin azalması verimliliğin azaldığını gösterir. Bu azalmada, kalp hızının artışına bağlı olarak diyastol süresinin kısalması sonucu ön yükte azalma ve anesteziklerin kalp kontraktilitesini azaltması ile arteryal sistem kompliyans hareketini bozmasının etkili olduğunu söyleyebiliriz.

CPI parametresi 0,69 [0,55-0,91] w/m² den 0,36 [0,30-0,50] w/m² ye düşmesine rağmen normal sınırların(0,5-0,7 W/m²) biraz altındaydı. Formüle göre ($CPI = \frac{MAP \times CI}{451}$) CPI'daki düşüşün kardiyak debi ve MAP düşüşünden etkilendiğini ve korelasyon gösterdiğini ifade edebiliriz.

Kardiyak kontraktilite göstergesi olan dp/dt_{max} 1,17 [1,03-1,49] mmHg/msn den 0,78 [0,71-0,94] mmHg/msn ye düştü. Bu düşüş normal sınırların(0,9-1,3 mmHg/msn) biraz altındaydı. Anestezinin venöz dönüşü azaltmasının ve direk kardiyak depresan özelliğinin kardiyak kontraktiliteyi azalttığını söyleyebiliriz.

Ea parametresinin 1,1 [0,94-1,23] mmHg/ml den 1,27 [0,93-1,58] mmHg/ml ye yükseldiğini gördük; ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildi(p=0,56). Vasküler direnci gösteren Ea değerinin anestezisi sırasında düşmesini beklerken, normal sınırlarda(1,1-1,4 mmHg/ml) hafif artışının başka kompensatuar mekanizmalara bağlı olduğunu düşünebiliriz.

Litotomi pozisyonunda uyanık ve genel anestezisi sırasındaki hastalarda MAP, CI, CCE, dp/dT ve CPI parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu(Tablo 3)(p<0,05). KH, Ea parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi(p>0,05). MAP, CCE, CI, dp/dt, CPI verilerinin ortalama değeri azaldı. PPV ve SVV verileri uyanık hastalarda doğruluğu düşük olduğundan karşılaştırılmaya dahil edilmedi. CCE, CI, CPI ve dp/dt_{max} parametrelerinin azalması anestezisiye bağlı kardiyak verimlilik, debi ve kontraktilitenin baskılanmasıyla ilişkili olabilir.

MAP değeri 95 [88-103] mmHg den 72 [68-78] mmHg ye düştü. Bu düşüş anestezinin etkisiyle periferik vasküler direncin azalmasına bağlı olduğu düşünüldü. Bu parametredeki değişiklik istatistiksel olarak anlamlıydı(p<0,001).

KH değeri 79 [67-87] atım/dk dan 76 [68-80] atım/dk ya düştü; fakat bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı(p=0,324). Anestezinin etkisiyle periferik di-

rencin ve venöz dönüşün düşüşüne kompensatuar yanıt olarak KH artışının görüldüğü supin pozisyonunun aksine litotomi pozisyonunda KH in azalmasına venöz dönüş artışının katkısı olabilir.

CI parametresi 3,26 [2,8-4,15] L/dk/m² den 2,4 [2,1-2,8] L/dk/m² ye düştü ve istatistiksel olarak anlamlıydı(p<0,001). Bu düşüş normal sınırların(2,6-3,8 L/dk/m²) biraz altındaydı. Atım hacmi ve kalp hızıyla orantılı olan CI' nin kalp hızı ve anestezi sırasında venöz dönüşün azalmasına bağlı olarak sol ventrikül diyastol sonu basınçlarında azalmaya ve ardından Frank-Starling ilişkisine göre atım hacminde azalmaya neden olabilir. CI nin supin pozisyonundakinden daha az azalması litotomi pozisyonunun venöz dönüş olumlu katkısına bağlı olabilir.

Hastalarımızı kardiyak verimlilik (CCE) açısından incelediğimizde parametrenin 0,17 [0,0-0,3] unit den 0,06 [0,0-0,2] unit e düştüğünü gördük; ancak yine de normal sınırlardaydı(-0,2 – 0,3 unit). Normal değerlerde ventrikülo-atriyal eşleşmesinin ve kardiyak verimliliğin daha optimum düzeylere yaklaştığının göstergesi olan bu parametrenin azalması verimliliğin azaldığını gösterir. Bu azalmada, kalp hızının sabit kalmasına rağmen kullanılan anesteziğin kalp kontraktilitesini azaltması ile arteriyel sistem kompliyans hareketini bozmasının etkili olduğunu söyleyebiliriz. Mevcut azalmanın supin pozisyonundakine göre daha az olması litotomi pozisyonunun venöz dönüş olumlu katkısına bağlı olabilir.

Kardiyak kontraktilite göstergesi olan dP/dt_{max} 1,23 [1,05-1,62] mmHg/msn den 0,82 [0,71-0,90] mmHg/msn ye düştü. Bu düşüş normal sınırların(0,9-1,3 mmHg/msn) biraz altındaydı. Anestezinin venöz dönüşü azaltmasının ve direk kardiyak depresan özelliğinin kardiyak kontraktiliteyi azaltmasının etkili olduğunu söyleyebiliriz. Ancak bu parametredeki düşüş supin pozisyona göre daha az olması litotomi pozisyonunun venöz dönüş olumlu katkısıyla açıklanabilir.

Ea parametresinin 1,00 [0,89-1,17] mmHg/ml den 1,06 [0,9-1,36] mmHg/ml ye yükselmesine rağmen istatistiksel olarak anlamlı değildi. Değerler normal sınırların(1,1-1,4 mmHg/ml) biraz altındaydı. Vasküler direnci gösteren Ea değerinin anestezi sırasında düşmesini beklerken, normal sınırlarda(1,1-1,4 mmHg/ml) hafif artışının başka kompensatuar mekanizmalara bağlı olduğunu düşünebiliriz.

CPI parametresi 0,66 [0,54-0,9] w/m² den 0,37 [0,34-0,49] w/m² ye düştü ki normal sınırların(0,5-0,7 W/m²) biraz altındaydı. Formüle göre ($CPI = MAP \times CI / 451$) CPI'daki düşüşün kardiyak debi ve MAP düşüşünden etkilendiğini ve korelasyon gösterdiğini ifade edebiliriz.

