



T.C. GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ

KARDİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**HEMODİYALİZ HASTALARINDA HEMODİYALİZ ÖNCESİ VE
SONRASI SAĞ KALP SİSTOLİK VE DİYASTOLİK
FONKSİYONLARININ İKİ BOYUTLU BENEK TAKİBİ YÖNTEMİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ VE KONVANSİYONEL YÖNTEMLER İLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ

DR. SERKAN ÜNLÜ

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. ASİFE ŞAHİNARSLAN

ANKARA

ARALIK 2015



T.C. GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ

KARDİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**HEMODİYALİZ HASTALARINDA HEMODİYALİZ ÖNCESİ VE
SONRASI SAĞ KALP SİSTOLİK VE DİYASTOLİK
FONKSİYONLARININ İKİ BOYUTLU BENEK TAKİBİ YÖNTEMİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ VE KONVANSİYONEL YÖNTEMLER İLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ

DR. SERKAN ÜNLÜ

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. ASİFE ŞAHİNARSLAN

ANKARA

ARALIK 2015

TEŞEKKÜR

Kardiyoloji ihtisası yaptığım süre boyunca eğitimim için her türlü desteği veren, bilgi ve deneyimlerini hiçbir zaman esirgemeyen saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Atiye Çengel' e, Prof. Dr. N. Bülent Boyacı' ya, Prof. Dr. Rıdvan Yalçın' a, Prof. Dr. Adnan Abacı' ya, Prof. Dr. Mustafa Cemri' ye, Prof. Dr. H. Murat Özdemir' e, Prof. Dr. Yusuf Tavil' e, Doç. Dr. Sedat Türkoğlu' na, Doç. Dr. Gülten Taçoy' a, Doç. Dr. Asife Şahinarslan' a ve Uzm. Dr. Salih Topal' a teşekkürlerimi sunarım. Anabilim Dalımız kurucu öğretim üyeleri Prof. Dr. Halis Dörtlemez ve Prof. Dr. Övsev Dörtlemez'e, emekli öğretim üyemiz Prof. Dr. Deniz Demirkan'a, ayrıca birlikte çalışmaktan zevk duyduğum asistan arkadaşlarıma ve tüm Kardiyoloji kliniği çalışanlarına teşekkür ediyorum. Ek olarak yanında çalıştığım kısa süreye rağmen eğitimimde pay sahibi olan Prof. Dr. Jens-Uwe Voigt' e teşekkürü borç bilirim.

Bu teze konu olan çalışmanın planlanması ve hazırlanması aşamasında büyük emeği olan, değerli tez danışmanım Doç. Dr. Asife Şahinarslan' a teşekkür ederim.

Tezimin hayata geçirilmesinde yardımlarını esirgemeyen, Nefroloji Bilim Dalı Başkanı Öğretim üyesi Prof. Dr. Turgay Arınsay' a minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Hayatımın her aşamasında karşılıksız sevgi ve desteğini esirgemeyen babam,
Prof. Dr. Serdar Ünlü' ye ve annem Semra Ünlü' ye sevgisi ve desteği ile hep
yanımda olan eşim Firdevs İrem Kale Ünlü' ye teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

Sayfa No

1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER	4
2.1 Sağ Kalp Yapısı ve İşlevi.....	4
2.1.1 Sağ Kalp Anatomisi	4
2.1.2 Sağ Kalp Fizyolojisi	8
2.2 Sağ Kalp Görüntüleme Yöntemleri	12
2.2.1 Ekokardiyografi	12
2.2.2 Manyetik Rezonans Görüntüleme	38
2.2.3 Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi.....	39
2.2.4 Nükleer Görüntüleme Yöntemleri.....	40
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	42
3.1 Etik Kurul Onayı	42
3.2 Çalışma Tasarımı.....	42
3.3 Olgular	43
3.4 Ekokardiyografi.....	44
3.5 İstatistik	47
4.BULGULAR	48
5.TARTIŞMA	62
5.1 Çalışmanın Kısıtlılıkları.....	77
6.SONUÇ	78
KAYNAKLAR.....	79
ÖZET	104
SUMMARY	108
ÖZGEÇMİŞ.....	112

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1 Sağ kalp boşluk boyutlarının normal değerleri	19
Tablo 2 Sağ kalp sistolik ve diyastolik değerlendirmesinde kullanılan ekokardiyografik parametreler ve normal değerleri	38
Tablo 3 Hastaların demografik özellikleri.....	49
Tablo 4 Hastaların rutin laboratuvar tetkiklerinin değerleri	51
Tablo 5 Hemodiyaliz öncesi ve sonrası laboratuvar değerlerinin karşılaştırılması	51
Tablo 6 Hastaların hemodiyaliz öncesi ve sonrasında vital ölçümleri	52
Tablo 7 Hastaların bazal ekokardiyografik ölçümleri	53
Tablo 8 Hemodiyaliz öncesinde ve sonrasında sol ventrikülün ve sol atriyumun ekokardiyografik ölçümleri	54
Tablo 9 Hemodiyaliz öncesi ve sonrasında sağ ventrikülün ve sağ atriyumun ekokardiyografik ölçümleri	57
Tablo 10 Hemodiyaliz öncesi ve sonrasında benek takibi ile sağ ventrikül ve sağ ventrikül serbest duvarı uzunlamasına strain ve strain hızı ölçümleri	59
Tablo 11 Hemodiyaliz öncesi ve sonrasında benek takibi ile sağ atriyum strain ve strain hızı ölçümleri.....	60

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1 – Sağ ventrikülün benek takibi yöntemi ile değerlendirilmesi için işaretleme yapılması	31
Şekil 2 Sağ ventrikül uzunlamasına strain (bozunma) değerlendirmesi	32
Şekil 3 Sağ ventrikül uzunlamasına strain hızı değerlendirmesi.....	33
Şekil 4 Sağ atriyum benek takibi yöntemi ile değerlendirilmesi için işaretlenmesi	34
Şekil 5 Sağ atriyumun benek takibi yöntemi ile değerlendirilmesi - strain	36
Şekil 6 Sağ atriyumun benek takibi yöntemi ile değerlendirilmesi - strain hızı ...	37
Şekil 7: Hastaların primer etyolojilere göre dağılımları.....	50

KISALTMALAR

ASD.....	: Atriyal Septal Defekt
BUN.....	: Kan Üre Nitrojeni
Ca.....	: Kalsiyum
dPAB:	: Diyastolik Pulmoner Arter Basıncı
EKG.....	: Elektrokardiyografi
GUS.....	: Global Uzunlamsına Strain
HD.....	: Hemodiyaliz
İKA.....	: İzovolumetrik Kasılma Akselasyonu
İV.....	: İntravenöz
İVK	: İnferior Vena Kava
K	: Potasyum
MPİ.....	: Miyokardiyal Performans İndeksi
oPAB.....	: Ortalama Pulmoner Arter Basıncı
PAB.....	: Pulmoner Arter Basıncı
PDD.....	: Pulmoner Damar Direnci
SaA	: Sağ Atriyum
SaV.....	: Sağ Ventrikül
SaVÇY.....	: Sağ Ventrikül Çıkım Yolu
SaVÇYSY.....	: Sağ Ventrikül Çıkım Yolu Sistolik Yer Değiştirmesi
SAVEF.....	: Sağ Ventrikül Ejeksiyon Fraksiyonu
SaVFAD.....	: Sağ Ventrikül Fraksiyonel Alan Değişimi
SaVSD	: Sağ Ventrikül Serbest Duvarı

SH.....	: Strain Hızı
sPAB.....	: Sistolik Pulmoner Arter Basıncı
SoA.....	: Sol Atriyum
SoV.....	: Sol Ventrikül
TAPSY	: Triküspit Anüler Planda Sistolik Yer Değiştirme
TY.....	: Triküspit Kapak Yetmezliği
US.....	: Uzunlamasına Strain
VKI.....	: Vücut Kitle İndeksi
VYA.....	: Vücut Yüzey Alanı

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Erişkinlerde ve çocuklarda son dönem böbrek hastalığı başlı başına mortalite nedenidir. Son dönem böbrek hastalığının neden olduğu organ hasarları da morbiditeye katkıda bulunmaktadır. Kardiyovasküler hastalıklar ile son dönem böbrek yetmezliği ilişkisine bakıldığında, kardiyovasküler hastalıkların son dönem böbrek hastalarında, mortalite ve morbiditelerin başlıca nedeni olduğu görülmektedir. Hemodiyaliz (HD) hastalarında hidrasyon durumu kardiyovasküler nedenli mortalite gelişimini etkilemektedir. Vücut sıvı dengesinin uygun düzeyde tutulması, istenmeyen olayları engelleyebilir. Vücut sıvı dengesinin bozulduğu durumlarda kardiyak yapılara ek iş yükü binmektedir. Hastaların HD sonunda kuru ağırlıklarında olmaları, kardiyak işlevleri iyi şekilde etkiler. (1-3)

Sağ ventrikül (SaV) değerlendirmesi son yıllarda özellikle kalp yetmezliği, pulmoner hipertansiyon, konjenital anomaliler gibi birçok hastalıkta rolünün anlaşılması sonrasında oldukça önem kazanmıştır. Sağ ventrikül daha önceden adlandırıldığı gibi kalbin ihmal edilen kısmı olmaktan çıkmıştır. Ayrıca pulmoner hipertansiyon gibi hastalıklarda mortalitenin SaV disfonksiyonu ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. SaV fonksiyonu ve çeşitli patolojilerde mortalite ilişkisini gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır. (4-15)

Sağ kalp kateterizasyonu günümüzde halen SaV değerlendirmesi için altın standart olmakla birlikte, girişimsel bir işlem olması, tekrarlanabilirliğinin

olmaması, zaman alması, hasta için zorluğu ve maliyeti nedeniyle hastaların takibinde kullanılamamaktadır. Bu nedenle günlük pratikte, SaV değerlendirmesi için transtorasik ekokardiyografi, tercih edilen yöntemdir. Ancak SaV' nin ekokardiyografi ile değerlendirmesi, SaV' nin karmaşık üç boyutlu şekli ve retrosternal pozisyonu nedeniyle genellikle zor bir işlemdir. Birçok nicel ve nitel yöntem geliştirilmesine rağmen halen tekrarlanabilir olan ve SaV fonksiyonunu en iyi şekilde gösterebilen bir parametre mevcut değildir. (16-18) Tanımlanan yöntemlerden; sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (SaVEF), sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi (SaFAD) ve triküspit kapağın anüler düzlemde sistolik hareketinin, hacim yükü ve ortalama kalp hareketi ile ilişkili olabilecekleri belirtilmiştir, yine SaV değerlendirmesinde göreceli olarak, yeni bir yöntem olan miyokardiyal deformasyon görüntülemesi kullanılmaya başlanmış olup açı bağımlı ve hacim yükü ile ilişkili olabileceği gösterilmiştir. (6, 7, 13, 19, 20) Ancak bu görüntüleme yöntemi ile elde edilen izovolümetrik kasılma akselerasyonu (İKA) gibi parametrelerin hacimden daha az etkileneceği belirtilmektedir. Ekokardiyografi günümüze kadar SaV morfolojisi ve fonksiyonu için altın standart olarak kullanılabilecek bir yöntem sağlayamamıştır. Ancak günümüzde hem ekokardiyografi hem diğer görüntüleme yöntemlerindeki gelişmeler; yeni ekokardiyografik görüntüleme pencerelerinin, daha tutarlı parametrelerin tanımlanması, teknolojinin ekokardiyografiye entegre edilmesi, sağ kalbin anatomisi fizyolojisi ve fonksiyonunu daha ayrıntılı değerlendirmeyi mümkün kılmıştır. (21-27)