Prone pozisyonda uyanık ve genel anestezi altındaki hastalarda MAP, CI, dp/dT ve CPI arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardı (Tablo 4)(p<0,05). KH, CCE ve Ea parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi. MAP, CI, dp/dt, CPI verilerin ortalama değerleri azaldı. PPV ve SVV verileri uyanık hastalarda doğruluğu düşük olduğundan karşılaştırılmaya dahil edilmedi.

MAP değeri 93 [86-101] mmHg den 74 [66-86] mmHg ye düştü. Bu düşüşün anestezinin etkisiyle periferik vasküler direncin azalmasına bağlı olduğ u düşün üldü. Bu parametredeki değ iş iklik istatistiksel olarak anlamlıydı(p<0,001).

KH değeri 79 [67-87] atım/dk dan 75 [66-85] atım/dk ya düştü ve bu düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı(p>0,05). Litotomi pozisyonuna benzer şekilde KH in azalması pron pozisyonunda genel anestezi sırasında venöz dönüşün supin pozisyonu kadar azalmadığına bağ layabiliriz.

CI parametresi 2,9 [2,4-3,45] L/dk/m² den 2,2 [1,9-2,6] L/dk/m² ye düştü ki istatistiksel olarak anlamlıydı(p<0,001). Bu düşüş normal sınırların(2,6-3,8 L/dk/m²) altındaydı. Atım hacmi ve kalp hızıyla orantılı olan CI' nin kalp hızının ve anestezi sırasında venöz dönüşün azalmasına bağlı olarak sol ventrikül diyastol sonu basıncında azalmaya ve ardından Frank-Starling ilişkisine göre atım hacminde azalmaya neden olabilir.

Hastalarımızı kardiyak verimlilik (CCE) açısından incelediğimizde bu parametrenin 0,001[-0,04 - 0,26] unit ile 0,001 [-0,27- 0,19] unit arasında ve normal sınırlarda(-0,2 – 0,3 unit) sabit kaldığını gördük. Normal değerlerde ventrikulo-atriyal eşleşmesinin ve kardiyak verimliliğin daha optimum düzeylere yaklaştığının göstergesi olan bu parametrenin sabit kalması kardiyak verimlilik açısından anestezi öncesi ve sonrasında değ iş iklik olmadığını gösterebilir.

Kardiyak kontraktilite göstergesi olan dp/dt_{max} 1,11 [0,95-1,44] mmHg/msn den 0,74[0,62-0,88] mmHg/msn ye düştü. Bu düşüş normal sınırların(0,9-1,3

mmHg/msn) biraz altındaydı. Anestezinin venöz dönüşü azaltmasının ve direk kardiyak depresan özelliğinin kardiyak kontraktiliteyi azaltmasının etkili olduğunu söyleyebiliriz. Bu parametredeki düşüş supin pozisyona benzer ve litotomi pozisyonuna göre daha fazla olduğunu ifade edebiliriz.

Ea parametresinin 1,19 [1,02-1,42] mmHg/ml den 1,25 [1,0-1,72] mmHg/ml ye yükselmesine rağmen istatistiksel olarak anlamlı değildi($p>0,05$). Değerler normal sınırların(1,1-1,4 mmHg/ml) biraz altındaydı. Supin pozisyonuna benzer şekilde Ea'nın artması vasküler direncin artışı gösterebilir.

CPI parametresi 0,6 [0,51-0,70] w/m^2 den 0,37 [0,3-0,49] w/m^2 ye düştü ve bu normal sınırların(0,5-0,7 W/m^2) biraz altındaydı. Formüle göre ($CPI = MAP \times CI / 451$) CPI'daki düşüşün kardiyak debi ve MAP düşüşünden etkilendiğini ve korelasyon gösterdiğini ifade edebiliriz.

Genel anestezi öncesi uyanık olarak supin, litotomi ve pron pozisyonlar arasında yapılan değerlendirmelerde CI, SVI, CCE, dP/dT_{max} , Ea ve CPI değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görüldü(Tablo 4)($p<0,05$). MAP ve KH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi($p>0,05$). PPV ve SVV verileri uyanık halde doğruluğu düşük olduğundan karşılaştırma yapılmadı.

Uyanık halde supin, litotomi ve pron pozisyonları karşılaştırıldığında MAP değerleri supin ve pron pozisyonlarında 93 [86-102] mmHg ve 93 [86-102] mmHg değerleri ile birbirine eşit olmakla birlikte litotomi pozisyonundaki 95 [88-103] mmHg değerinden hafif düşüktü. Bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı olmasa da pron pozisyonunda vasküler direncin artmasına rağmen MAP'ın korunması daha önce yapılan çalışmalarla paraleldi(41). Farklı hasta pozisyonlarının MAP değerlerini anlamlı ölçüde değiştirmedikini söyleyebiliriz.

KH değerleri supin, litotomi ve pron pozisyonların hepsinde sırasıyla 79 [67-89] atım/dk, 79 [67-87] atım/dk ve 79 [68-91] atım/dk değerleriyle birbirine eşit olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı değildi($P>0,05$). Farklı hasta pozisyonlarının KH'ını değiştirmedikini görüldü.

CI değerleri supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 3,1 [2,75-3,9] L/dk/ m^2 , 3,26 [2,8-4,15] L/dk/ m^2 ve 2,9 [2,4-3,45] L/dk/ m^2 şeklindeydi. En yüksek

değerin litotomi pozisyonunda olduğunu gördük. Bu incelememiz litotomide, venöz dönüş için itici basınç olan ortalama dolaşım basıncındaki artış yoluyla sağ kardiyak ön yükü artırdığı ve sağ ventrikül ön yüke duyarlı ise, sistemik venöz dönüşteki artış, sağ kalp debisinde dolayısıyla sol ventrikül doluşunda artışa neden olduğu böylece sol ventrikül ön yük rezervinin derecesine bağlı olarak kalp debisinin arttığını ifade eden çalışmalarla paraleldi (32-37). En düşük değer pron pozisyonunda olduğunu gördük. Pron pozisyonda CI'deki bu azalma başka çalışmalarla da doğrulanmıştı(42, 47, 48).

SVI değerleri supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 43,07[37,39-47,87] ml/atım, 46,20[39,09-51,44] ml/atım ve 38,63 [33,79-44,42] ml/atım şeklindeydi. En yüksek değer litotomi pozisyonunda olmasını pozisyonun sistemik venöz dönüşteki artışa, sağ kalp debisinde dolayısıyla sol ventrikül doluşunda artışa neden olduğuna böylece atım hacminin artmasına bağlayabiliriz.