Sağ ventrikül fonksiyonunun önemi açığa çıktıkça hastaların değerlendirilmesinde kullanılacak doğru yöntemin bulunması değer kazanmaktadır. Bu çalışmada HD hastalarında; HD öncesinde ve sonrasında sağ kalp için kullanılan ekokardiyografik değerlendirme yöntemlerinin değişimine ve hacim yükü ile ilişkisine bakılması ve hacim değişimden etkilenmeyen parametrelerin bulunması amaçlanmıştır, geleneksel yöntemlerin, sağ kalp için kullanımı son yıllarda gelişen benek takibi yöntemi ile elde edilen parametreler ile kıyaslanması da amaçlanmaktadır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1 Sağ Kalp Yapısı ve İşlevi

Sağ kalp, son yıllarda önemi gittikçe daha fazla anlaşılan, çalışmaların üzerine odaklandığı ve artık araştırmacılar ve klinisyenler tarafından ihmal edilmişlikten kurtulan, kalp boşluklarından oluşmaktadır. Özellikle SaV'nin pulmoner hipertansiyon, SaV kardiyomyopatileri, konjenital kalp hastalıkları, kardiyak transplantasyon ve sol ventrikül (SoV) disfonksiyonu gibi birçok hastalık üzerinde oynadığı rol görüldükten sonra, bu kalp boşlukları üzerine yapılan çalışmalar artmıştır. (27, 28)

2.1.1 Sağ Kalp Anatomisi

2.1.1.1 Sağ Ventrikül Makroskopik Anatomisi

SaV kalp boşlukları içerisinde en önde yerleşen ve sternumla perikard aracılığı ile komşuluk eden kalp boşluğudur; kalbin sternokostal yüzünü oluşturur. Bunun dışında altyüzünde diyaframla ve çok küçük bir bölüm olarak, sol akciğer ve plevra ile komşuluk yapar. Sağ ventrikül lateral duvarı serbest duvar olarak adlandırılır, medial duvarı ise interventriküler septumdur. Sağ ventrikül serbest duvarının (SaVSD) miyokard kalınlığı, SoV' ye göre daha incedir ve 3-4 mm dir. SoV' ye göre daha düşük basınca karşı çalıştığından kas kitlesi olarak SoV' nin

ancak 1/6 sı kadardır, ancak hacimsel olarak SoV' den daha büyüktür. Sağ ventrikül yandan bakıldığında üçgen, enine kesilerde ise hilal, yarım ay görünümündedir. (29-33)

Sağ ventrikül üç bölümden oluşmaktadır; (1) Girim, (2) Apikal, (3) Çıkım yolu. SaV girim bölümü triküspit kapak anulusundan başlayıp papiller kasların yapışma noktalarına kadar devam eder. Triküspit kapak, korda tendinealar ve papiller kasları içerir. Apikal kısım yaygın belirgin trabeküllü miyokard dokusundan oluşur ve septumdan serbest duvara uzanan kas yapılarıyla karakterizedir. Transvenöz pil elektrodlarının yerleştirildiği ve kardiyak biyopsilerin alındığı bölümdür. Çıkım yolu, düzenli yüzeye sahip kas yapıdan oluşmuş bir kanal şeklindedir. (17, 32)

Sağ ventrikül yapısında pariyetal, septomarjinal ve moderatör bant olmak üzere, belirgin musküler kas yapıları vardır. Bunlardan pariyetal bant ve infundibuler septum, krista supraventrikülarisi oluşturmaktadır. Moderatör bant ileti sisteminin sağ dalını içerisinde bulundurmaktadır. (30, 34)

Sağ ventrikül de iki adet kapak yapısı bulunmaktadır. Sağ atriyum (SaA) tabanında bulunan triküspit kapak yaprakçıklarının serbest kısımlarına üç adet papiller kas tutunur. Sağ ventrikül çıkım yolu (SaVÇY) nda pulmoner arter tabanında pulmoner kapak bulunur ve üç adet semilunar kapaktan oluşur. (29)

2.1.1.2 Sağ Ventrikül Mikroskopik Anatomisi

Sağ ventrikül, süperfisiyal ve derin kas tabakası olarak adlandırılan iki kat kas tabakası ve bu kas tabakasının bağ dokusu ile birlikte meydana getirdiği karmaşık üç boyutlu bir oluşumdur. Süperfisiyal tabaka lifleri, atriyoventriküler oluğa paralel olarak uzanım göstermekte olup; subepikardiyumda sirkümferansiyel olarak yerleşirler ve subpulmoner infidulumu dolanırlar. Sonrasında SaV apeksine doğru süperfisiyal lifler spiral yönelim gösterip, içeri doğru girerek uzunlamasına yerleşen derin kas tabakası ile birleşirler. İnce kas tabakasına sahip SaV’ de uzunlamasına ve sirkümferansiyel yönelim gösteren kaslar fazlalık gösterir. SaV’ de bulunan uzunlamasına liflerin subendokardda bulunan kısmı kalbin tabanını apekse doğru yaklaştırarak kasılmadan sorumludur, bu sırada; sirkümferansiyel lifler ise içe doğru kasılmayı meydana getirir. Sağ ventrikül kasılmasında içeri doğru olan miyokard hareketinin sınırlı etkisi olduğu bilinmekle birlikte yeni yayınlarda bu kasılma çeşidinin sanılandan daha etkili olabileceği belirtilmektedir. (17, 24, 27, 29-31)

2.1.1.3 Sağ Atriyum Anatomisi

Sağ atriyum kalbin ön-üst yüzünü oluşturur ve sol atriyum (SoA) ön alt komşuluğunda bulunur. Anatomik değerlendirmede ön ve arka olarak iki bölüme ayrılır. Ön bölüm mürküler yapılarından oluşur, arka bölüm ise koroner sinus, vena kava ve SaA serbest duvarı tarafından oluşmaktadır. Sağ atriyum, trabekül adı

verilen katmanlı liflerden oluşmuştur. Trabeküller sarkomerden oldukça zengin kardiyomiyositler içerir. (33, 35)

Sağ atriyal apendiks, SaA dışına doğru yerleşir ve diğer atriyal bölgelerden incedir. Üçgen biçiminde geniş tabanlı bir oluşumdur. İç yüzeyinde pektinat kas bulunur. Fibrozise duyarlı olup, atriyal fibrilasyon gelişiminden sorumlu olabilir. (36) Genellikle pil elektrodlarının yerleştirildiği yerdir. Sağ atriyal apendiks, sağ aortik sinüse komşudur ve sağ koroner arterin proksimal kısmının üzerinde yer alır. Sağ atriyal apendiks ile venöz dönüş bölgesi arasında elektriksel anlamda önemli bir yapı olan krusta terminalis bulunur. İnteratriyal septum üzerinde embriyolojik artık olarak kalan fossa ovalis de SaA un önemli yapılarından biridir. (33, 35)

İnferiyör vena kava (İVK) ve süperiyör vena kavanın açıldığı bölgeye venöz bölge adı verilir. Vena kava inferior anteriorunda östakian kapak bulunur. Bu kapak İVK' den gelen kan akımını fossa ovalise yönlendirir. Ayrıca östakian kapak pencere yapıda olup kiari ağını oluşturabilir. Sağ atriyum tüm vücudun kanını İVK ve superior vena kava aracılığı ile, kalbin venöz dönüşünü ise koroner sinus ve Thebesian venler ile toplar. (24, 28, 36)

2.1.2 Sağ Kalp Fizyolojisi

2.1.2.1 Sağ Ventrikül Fizyolojisi

Sağ ventrikülün en önemli görevi venöz dolaşımdan gelen kanı pulmoner vasküler yatağa iletmektir.

Fetal yaşam ile doğum sonrası, SaV fonksiyonları önemli derecede farklılık gösterir. Fetal yaşamda, pulmoner arteriyollerin müküler tabakasının özellikleri nedeniyle yüksek pulmoner vasküler direnç mevcuttur. İntrauterin yaşamda SaV daha yüksek basınçlara karşı çalışır. Pulmoner arterlerdeki bu direnç nedeniyle, fetal yaşamda ve doğum sonrası SaV’ de hipertrofi izlenir. Fetal hayatın sonlanması ile arteriyal oksijen saturasyonunda meydana gelen artış pulmoner arteriollerde vazodilatasyona neden olur ve vasküler direnci düşürür. (37) Sistemik vasküler direnç ise bu süreçte artar. Çocukluk döneminin sonunda ve erişkinlikte artık, SaV adaptasyonunu tamamlamıştır ve ince kas tabakasıyla düşük basınçlı pulmoner yatağa karşı çalışmaya başlar. Sol ventrikül ile SaV birbirlerine pulmoner yatak aracılığı ile bağlıdır. (33)

Normal şartlarda SaV ve SoV bağlı olduğundan aynı miktarda atım hacmini pompalamaktadır. Pulmoner yatağın düşük hidrolik direncine karşı çalışan SaV farklı bir fizyolojiye sahiptir. Sol kalpte oluşan herhangi bir hacim veya basınç

değişimi sağ kalbe iletilir, yine pulmoner yatak aracılığı ile SaV ile ilgili hemodinamik değişimler sol kalbe yansımaktadır. (33, 35)

Sistemik dolaşım ile kıyaslandığında pulmoner dolaşım daha düşük vasküler dirence ve pulmoner arterin yüksek genleşebilme kapasitesine sahiptir. (17, 29, 33, 35)

Sağ kalp üzerindeki basınçlar sol kalbin karşısındaki basınçlardan daha düşüktür. Sağ ventrikül basınç eğrilerinde erken bir zirve izlenir ve sonrasında hızlıca azalan basınç eğrisi görülür. Sağ ventrikül izovolümetrik kasılma zamanı, SaV' nin karşısındaki düşük pulmoner arter diyastolik basıncını kolayca yenebilmesi nedeniyle, SoV' ye kıyasla daha kısadır. Sağ ventrikül miyokardının, izovolümetrik fazda subepikardiyal lifleri ile sirküferansiyal olarak kısılması ve fırlatma fazında, subendokardiyal lifleri ile uzunlamasına kısılması, yine SaV' yi SoV' den ayıran özelliklerinden biridir. (17, 29, 38-40)

Sağ ventrikül kasılması peristaltik bir hareket olarak değerlendirilebilir. Girim kısmında kısa süreli bir kasılma sonrası, kasılma hareketi çıkım yoluna doğru uzanır ve bu bölgede daha uzun sürer. (34, 40)

Sağ ventrikül kasılmasında serbest duvarın SoV tarafından çekilmesi, serbest duvarın uzunlamasına ve içe doğru hareketi etkilidir. Daha önce bahsedildiği gibi,

SaV kasılmasında, SaV miyokard yapısı nedeniyle uzunlamasına kısılma içe doğru kısılmadan daha çok rol oynar.

Sağ ventrikül pompalama işlevi yüke ve ventrikülün kasılma özelliğine bağlıdır. Yük; ön yük ve ard yük olarak değerlendirilebilir, her ikisi de, SaV pompa işlevleri üzerinde etkilidir. Pompa işlevi, Frank Starling yasasına uyar. Aynı zamanda ventriküller arası ilişkiden ve ventriküllerin kasılmaları sırasındaki senkronizasyondan etkilenir. (17, 31, 41, 42)

Sağ ventrikül SoV ile aynı atım hacmine sahip olmasına rağmen daha az enerji harcayarak aynı miktar kanı pompalayabilir. Bunun nedenleri; daha önce bahsedildiği üzere, düşük pulmoner vasküler basınçlarla birlikte SaV' nin yüklenme koşullarında ortaya çıkardığı basınç-hacim ilişkisidir. Sağ ventrikülün değişik anatomik yapısı ve ince kas tabakası SaV' yi hacim yüküne karşı duyarlı hale getirir. Bu nedenlerle SaV elanstansı zamana bağımlı özellik gösterir.