CCE parametresi supin, litotomi ve pron pozisyonlarında 0,19 [0,0-0,27] unit, 0,17 [0,0-0,3] unit ve 0,001 [-0,04-0,26] unit şeklindeydi. Kardiyak verimliliği gösteren bu parametrenin supin pozisyonunda en yüksek olması bu pozisyonun optimum pozisyon olduğunu da gösterebilir. Pron pozisyonunda ise en düşük değerdeydi.

dP/dT_{max} parametresi supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 1,17 [1,03-1,49] mmHg/msn, 1,23 [1,05-1,62] mmHg/msn ve 1,11 [0,95-1,44] mmHg/msn değerlerindeydi. En yüksek değer litotomi pozisyonunda görüldü. Kardiyak kontraktilitenin rezervuara bağlı olarak ön yükle ilişkili olduğunu düşünürsek kontraktilite parametresinin litotomi pozisyonunda en yüksek olması çalışmalarla uyumluluk gösterdi. Pron pozisyonunda ise en düşük değerde olması kontraktilitenin esas belirleyicisi olan venöz dönüşün bu pozisyonda azalması diğer çalışmalarla uyumluluk gösterdi(47).

Vasküler direnci gösteren Ea parametresi supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 1,1 [0,94-1,23] mmHg/ml, 1,00 [0,89-1,17] mmHg/ml ve 1,19 [1,02-1,42] mmHg/ml değerleri ölçülmüştür. En yüksek değer pron pozisyonda olması incelememizin, bu pozisyonda sistemik vasküler direncin arttığını gösteren çalışmalarla uyumlu olduğunu gösterdi. En düşük değer litotomi pozisyonunda ölçüldü. İsta-

tiksel olarak pozisyonlara göre farklar bulunsa da klinik olarak değerler birbirine çok yakındı.

CPI parameteresi supin, litotomi ve pron pozisyonlarında 0,69 [0,55-0,91] W/m² , 0,66 [0,54-0,90] W/m² ve 0,6 [0,51-0,70] W/m² şeklinde ölçülmüştür. Bu parametre CCE parametresiyle paralellik gösterip en yüksek değer supin pozisyonundayken en düşük değer pron pozisyonunda ölçüldü. Litotomi ve supin pozisyonu arasında istatistiksel olarak fark bulunsa da klinik olarak anlamlı fark değildir.

Genel anestezi altında bakılan supin, litotomi ve pron pozisyonları arasında yapılan değerlendirmelerde ise KH, SVI, Ea, PPV, SVV parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görüldü(Tablo 4)(p<0,05). MAP, CI, CCE, dpP/dTmax ve CPI değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmedi(p>0,05).

MAP değerleri supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 73 [67-81] mmHg, 72 [68-78] mmHg ve 74 [66-86] mmHg değerleri bulundu. İstatistiksel olarak anlamlı fark bulunmasa da klinik olarak hasta pozisyonunun MAP değerlerini değiştirmedini söyleyebiliriz.

KH değerleri supin, litotomi ve pron pozisyonlarında 83 [74-93] atım/dk, 76 [68-80] atım/dk ve 75 [66-85] atım/dk şeklinde ölçüldü ve istatistiksel olarak anlamlıydı(p<0,001). Litotomi ve pron pozisyonlarında birbirine çok yakın olmakla birlikte supin pozisyonunda farklı olarak yüksek çıktı. Uyanık haldeyken pozisyonla KH değişmezken genel anestezi sırasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlendi; ancak bu farklılık klinik olarak göz ardı edilebilir.

MAP değerleri supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 73 [67-81] mmHg, 72 [68-78] mmHg ve 74 [66-86] mmHg şeklinde ölçüldü. İstatistiksel olarak çok küçük farklılıklar olsa da bu değerler ışığında klinik olarak pozisyon farkının MAP değerlerini etkilemediğini ifade edebiliriz. Genel anestezi, uyanık haldeyken yapılan ölçümlere göre değerleri istatistiksel olarak düşürse de pozisyonların etkisi değildi.

CI değerleri supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 2,2 [1,9-2,7] l/dk/m²), 2,4 [2,1-2,8] l/dk/m² ve 2,2 [1,9-2,6] l/dk/m² şeklinde ölçüldü ve istatistik-

sel olarak anlamlı değildi($p>0,05$). En yüksek değer litotomi pozisyonunda ölçüldü. Kalb debisindeki artış litotomi pozisyonundaki venöz dönüş artışıyla sağ ventrikül ön yük artışına, bu artışın da rezervuarı yeterli hastalarda sol ventrikül ön yük artışına bağlı atım hacminin artışına neden olamsıyla açıklanabilir. Supin ve pron pozisyonlarda CI değerleri eşit ve daha düşüktü. Genel anestezi sırasında farklı pozisyonlardaki CI değerleri uyanık haldeki CI değerleri ile paralellik göstermekle beraber daha düşüktü. Bu durum anestezinin kardiyovasküler depressan özelliğiyle açıklanabilir.

SVI değerleri supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 30[21,82-36,43] ml/atım, 32,58[27,27-38,46]ml/atım ve 30,99 [24,69-37,69]ml/atım şeklindeydi ve istatistiksel olarak anlamlıydı($p=0,004$). En yüksek değer litotomi pozisyonunda olmasını pozisyonun sistemik venöz dönüşteki artışa, sağ kalp debisinde dolayısıyla sol ventrikül doluşunda artışa neden olduğuna böylece atım hacminin artmasına bağlayabiliriz.

Nabız basıncı değişim(PPV) parametresi supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 0,1 [0,07-0,14] % , 0,09 [0,07-0,12] % ve 0,1 [0,07-0,12] % şeklinde ölçüldü ve istatistiksel olarak anlamlıydı($p<0,003$). Değerler litotomi pozisyonunda hafif düşük olsa da biri birine eşit sayılabilir. Her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı olan bu farkın klinik olarak anlamı olmasa da litotomi pozisyonunda PPV değerinin düşmesini bu pozisyonunda ön yükün arttığını ifade eden Marik tarafından yapılan çalışmayla da uyumlu bulundu(62). Litotomi pozisyonunda ön yük artışına bağlı bu dinamik parametrede beklenen düşüşün görülmemesi pozisyona bağlı ön yük artışının kısa sürdüğünün göstergesi olabilir ki başka çalışmalarda bahsedilmiştir(38).

Atım hacmi değişim(SVV) parametresi supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 0,11 [0,08-0,17] % , 0,1 [0,08-0,15] % ve 0,1 [0,06-0,12]% şeklinde ölçüldü ve istatistiksel olarak anlamlıydı($p=0,006$). Supin pozisyonunda hafif yüksek olsa da birbirine eşit kabul edilebilir. İstatistiksel olarak anlamlı olan bu farkın klinik olarak anlam ifade etmediğinden farklı pozisyonların SVV parametresi üzerinde etkisinin olmadığını söyleyebiliriz.

CCE parametresi anestezi altında supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 0,005 [-0,08-0,17] unit, 0,6 [0,0-0,2] unit ve 0,001[-0,27-0,19] unit şeklinde ölçtüğ ve istatistiksel olarak anlamlı değildi($p>0,05$). En yüksek değ er litotomi pozisyonunda olması uyanık halde en yüksek değ er ölçülen supin pozisyonundan farklıydı. Genel anestezinin kardivasküler depresan etkisinin litotomi pozisyonunda ön yükün artırılmasıyla kompanzasyon sağlanıp yüksek kardiyak verimlilik elde edilmesiyle açıklanabilir. CCE değ eri genel anestezi sırasında pron pozisyonunda litotomi pozisyonundan daha düşüktü ve istatistiksel olarak anlamlıydı($p=0,046$).

dP/dT_{max} parametresi supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 0,78 [0,71-0,94] mmHg/msn, 0,82 [0,71-0,90] mmHg/msn ve 0,74 [0,62-0,88] mmHg/msn şeklinde ölçüldü ve istatistiksel olarak anlamlı değildi($p>0,05$). Kardiyak kontraktilitenin rezervuara bağı lı olarak ön yükle ilişkili olduğunu düşünürsek kontraktilite parametresinin litotomi pozisyonunda en yüksek olması çalış malarla uyumluluk gösterdi. Pron pozisyonunda ise en düşük değ erde olması kontraktilitenin belirleyici faktörlerinden olan venöz dönüşün bu pozisyonda azalması diğ er çalış malarla uyumluluk gösterdi(43,44).

Ea parametresi supin, litotomi ve pron pozisyonlarında sırasıyla 1,27 [0,93-1,58]mmHg/ml, 1,06 [0,9-1,36]mmHg/ml ve 1,25 [1,0-1,72]mmHg/ml değ erleri ölçüldü ve istatistiksel olarak anlamlıydı($p=0,006$). En yüksek değ erler birbirine çok yakın olarak supin ve pron pozisyonda ölçüldü. Vasküler direnci gösteren bu parametrenin bu pozisyonlarda yüksek olması diğ er çalış malarla uyumluluk gösterdi(42). En düşük değ er litotomi pozisyonunda ölçüldü. İstatiksel olarak pozisyonlara göre farklar bulunsa da klinik olarak değ erler birbirine çok yakındı. Üç pozisyondaki değ erler uyanık halde ölçülen Ea değ erleriyle uyumlu bulundu.

CPI parameteresi supin, litotomi ve pron pozisyonlarında 0,36 [0,30-0,50]W/m² , 0,37 [0,34-0,49] W/m² ve 0,37 [0,3-0,49]W/m² şeklinde ölçüldü ve istatistiksel olarak anlamlı değildi($p>0,05$). Litotomi ve pron pozisyonunda birbirine eşit ve daha yüksek ölçülürken supin pozisyonunda daha küçük ölçüldü.

6.SONUÇ

Çalışmamızda uyanık halde ve genel anestezi sırasında supin, litotomi ve pron pozisyonların hemodinamik etkilerinin PRAM parametreleri ile yapılan detaylı karşılaştırmamızda birincil amacımız ve kardiyak performansın en önemli takip parametrelerinden biri olan kardiyak döngü verimliliği (CCE) pron pozisyonlarında eşit olmak üzere her pozisyonda uyanık haldeyken anestezi sırasındakine göre daha yüksek sonuç elde ettik. Bununla birlikte CCE hiçbir pozisyonda ve anestezi altında negatif değerlere düşmedi. Optimum değer uyanık supin pozisyonunda elde edildiğinden kardiyovasküler sistem için optimum pozisyonun supin pozisyon olduğunu söyleyebiliriz. CI ve CPI parametreleri de CCE ile büyük oranda uyumluluk olduğunu gördük ki bu parametreler de kardiyak alternatif olarak kullanılabilir.

MAP ve KH parametreleri hem uyanık hem de anestezi sırasında tüm pozisyonlarda istatistiksel olarak küçük farklılıklar olsa da klinik olarak bu farklılıkların anlamı olmadığından sabit kaldığını söyleyebiliriz.

İntravasküler hacim durumunun ve sıvı yanıtının etkili bir dinamik göstergesi olarak kullanılan atım hacminin atımdan atıma değişkenliğini yansıtan SVV ve PPV parametreleri uyanık spontan solunum sırasında düşük duyarlılıkta olduğundan sadece anestezi altında ölçülmüş olup tüm pozisyonlarda istatistiksel olarak küçük farklılıklar olsa da klinik olarak bu farklılıkların anlamı olmadığından sabit kaldığını söyleyebiliriz. Litotomi pozisyonunda ön yük artışına bağlı bu dinamik parametrelerde beklenen düşüşün görülmemesi pozisyona bağlı ön yük artışının kısa sürdüğünün göstergesi olabilir.

Kardiyak kontraktilite göstergesi olan dp/dT_{max} parametresi hem uyanık halde hem de anestezi altında en yüksek litotomi pozisyonunda ölçüldü. Tüm pozisyonlarda anestezi altındaki değerler daha düşüktü.

Ea parametresi venöz dönüşün arttığı art yükün azaldığı litotomi pozisyonunda hem uyanık hem de anestezi sırasında en düşüktü. Pron pozisyonunda ise en yüksek değerde ölçüldü ki vasküler direncin en fazla olduğu pozisyon olarak kabul edebiliriz.

Çalışmamıza ASA-2 hastaları dâhil ettiğimizden kardiyovasküler sistemi etkileyen şiddetli hastalıkları olan hastalarda parametrelerden daha farklı sonuçlar elde edilebilir.