Sağ ventrikülün başka bir özelliği solunumdan etkilenmesidir. Solunumla beraber intraplevral basınçtaki değişim ile venöz dönüşte artış izlenir, bunun sonucu olarak SaV ön yükü artar, atımdan atıma SaV atım hacminde değişiklik izlenir. (17, 33, 35)

Sol ventrikülde olduğu gibi SaV de otonom sinir sistemi tarafından uyarılır. Otonom sinir sisteminin parasempatik uyarıları, SaV' nin peristaltik hareketini

yani; girim bölümü kasılması ve sonrasında çıkım yolu kasılması ardışıklığını uzatır, sempatik sistem uyarıları ise bu ardısıra kasılma özelliğini ortadan kaldırılabılır veya tersine çevirebilir. Ayrıca çıkım yolunun, inotropik uyarılara, girim bölümünden daha duyarlı olduğu gösterilmiştir. (17, 35)

Sağ ventrikül kanlanması sıklıkla sağ koroner arter tarafından sağlanır. Ancak SaV iskemik hasara SoV' ye göre daha dayanıklıdır. Bunun nedenlerinden biri genellikle sağ koroner arterden farklı bir ostiyumdan çıkan konus arteridir. (24, 43) Ayrıca SaV' nin bir kısmı sol koroner arter sistemi tarafından beslenir, SaV' nin kendisini iskemik hasardan korumasında etkili bir oksijen sunum-ihtiyaç kapasitesi vardır. Duvar kalınlığının ince olması nedeniyle, intramiyokardiyal basıncın düşük olması ve diyastol sırasında kaviter basıncın düşük olmasının sağlanması bir başka koruyucu özelliktir. Sağ koroner arter tıkanıklıklarında kollateral gelişiminin, sol koroner arter sisteminden daha hızlı olması da sayılan nedenlere eklenebilir. (28, 29, 35)

2.1.2.2 Sağ Atriyum Fizyolojisi

Atriyal fizyoloji üç aşamada değerlendirilebilir. Bunlar depo, iletim ve kasılma fazları olarak adlandırılır.

Depo fazı, ventriküllerin kasılması sırasında atriyumda olan genişleme ile oluşur. Triküspid kapağın kapanmasından sonra başlar. Elektrofizyolojide QRS

kompleksi ile aynı ana denk gelir ve izovolümetrik kasılma süresini, ventrikül kasılmasını ve izovolümetrik gevşeme süresini kapsar. Sağ atriyum genişleyebilen bir yapıdır, venöz dönüşü içinde barındırabilmek için genişler. Depo fazı ve genişleme miktarı atriyum içerisinde biriken enerjiyi yansıtır. Sağ atriyum için depo fazı, kasılma fazından daha önemlidir. İletim fazı, pasif doluş fazıdır ve erken ventriküler diyastolde izlenir. Triküspid kapağın açılmasıyla başlar ve kan enerji gereksinimi olmadan, atriyumdan ventriküle iletilir. Atriyum kasılmasından hemen önce sonlanır. Bu zaman elektrokardiyografi (EKG) kaydı üzerinde P dalgası sonuna denk gelir, SaV gevşeme özelliklerinden etkilenir. Kasılma fazı SaA' nın, SaV atım hacminin % 30 'una kadar olan miktarı ventriküle pompaladığı fazdır. Atrial fibrilasyonda ortadan kaybolur. Bufaz SaA' nın kasılma özellikleri ve SaV kompliyansından etkilenir. (33, 36, 44, 45)

2.2 Sağ Kalp Görüntüleme Yöntemleri

2.2.1 Ekokardiyografi

Transtorasik ekokardiyografi, sağ kalp değerlendirmesi ve görüntülenmesi için günlük kullanımda ilk sırada yer alır. Kolay ulaşılabilir, tekrarlanabilir olması ve girişimsel bir işlem olmaması avantajlarıdır. Ancak SaV' nin hilal şeklindeki yapısı, yoğun trabeküler anatomisi ve ayrı bir infundibuler yapı içermesi ekokardiyografik incelemeyi zorlaştırmaktadır. (18, 25, 27, 46) Sternum arkasında yer alması nedeniyle görüntü kalitesi değerlendirme için yeterli olmayabilir. Sağ

ventriküle uzun zamandır hak ettiği önem verilmediğinden, genellikle formüller ve algoritmalar SoV için düzenlenmiştir. Sağ ventrikülün hem anatomik yapısı SoV kadar basit olmadığından hem de kasılma sistemi karmaşık olduğundan, mevcut formüllerin SaV' ye uygulanmasında zorluk yaşanabilmektedir. Ancak tüm bu olumsuz özelliklerine rağmen ekokardiyografi, SaV hakkında oldukça fazla bilgi verebilir. Görsel olarak parasternal uzun aks ve apikal dört boşluk pencerelerinden değerlendirildiğinde, SaV, SoV' den daha küçük olmalıdır. (16, 26, 42, 46) Görsel olarak tanımlanan bazı yeni parametrelerin SaV fonksiyon bozukluğunu kolaylıkla gösterdiği ve pulmoner hipertansiyonda sağkalımı öngördürebileceği gösterilmiştir. (15)

Sağ kalbin ekokardiyografi ile düzgün değerlendirilebilmesi için çeşitli inceleme planlarından değerlendirilmesine ihtiyaç duyulur. (46)

Bunlar apikal dört boşluk, SaV odaklı apikal dört boşluk, parasternal uzun aks, parasternal uzun aks SaV girim penceresi, parasternal kısa aks ve subkostal inceleme pencereleridir. Apikal dört boşluk ve SaV odaklı apikal dört boşluk pencereleri, SaV dilatasyonu için önem taşır. Bu inceleme planlarından, SaV ve SaA boyutları, SaV duvar kalınlığı, SaV ve SaA alan ve hacim hesaplamaları yapılır. İnterventriküler septum ve ventriküller arası ilişki değerlendirilir. (18, 46)

2.2.1.1 İki Boyutlu Ekokardiyografi

2.2.1.1.1 Sağ Atriyum

Sağ atriyum depo, pasif iletim ve atriyal kasılma yolu ile venöz kanın SaV'ye aktarılmasını sağlar ancak ekokardiyografik olarak, hastalıklar ile SaA ilişkisinin değerlendirildiği çalışma sayısı oldukça azdır. (18, 46-50)

Sağ Atriyum Boyutları ve Alanı

Sağ atriyumu değerlendirmek için kullanılması gereken asıl pencere, apikal dört boşluk penceresidir. Sağ atriyum uzunlamasına aksı triküspit kapağın ortasından, SaA üst duvarının ortasına doğru interatriyal septuma paralel olan akstır. Bu aksa dik olarak SaA ortasındaki düzlemde, lateral duvardan interventriküler septuma uzanan ölçüm ise SaA kısa aksıdır. Üst limitleri sırasıyla 5,3 ve 4,4 cm dir. (18, 46, 47, 51) Elde edilmesi kolay ölçümlerdir ve SaA dilatasyonunu gösterirler ancak SaA alanı hesaplanamayan durumlarda kullanılması önerilir. Planimetri yöntemi ile SaA alanı hesaplanabilir. Sağ atriyum alanı, apikal dört boşluk penceresinde, ventrikül sistolü sırasında, kendisi en büyük boyutta iken, sistemik ven ağızları ve SaA apendiksi dışarıda bırakılarak, lateral triküspit anülüsten başlanarak, septal triküspit anülüsüne kadar sınırları belirlenerek hesaplanır. Üst limit değeri 18 cm^2 'dir. İki boyutlu ekokardiyografi ile SaA hacim ölçümleri önerilmemektedir. (18, 46, 47)

Sağ Atriyal Basıncın Değerlendirilmesi

Sağ atriyum basıncı ekokardiyografik yöntemlerle, SaA dilatasyonu ve İVK ölçümleri değerlendirilerek, tahmin edilebilir. Inferior vena kava en iyi subkostal inceleme ile değerlendirilir ve İVK çapı ekspirasyon sonunda, hepatik venlerle hemen birleşiminden önce ölçülür. Inferior vena kava kollapsını değerlendirmek için İVK çapı, hem iç çekme sırasında hem de yavaş solunum sırasında değerlendirilmelidir. Çapı 2,1 cm altında ve % 50 üzeri kollaps gösteriyorsa SaA basıncı normaldir, tam tersi; İVK çapı 2,1 cm üzerinde ve % 50 den az kollaps gösteriyorsa SaA basıncı 15 mmHg civa üzerindedir. Bu iki ölçüme uymayan, arada kalan durumlarda SaA basıncı 8 mmHg olarak değerlendirilebilir. (18, 52-54)

2.2.1.1.2 Sağ Ventrikül Çıkım Yolu

Sağ ventrikül çıkım yolu subpulmoner infundubulumu ve pulmoner kapağı içerir, SaVÇY yolu ölçümleri parasternal uzun ve parasternal kısa aks ve subkostal pencerelerden diyastol sonunda yapılır. Parasternal kısa aks kesitinde SaVÇY proksimal çapı, parasternal kısa aks kesitinde hem proksimal SaVÇY çapı, hem distal SaVÇY çapı ölçülebilir. Sağ ventrikül çıkım yolu proksimal çapı üst limiti 33 mm, SaVÇY distal çapı üst limiti 27 mm dir. Sağ ventrikül çıkım yolu proksimal çapı genellikle aritmojenik SaV displazisinin ve konjenital kalp hastalıklarının

değerlendirilmesinde önemlidir. Sağ ventrikül çıkım yolu distal çapı ise pulmoner ve sistemik akımların ölçümünde kullanılır. (29, 55, 56)

2.2.1.1.3 Sağ Ventrikül

Ekokardiyografi ile sağ kalp değerlendirilmesinde en dikkat edilen yapıdır. Duvar kalınlığı, doğrusal boyutları, alan ve hacim ölçümleri yapılabilir.

Sağ Ventrikül Boyutları

Sağ ventrikül serbest duvar kalınlığı ölçümü diyastolde, subkostal veya parasternal uzun aks pencerelerinden yapılır. Perikardiyak yağ dokusunun ve trabekülasyonların ölçüme katılmaması önem arz eder. Sağ ventrikülde basınç yüklenmesi olan durumlarda, infiltratif ve hipertrofik kardiyomyopatilerde, SaVSD hipertrofisi izlenebilir. (57, 58) Ayrıca SoV hipertrofisi izlenen hastalarda SaVSD hipertrofisi izlenebilir. (59) Üst limit değeri 0,5 cmdir. (18)

Normal bir kalpte SaV' nin SoV' nin üçte ikisinden daha büyük olmaması ve apeksi SoV' nin oluşturması gerekir. Eğer görsel olarak, SaV, SoV' ye oranla büyük izleniyorsa veya apeksi oluşturuyorsa, SaV dilatasyonundan söz edilebilir. Sağ ventrikül doğrusal boyutları, apikal dört boşluk penceresinden değerlendirilir ve SaV' yi incelemek için en sık kullanılan ölçümlerdir. Doğrusal boyut ölçümleri, ölçüm yapan kişinin aldığı kesitlerden etkilenebilir. Bunu ortadan kaldırmak için

SaV odaklı apikal dört boşluk penceresinden ölçüm yapılmalıdır. (18, 28, 60, 61)

SaV bazal, orta çapları ve uzunlamasına aksı ölçülmelidir. SaV bazal çapı üst limiti 4,2 cm, orta çapı üst limiti 3,5 cm ve uzunlamasına aksın üst limiti 8,6 cmdir. (18, 60, 62)