Mostcare sisteminin güvenilirliğiyle ilgili endişe, kaydedilen arteriyel basınç sinyalinin kalitesiyle ilgilidir. Sinyal, hastayla ve teknikle ilgili nedenlerden dolayı yetersiz olabilir. Uygun olmayan sinyal alımının hastayla ilgili nedenleri, aort kapak yetersizliğinden veya aort diseksiyonu sırasında olduğu gibi sinyalin kendisinin anormal iletiminden veya sinyal iletiminin engellenmesine neden olan vasküler durumdan (torasik çıkış sendromu, göğüs boyunca belirgin darlık) kaynaklanabilir. Sinyalin yetersiz bir şekilde sönümlenmesi, arteriyel empedansın yanlış tahmin edilmesine ve dolayısıyla yanlış bir SV değerine yol açabilir.

PRAM gibi hemodinamik izleme için minimal invaziv bir sistemi doğru bir şekilde kullanma olasılığı, arteriyel dalga formunun kullanıcı tarafından dikkatli bir şekilde gözlemlenmesinden etkilenir. Kullanıcı, yetersiz bir şekilde sönümlenen bir sinyalin hemodinamiğin yanlış yorumlanmasına yol açabileceğinin farkında olmalıdır.

KAYNAKLAR

- 1.) Saeed R. Khan, Kidney Stones, Nat Rev Dis Primers. 2016 Feb 25; 2: 16008.
- 2.) Daudon M, Doré JC, Jungers P, Lacour B. Changes in stone composition according to age and gender of patients: a multivariate epidemiological approach. *Urol Res.* 2004;32:241–247
- 3.) Khan SR, Hackett RL. Identification of urinary stone and sediment crystals by scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. *J Urol.* 1986;135:818–825
- 4.) Siener R, Netzer L, Hesse A. Determinants of brushite stone formation: a case–control study. *PLoS ONE.* 2013;8:e78996
- 5.) Sakhaee K, Adams-Huet B, Moe OW, Pak CYC. Pathophysiologic basis for normouricosuric uric acid nephrolithiasis. *Kidney Int.* 2002;62:971–979
- 6.) Fellström B, et al. The influence of a high dietary intake of purine-rich animal protein on urinary urate excretion and supersaturation in renal stone disease. *Clin Sci (Lond)* 1983;64:399–405
- 7.) Griffith DP, Osborne CA. Infection (urease) stones. *Miner Electrolyte Metab.* 1987;13:278–285
- 8.) Khan SR, Hackett RL, Finlayson B. Morphology of urinary stone particles resulting from ESWL treatment. *J Urol.* 1986;136:1367–1372
- 9.) Biyani CS, Cartledge JJ. Cystinuria — diagnosis and management. *EAU–EBU Updat Ser.* 2006;4:175–183.
- 10.) Finlayson B, Reid F. The expectation of free and fixed particles in urinary stone disease. *Invest Urol.* 1978;15:442–448
- 11.) Robertson WG, Peacock M, Nordin BE. Calcium oxalate crystalluria and urine saturation in recurrent renal stone-formers. *Clin Sci.* 1971;40:365–374
- 12.) Kanno T, et al. The efficacy of ultrasonography for the detection of renal stone. *Urology.* 2014;84:285–288.
- 13.) Kanno T, et al. Determining the efficacy of ultrasonography for the detection of ureteral stone. *Urology.* 2014;84:533–537

- 14.) Heidenreich A, Desgrandschamps F, Terrier F. Modern approach of diagnosis and management of acute flank pain: review of all imaging modalities. *Eur Urol*. 2002;41:351–362
- 15.) Johnston R, Lin A, Du J, Mark S. Comparison of kidney–ureter–bladder abdominal radiography and computed tomography scout films for identifying renal calculi. *BJU Int*. 2009;104:670–673.
- 16.) Worster A, Preyra I, Weaver B, Haines T. The accuracy of noncontrast helical computed tomography versus intravenous pyelography in the diagnosis of suspected acute urolithiasis: a meta-analysis. *Ann Emerg Med*. 2002;40:280–286
- 17.) Wiesenthal JD, Ghiculete D, D'A Honey RJ, Pace KT. Evaluating the importance of mean stone density and skin-to-stone distance in predicting successful shock wave lithotripsy of renal and ureteric calculi. *Urol Res*. 2010;38:307–313.
- 18.) Türk CK, Petrik A, Sarica K, Skolarikos A, Straub M, Seitz C (ed) (2015) Guideline on urolithiasis. European association of urology, Arnhem, The Netherlands
- 19.) Fernstrom I, Johanson B. Percutaneous pyelolithotomy. *Scand J Urol Nephrol* 1976; 10:257
- 20.) Ramakumar S, Segura JW. Renal calculi. Percutaneous management. *Urol Clin North Am* 2000;27:617-22.
- 21.) Lingeman JE, Lifshitz DA. Surgical management of urinary lithiasis. Campbell's Urology P.C. Walsh Philadelphia, W.B. Saunders Company 2007; 1431-1507.
- 22.) Mariappan P, Smith G, Moussa SA, Tolley DA. One week of ciprofloxacin before percutaneous nephrolithotomy significantly reduces upper tract infection and urosepsis: a prospective controlled study. *BJU Int* 2006; 98(5):1075-9.
- 23.) Kanaroglou A, Razvi H. Percutaneous nephrolithotomy under conscious sedation in morbidly obese patients. *Can J Urol* 2006;13:3153-5
- 24.) Ko R, Soucy F, Denstedt JD and Razvi H. Percutaneous nephrolithotomy made easier: a practical guide, tips and tricks. *BJU Int* 2007;101:535-9.
- 25.) Valdivia Uria JG, Valle J, Villarroya S. Why is percutaneous nephroscopy still performed with patient prone? *J Endourol* 1990;4:269-72.