Sağ Ventrikül Fraksiyonel Alan Değişimi

Sağ ventrikül sistolik ve diyastolik alan ölçümleri, SaV odaklı apikal dört boşluk penceresinden yapılır. Diyastol sonunda ve sistol sonunda, SaV endokardiyal yüzeyi takip edilerek bulunur. Bu ölçümlerin yapılmasının asıl amacı SaVFAD ölçmektir. Diyastol sonu alandan, sistol sonu alanının sayısal değerinin çıkartılıp, bulunan bu değer, diyastol sonu alana oranının 100 ile çarpılmasıyla elde edilir, yüzdesel değer olarak kullanılır. Sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarını gösterme konusunda başarılı bir yöntemdir ve altın standart manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ölçümleri ile uyum gösterir. Sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimini 'ın % 35 altında olması bozulmuş SaV sistolik fonksiyonunu gösterir. (7, 18, 26, 28, 60, 61, 63)

Hacim ve Ejeksiyon Fraksiyonu Ölçümü

Sağ ventrikülde iki boyutlu ekokardiyografi kullanarak hacim ölçümü yapmak ve ejeksiyon fraksiyonu hesaplamak çeşitli formüller üzerine kurulmuş ölçüm yöntemleri ile yapılır. Ölçümler için dikey ekokardiyografik planlar gerekir.

En sık apikal dört boşluk ve subkostal kısa aks pencereleri kullanılır. Hacim hesaplamasında kullanılan yöntemler; alan-uzunluk, disk toplama, üçgen tabanlı piramit modeli ve kresentrik yöntemleridir. Diyastol sonu ve sistol sonu hacimler elde edildikten sonra, SaVEF; diyastol sonu hacimden, sistol sonu hacminin sayısal değerinin çıkartılıp, bulunan değerin diyastol sonu hacmine oranının yüz ile çarpılmasıyla elde edilir. Bu ölçümlerin hiçbirisi MRG ile elde edilen sonuçlarla uyum göstermediğinden ve hacimleri düşük ölçtüğünden, günümüzde iki boyutlu ekokardiyografi ile SaV hacim ölçümleri yapılması önerilmemektedir. (18, 27, 64-66)

İnterventriküler Septum

Sağ ventrikül değerlendirmesinde interventriküler septum da önemli bir yer tutar. Sağ ventrikülün dilatasyonu, hacim ve basınç yükü altında olması durumlarında interventriküler septum, SoV' ye doğru itilerek parasternal kısa aks görüntülemelerinde, SoV' de "D" şekli meydana getirir. Ekzantirisite indeksi olarak adlandırılan, parasternal kısa aks penceresinde ölçülen; SoV' nin anteroposterior çapının, septolateral çapına oranının >1 olması, dolaylı olarak SaV üzerinde hacim veya basınç yükü olduğunu gösterir. (18, 28, 67, 68)

Tablo 1 Sağ kalp boşluk boyutlarının normal değerleri

Ekokardiyografik Parametreler	Normal Değerler
SaV bazal çapı (cm)	<4,2
SaV midkaviter çapı (cm)	<3,5
SaV uzunlamasına çapı (cm)	<8,6
SaV duvar kalınlığı (cm)	<0,5
SaV çıkış yolu çapı, uzun aks (cm)	<3,3
SaV çıkış yolu çapı, kısa aks(cm)	<2,7
SaV duvar kalınlığı (cm)	<0,5
SaA majör çapı (cm)	<5,3
SaA minör çapı (cm)	<4,4
SaA sistol sonu alanı (cm ²)	<18

SaV; sağ ventrikül, SaA; sağ atriyum

2.2.1.2 M-mode Ekokardiyografi

M-mod ekokardiyografi ile SaV boyutları, duvar kalınlıkları, IVK ölçümleri yapılabilir. En sık kullanım alanı ise bölgesel sistolik fonksiyonları değerlendirmektir. Triküspit anüler planda sistolik yer değiştirme (TAPSY) ve sağ ventrikül çıkım yolu sistolik yer değiştirmesi (SaVÇYSY), SaV bölgesel sistolik fonksiyonları değerlendiren, M mode kullanılarak yapılan ölçümlerdir. (69, 70)

Triküspit Anüler Planda Sistolik Yer Değiştirme

Triküspit anüler planda sistolik yer değiştirme kolay yapılabilen ve SaV ün uzunlamasına sistolik fonksiyonunu gösteren bir ölçümdür. Apikal dört boşluk penceresinde, triküspit kapağın lateral anulusuna M mode imleci konularak, anulusun apekse doğru sistolik hareketi ölçülür. Bölgesel sistolik değerlendirme yapmasına rağmen, radyanüklid incelemelerle elde edilmiş SaVEF ve SaVFAD çalışmaları ile uyum göstermektedir. (71-74) Bazı hastalıklarda SaV' nin, SoV tarafından çekilebileceği veya toplam kalp hareketinden etkilenebileceği vurgulanarak, kullanımında dikkatli olunması gerektiği vurgulanmıştır. (75) On altı mm altındaki değerler SaV sistolik fonksiyonlarında bozulma olduğunu göstermektedir. (18, 60)

Sağ Ventrikül Çıkım Yolu Sistolik Yer Değiştirmesi

Sağ ventrikül çıkım yolu sistolik yer değiştirmesi ile yalnızca SaVÇY' nin sistolik performansını değerlendirilir. Parasternal kısa aks penceresi görüntülerinde, aort kapak düzeyinde M mod imlecinin dik bir şekilde aorta üzerine yerleştirilip, SaVÇY endokardının sistol ve diyastoldeki yer değiştirme mesafesi ölçülerek değerlendirilir. (69, 76)

2.2.1.3 Doppler Ekokardiyografi

Doppler ekokardiyografi yöntemi, hemodinamik ölçümlerde, SaV' nin sistolik ve diyastolik fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kullanılabilir. Doppler ile ölçülen parametreler hacimden ve kalp hızından etkilenir. (16, 46, 47)

Pulmoner arter basıncının, pulmoner vasküler direncin, SaV bütünsel sistolik fonksiyonlarının ve diyastolik fonksiyonlarının değerlendirilmesini sağlar.

Pulmoner Arter Basıncı Ölçümleri

Doppler ekokardiyografi kullanılarak, sistolik, diyastolik ve ortalama pulmoner arter basınçları (PAB) ölçülebilir. Sistolik PAB (sPAB) ölçümü aşağıda verilen fomül ile hesaplanır.

$$sPAB = 4 V^2_{\text{triküpid kapak yetmezliği jeti}} + SaA \text{ basıncı}$$

Sağ atriyum basıncının ölçümünün nasıl hesaplanacağından daha önce bahsedilmiştir. Triküspit yetmezliği (TY) jetleri bir kaç inceleme kesitinden değerlendirilmeli ve ölçümde imlecin bu jete dik olmasına özen gösterilmelidir. Bazı ciddi TY si olan olgularda SaA ve SaV basıncı erken eşitleneceğinden, sPAB yanlış değerlendirilebilir. Girişimsel olarak ölçülen ortalama PAB (oPAB) için 25 mmHg üst limittir. Ancak ekokardiyografi ile günlük kullanımda, genellikle sPAB

ölçümleri kullanılır. Triküspit yetmezliği jeti velositesinin 2,9 m/s altında olması, sPAB ın 36 mmHg altında olması, normal olarak değerlendirilir. (46, 47, 77)

Diyastolik PAB (dPAB) diyastol sonu pulmoner yetmezlik jetinin hızı ölçülerek aşağıda verilen formül ile ölçülebilir.

$$dPAB = 4 V^2_{\text{diyastol sonu pulmoner yetmezlik jeti}} + \text{SaA basıncı}$$

Sistolik ve diyastolik basınçlar elde edildikten sonra oPAB, (sPAB + 2 dPAB) / 3 formülü ile bulunur. Pulmoner hızlanma zamanı kullanılarak da oPAB ölçümü tahmininde bulunulabilir. Bunun için çeşitli formüller geliştirilmiştir. (78) Yine oPAB kalp hızı normal olan hastalarda, erken pulmoner yetmezlik jeti hızının belirlenmesi sonrası aşağıdaki formülü ile hesaplanabilir. (21, 77)

$$oPAB = 4 V^2_{\text{erken pulmoner yetmezlik jeti}} + \text{SaA basıncı}$$

Pulmoner Damar Direnci Ölçümü

Triküspit yetmezliği jetinin hızının SVÇY hız zaman integraline oranı <0,02 ise pulmoner damar direnci (PDD) % 70 duyarlılık ve % 94 özgüllük ile 2 Wood ünite altındadır ve normal olarak değerlendirilir. Ekokardiyografik PDD ölçümü hiçbir zaman girişimsel yöntemlerle elde edilen ölçümler yerine kullanılmamalıdır. Günlük pratikte kullanımı önerilmemektedir. (46, 47, 77, 79-81)

Sağ Ventrikül Basınç Hızı

Doppler ekokardiyografi kullanılarak aslında SaV' nin invaziv (82) olarak değerlendirilmesinde kullanılan basınç yükselme hızı, non-invaziv olarak da değerlendirilebilir ve bütünsel SaV sistolik fonksiyonunu gösterir.

Triküspit yetmezliği jeti hızının 1 m/s den 2 m/s ye çıkması için geçen süre hesaplanarak yapılır. (SaV dB/ dZ) Yani 12 mmHg basıncın, bu basınca ulaşmak için geçen süreye bölünmesi ile elde edilir. Bazı çalışmalar SaV dB/ dZ değerlendirmesinde, TY jeti hızının 0,5 m/s den 2 m/s ye çıkması için geçen sürenin hesaplanmasının sistolik fonksiyonları daha iyi gösterdiğini belirtmiştir. (83)

Sağ ventrikül dB/dZ ölçümü yük bağımlı bir parametredir ve patolojik durumlarda ve normal kişilerdeki limit değerleri belirli değildir. Sağ ventrikül dB/dZ nin <400 mm Hg/s olması anormal olarak değerlendirilir. (84)

Sağ Ventrikül Miyokardiyal Performans İndeksi

Sağ ventrikül sistolik ve diyastolik fonksiyonunu değerlendirmek için kullanılan bir başka parametre SaV miyokardiyal performans indeksidir (MPI). İzovolümetrik fazların sürelerinin, ejeksiyon süresine oranı olarak hesaplanır. Doppler ve doku Doppler inceleme ile hesaplanabilir. (85, 86) Doppler ile

hesaplanacaksa farklı iki kesitten alınan ölçümlerin formülde yerine konulması ile hesaplanır. Öncelikle ejeksiyon süresi, SaVÇY’ de pulsed Doppler incelemesi ile belirlenir. Sonrasında triküspit kapak üzerinde yine pulsed Doppler ile A dalgasından, E dalgasına kadar olan süre, triküspit kapak kapanma açılma süresi olarak kaydedilir. Triküspit kapak kapanma açılma süresinden, ejeksiyon zamanını çıkartarak, izovolumetrik fazların toplam süresi elde edilir. Elde edilen izovolumetrik fazların süresinin, ejeksiyon süresine oranı MPI’ ni verir. (87, 88)

Farklı kesitlerden ölçümler alındığından kalp hızının aynı olması önemlidir. Elektrokardiyografide R-R mesafesi değişkenliği olanlarda yanlış sonuç verebilir. Daha önceleri yükten etkilenmeyen bir parametre olduğu söylenirken günümüzde yüklenme durumlarından etkilendiği ve sağ atriyal basıncı yüksek olan hastalarda yanlış sonuç verdiği bilinmektedir. Üst limiti 0,40 olarak belirlenmiştir. (18, 28)

Diyastolik Fonksiyonların Değerlendirilmesi

Doppler ekokardiyografi SaV diyastolik fonksiyonlarını göstermek amacıyla kullanılabilir. Apikal dört boşluk penceresinde, Doppler imlecinin triküspit kapak yaprakları arasında olacak şekilde akıma dik olarak yerleştirilmesi ve beş atım kayıt alınması önerilmektedir. Ciddi TY’