- 26.) De Sio M, Autorino R, Quarto G, Calabro` F, Damiano R, Giugliano F, et al. Modified supine versus prone position in percutaneous nephrolithotomy for renal stones treatable with a single percutaneous access: a prospective randomized trial. *Eur Urol* 2008;54:196-202
- 27.) Watterson JD, Soon S, Jana K. Access related complications during percutaneous nephrolithotomy: urology versus radiology at a single academic institution. *J Urol* 2006;176:142-5.
- 28.) Tomaszewski JJ, Ortiz TD, Gayed BA, Smaldone MC, Jackman SV, Averch TD. Renal access by urologist or radiologist during percutaneous nephrolithotomy. *J Endourol* 2010;24:1733-7.
- 29.) Bedir S, Tahmaz L, Alan C, Demirtaş A, Peker AF. *Perkütan Renal Cerrahi*. Ankara: GATA Basımevi, 2006.
- 30.) Zilberman DE, Lipkin ME, de la Rosette JJ, Ferrandino MN, Mamoulakis C, Laguna MP, et al. Tubeless percutaneous nephrolithotomy--the new standard of care? *J Urol* 2010;184:1261-6.
- 31.) Al-Kohlany KM et al (2005) Treatment of complete staghorn stones: a prospective randomized comparison of open surgery and percutaneous nephrolithotomy. *J Urol* 173(2):469–473
- 32.) Pozzoli M, Traversi E, Cioffi G, Stenner R, Sanarico M, Tavazzi L (1997) Loading manipulations improve the prognostic value of Doppler evaluation of mitral flow in patients with chronic heart failure. *Circulation* 95:1222–1230
- 33.) Takagi S, Yokota M, Iwase M, Yoshida J, Hayashi H, Sotobata I, Koide M, Saito H (1989) The important role of left ventricular relaxation and left atrial pressure in the left ventricular filling velocity profile . *Am Heart J* 118:954–962
- 34.) Rocha P, Lemaigre D, Leroy M, Desfonds P, De Zuttere D, Liot F (1987) Nitroglycerin-induced decrease of carbon monoxide diffusion capacity in acute myocardial infarction reversed by elevating legs. *Crit Care Med* 15:131–133
- 35.) Boulain T, Achard JM, Teboul JL, Richard C, Perrotin D, Ginies G (2002) Changes in BP induced by passive leg raising predict response to fluid loading in critically ill patients. *Chest* 121:1245–1252

- 36.) Kyriakides ZS, Koukoulas A, Paraskevaidis IA, Chrysos D, Tsiapras D, Galitos C, Kremastinos DT (1994) Does passive leg raising increase cardiac performance? A study using Doppler echocardiography. *Int J Cardiol* 44:288–293
- 37.) Paelinck BP, van Eck JW, De Hert SG, Gillebert TC (2003) Effects of postural changes on cardiac function in healthy subjects. *Eur J Echocardiogr* 4:196–201
- 38.) Wong DH, O'Connor D, Tremper KK, Zaccari J, Thompson P, Hill D (1989) Changes in cardiac output after acute blood loss and position change in man. *Crit Care Med* 17:979–983
- 39.) Monnet X, Rienzo M, Osman D, Anguel N, Richard C, Pinsky MR, Teboul JL (2006) Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill. *Crit Care Med* 34:1402–1407
- 40.) Lamia B, Ochagavia A, Monnet X, Chemla D, Richard C, Teboul JL (2007) Echocardiographic prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneously breathing activity. *Intensive Care Med* 33:1125–1132
- 41.) Backofen JE SJ Hemodynamic changes with prone positioning during general anesthesia. *Anesth Analg*. 1985; 64: 194
- 42.) Hatada T, Kusunoki M, Sakiyama T et al. Hemodynamics in the prone pocketknife position during surgery. *Ben J Surg*. 1991; 162: 55-58
- 43.) Toyota s, Amaki Y, Hemodynamic assessment of the prone position by transesophageal echocardiography. *J Clin Anest*. 1998; 10: 32-35
- 44.) Yokoyama M, Ueda W, Hirakawa M, Yamamoto H, Hemodynamic effect of the prone position during a nesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1991; 35: 741-744
- 45.) Wadsworth R, Anderton JM, Vohra A. The effect of four different surgical prone positions on cardiovascular parameters in healthy volunteers. *Anaesthesia*. 1996; 51: 819-822
- 46.) Hatada T, Kusunoki M, Sakiyama T et al. Hemodynamics in the prone jackknife position during surgery. *Am J Surg*. 1991; 162: 55-58
- 47.) Pump B, Talleruphuus U, Christensen NJ, Warberg J, Norsk P. Effects of supine, prone, and lateral positions on cardiovascular and renal variables in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2002; 283: R174-R180

- 48.) Sudheer PS, Logan SW, Ateleanu B, Hall JE Haemodynamic effects of the prone position: a comparison of propofol total intravenous and inhalation anaesthesia. *Anaesthesia*. 2006; 61: 138-141
- 49.) Ozkose Z, Ercan B, Unal Y et al. Inhalation versus total intravenous anaesthesia for lumbar disc herniation: comparison of hemodynamic effects, recovery characteristics, and cost. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2001; 13: 296-302
- 50.) Pearce DJ The role of posture in laminectomy. *Proc R Soc Med*. 1957; 50: 109-112
- 51.) Lee TC, Yang LC, Chen HJ Effect of patient position and hypotensive anaesthesia on inferior vena caval pressure. *Spine*. 1998; 23 (discussion 7–8): 941-947
- 52.) Kern JW, Shoemaker WC. Meta-analysis of hemodynamic optimization in high-risk patients. *Crit Care Med*. 2002;30:1686–92
- 53.) Poeze M, Greve JW, Ramsay G. Meta-analysis of hemodynamic optimization: relationship to methodological quality. *Crit Care*. 2005;9:771–9.
- 54.) Brienza N, Giglio MT, Marucci M, Fiore T. Does perioperative hemodynamic optimization protect renal function in surgical patients? A meta-analytic study. *Crit Care Med*
- 55.) Dalfino L, Giglio MT, Puntillo F, Marucci M, Brienza N. Haemodynamic goal-directed therapy and postoperative infections: earlier is better. A systematic review and meta-analysis. *Crit Care*
- 56.) Mythen MG, Swart M, Acheson N, Crawford R, Jones K, Kuper M, et al. Perioperative fluid management: consensus statement from the Enhanced Recovery Partnership. *Perioper Med*. (2012) 1:2 10.1186/2047-0525-1-2
- 57.) Romagnoli S, Romano SM, Bevilacqua S. et al. Hemodynamic goal-directed therapy. A review. *HSR Proceedings in Intensive Care and Cardiovascular Anesthesia*. 2009;1:54–58.
- 58.) Obritsch M.D., Jung R., Fish D.N., MacLaren R. Effects of continuous vasopressin infusion in patients with septic shock. *Ann Pharmacother*. 2004; 38: 1117-1122
- 59.) Michard F. , Teboul J.L. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence. *Chest*. 2002; 121: 2000-2008

- 60.) Kumar A. Anel R. Bunnell E. et al. Pulmonary artery occlusion pressure and central venous pressure fail to predict ventricular filling volume, cardiac performance, or the response to volume infusion in normal subjects. *Crit Care Med.* 2004; 32: 691-699
- 61.) Michard F. Changes in arterial pressure during mechanical ventilation. *Anesthesiology.* 2005; 103 (quiz 449–450): 419-428
- 62.) Marik P.E. Cavallazzi R., Vasu T., Hirani A. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature. *Crit Care Med.* 2009; 37: 2642-2647
- 63.) Dipti A. Soucy Z. Surana A. Chandra S. Role of inferior vena cava diameter in assessment of volume status: a meta-analysis. *Am J Emerg Med.* 2012; 30: 1414-1419.
- 64.) Beaulieu Y. Bedside echocardiography in the assessment of the critically ill. *Crit Care Med.* 2007; 35: S235-S249
- 65.) Moreno F.L. Hagan A.D. Holmen J.R. Pryor T.A. Strickland R.D. Castle C.H. Evaluation of size and dynamics of the inferior vena cava as an index of right-sided cardiac function. *Am J Cardiol.* 1984; 53: 579-585
- 66.) Maizel J. Airapetian N. Lorne E. Tribouilloy C. Massy Z. Slama M. Diagnosis of central hypovolemia by using passive leg raising. *Intensive Care Med.* 2007; 33: 1133-1138
- 67.) Preau S. Saulnier F. Dewavrin F. Durocher A. Chagnon J.L. Passive leg raising is predictive of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with severe sepsis or acute pancreatitis. *Crit Care Med.* 2010; 38: 819-825
- 68.) Gunn S.R. Pinsky M.R. Implications of arterial pressure variation in patients in the intensive care unit. *Curr Opin Crit Care.* 2001; 7: 212-217
- 69.) Fick A. On the measurement of blood mass in the heart ventricles. *Sitzber Physik Med Ges Wurzburg.* 1870; 36: 16–28.
- 70.) Gueret G, Kiss G, Rossignol B, Bezon E, Wargnier JP, Miossec A, et al. Cardiac output measurements in off-pump coronary surgery: Comparison between NICO and the Swan-Ganz catheter. *Eur J Anaesthesiol.* 2006; 23: 848–54.

- 71.) Pinsky MR. Hemodynamic evaluation and monitoring in the ICU. *Chest*. 2007;132:2020–9
- 72.) Nishikawa T, Dohi S. Errors in the measurement of cardiac output by thermodilution. *Can J Anaesth*. 1993;40:142–53
- 73.) Ahmed H, Kaufman D, Zenilman ME. A knot in the heart. *Am Surg*. 2008;74:235–6.
- 74.) Chen LC, Huang PH. Entrapment of a Swan-Ganz catheter. *J Chin Med Assoc*. 2007;70:213–4.
- 75.) George RB, Olufolabi AJ, Muir HA. Critical arrhythmia associated with pulmonary artery catheterization in a parturient with severe pulmonary hypertension. *Can J Anaesth*. 2007;54:486–7
- 76.) Rex S, Schaelte G, Metzelder S, Flier S, de Waal EE, Autschbach R, et al. Inhaled iloprost to control pulmonary artery hypertension in patients undergoing mitral valve surgery: A prospective, randomized-controlled trial. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2008;52:65–72
- 77.) Marx G, Schuerholz T, Sumpelmann R, Simon T, Leuwer M. Comparison of cardiac output measurements by arterial trans-cardiopulmonary and pulmonary arterial thermodilution with direct Fick in septic shock. *Eur J Anaesthesiol*. 2005;22:129–34.
- 78.) Böck J, Deuflhard P, Hoeft A, Korb H, Wolpers HG, Steinmann J, et al. Thermal recovery after passage of the pulmonary circulation assessed by deconvolution. *J Appl Physiol (1985)* 1988;64:1210–6
- 79.) Von Spiegel T, Hoeft A. Transpulmonary indicator methods in intensive medicine. *Anaesthesist*.
- 80.) Baulig W, Bernhard EO, Bettex D, Schmidlin D, Schmid ER. Cardiac output measurement by pulse dye densitometry in cardiac surgery. *Anaesthesia*. 2005;60:968–73.
- 81.) Hori T, Yamamoto C, Yagi S, Iida T, Taniguchi K, Hasegawa T, et al. Assessment of cardiac output in liver transplantation recipients. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*. 2008;7:362–6.
- 82.) Rhodes A, Sunderland R. Arterial pulse pressure analysis: The LiDCOplus system. In: Pinsky MR, Payen D, editors. *Functional Hemodynamic Monitoring*

Update in Intensive Care and Emergency Medicine. Berlin: Springer; 2005. pp. 183–92.

- 83.) Reuter DA, Huang C, Edrich T, Shernan SK, Eltzschig HK. Cardiac output monitoring using indicator-dilution techniques: Basics, limits, and perspectives. *Anesth Analg*. 2010;110:799–811
- 84.) Costa MG, Della Rocca G, Chiarandini P, Mattelig S, Pompei L, Barriga MS, et al. Continuous and intermittent cardiac output measurement in hyperdynamic conditions: Pulmonary artery catheter vs. lithium dilution technique. *Intensive Care Med*. 2008;34:257–63.
- 85.) Mora B, Ince I, Birkenberg B, Skhirtladze K, Pernicka E, Ankersmit HJ, et al. Validation of cardiac output measurement with the liDCO™ pulse contour system in patients with impaired left ventricular function after cardiac surgery. *Anaesthesia*. 2011;66:675–81.
- 86.) Jakovljevic DG, Trenell MI, MacGowan GA. Bioimpedance and bioelectance methods for monitoring cardiac output. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. (2014) 28:381–94. 10.1016/j.bpa.2014.09.003
- 87.) Royse CF, Seah JL, Donelan L, Royse AG. Point of care ultrasound for basic haemodynamic assessment: novice compared with an expert operator. *Anaesthesia* (2006) 61:849–55. 10.1111/j.1365-2044.2006.04746.
- 88.) Yamada T, Tsutsui M, Sugo Y, Sato T, Akazawa T, Sato N, et al.. Multicenter study verifying a method of noninvasive continuous cardiac output measurement using pulse wave transit time: a comparison with intermittent bolus thermodilution cardiac output. *Anesth Analg*. (2012) 115:82–7. 10.1213/ANE.0b013e31824e2b6c
- 89.) Frank O. Die Grundform des arteriellen pulses. *Erste Abh Mathematische Analyse Z Biol*. 1899;37:485–526.
- 90.) Erlanger J, Hooker DR. An experimental study of blood pressure and of pulse – Pressure in man. *Johns Hopkins Hosp Rep*. 1904;12:145
- 91.) Van Lieshout JJ, Wesseling KH. Editorial II: Continuous cardiac output by pulse contour analysis? *Br J Anaesth*. 2001;86:467–8
- 92.) Wesseling KH, de Wit B, Weber JAP, Smith NT. A simple device for the continuous measurement of cardiac output. *Adv Cardiovasc Phys*. 1983;5:16–52

- 93.) S.M. Romano, M. Pistolesi. Assessment of cardiac output from systemic arterial pressure in humans. *Crit Care Med*, 30 (2002), pp. 1834-1841
- 94.) S. Romagnoli, F. Franchi, Z. Ricci, S. Scolletta, D. Payen. The pressure recording analytical method (PRAM): technical concepts and literature review. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 31 (2017), pp. 1460-1470
- 95.) J.L. Vincent, P. Pelosi, R. Pearce, et al. Perioperative cardiovascular monitoring of high-risk patients: a consensus of 12 Crit Care, 19 (2015), p. 224
- 96.) O. Hamzaoui, X. Monnet, C. Richard, D. Osman, D. Chemla, J.L. Teboul. Effects of changes in vascular tone on the agreement between pulse contour and transpulmonary thermodilution cardiac output measurements within an up to 6-hour calibration-free period. *Crit Care Med*, 36 (2008), pp. 434-440
- 97.) K. Bendjelid, G. Marx, N. Kiefer, et al. Performance of a new pulse contour method for continuous cardiac output monitoring: validation in critically ill patients. *Br J Anaesth*, 111 (2013), pp. 573-579
- 98.) T. Kurita, K. Morita, S. Kato, M. Kikura, M. Horie, K. Ikeda. Comparison of the accuracy of the lithium dilution technique with the thermodilution technique for measurement of cardiac output. *Br J Anaesth*, 79 (1997), pp. 770-775
- 99.) B. Saugel, J.L. Vincent. Cardiac output monitoring: how to choose the optimal method for the individual patient. *Curr Opin Crit Care*, 24 (2018), pp. 165-172
- 100.) D. De Backer, G. Marx, A. Tan, et al. Arterial pressure-based cardiac output monitoring: a multicenter validation of the third-generation software in septic patients. *Intensive Care Med*, 37 (2011), pp. 233-240
- 101.) B. Pratt, L. Roteliuk, F. Hatib, J. Frazier, R.D. Wallen. Calculating arterial pressure-based cardiac output using a novel measurement and analysis method. *Biomed Instrum Technol*, 41 (2007), pp. 403-411
- 102.) M.G. Costa, P. Chiarandini, L. Scudeller, et al. Uncalibrated continuous cardiac output measurement in liver transplant patients: LiDCOrapid system versus pulmonary artery catheter. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 28 (2014), pp. 540-546
- 103.) B. Saugel, J. Heeschen, A. Hapfelmeier, S. Romagnoli, G. Greiwe. Cardiac output estimation using multi-beat analysis of the radial arterial blood pressure waveform: a method comparison study in patients having off-pump coronary ar-

- tery bypass surgery using intermittent pulmonary artery thermodilution as the reference method. *2J Clin Monit Comput*, 34 (2020), pp. 649-654
- 104.) Romano SM, Conti AA, Giglioli C. et al. Blood Flow Assessment by Arterial Pressure Wave without External Calibration. *Comput in Cardiol*. 2006:293–296
- 105.) Scolletta S, Romano SM, Biagioli B. et al. Pressure recording analytical method (PRAM) for measurement of cardiac output during various haemodynamic states. *Br J Anaesth*. 2005;95:159–165
- 106.) Giomarelli P, Biagioli B, Scolletta S. Cardiac output monitoring by pressure recording analytical method in cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2004;26:515–520.
- 107.) Sorbara C, Roamgnoli S, Rossi A, Atlee JL, Gullo A, 2nd eds. *Perioperative critical care cardiology*. Springer-Verlac, Italia. 2007. Circulatory failure: bedside functional haemodynamic monitoring. pp. 89–110
- 108.) Romano SM, Olivotto I, Chiostrì M. et al. Minimally invasive and non invasive hemodynamic monitoring of the cardiovascular system: available options and future perspectives. *Current Card Rev*. 2006;4:37–39.
- 109.) Kobe, J., et al., Cardiac output monitoring: Technology and choice. *Annals of cardiac anaesthesia*, 2019. 22(1): p. 6.
- 110.) Guarracino, F., et al., Ventriculoarterial decoupling in human septic shock. *Critical Care*, 2014. 18(2): p. 1-6.
- 111.) Sunagawa, K., et al., Left ventricular interaction with arterial load studied in isolated canine ventricle. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 1983. 245(5): p. H773-H780.
- 112.) Guarracino, F., R. Baldassarri, and M.R. Pinsky, Ventriculo-arterial decoupling in acutely altered hemodynamic states. *Critical care*, 2013. 17(2): p. 1-7.
- 113.) Scolletta, S., et al., Pressure recording analytical method (PRAM) for measurement of cardiac output during various haemodynamic states. *British Journal of Anaesthesia*, 2005. 95(2): p. 159-165.
- 114.) Scolletta, S., et al., An uncalibrated pulse contour method to measure cardiac output during aortic counterpulsation. *Anesthesia & Analgesia*, 2011. 113(6): p. 1389-1395.

- 115.) Romagnoli, S., et al., FloTrac/vigileo™ (third generation) and mostcare®/PRAM versus echocardiography for cardiac output estimation in vascular surgery. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*, 2013. 27(6): p. 1114-1121.
- 116.) Donati, A., et al., Thermodilution vs pressure recording analytical method in hemodynamic stabilized patients. *Journal of Critical Care*, 2014. 29(2): p. 260-264.
- 117.) Romano, S.M. and M. Pistolesi, Assessment of cardiac output from systemic arterial pressure in humans. *Critical care medicine*, 2002. 30(8): p. 1834-1841

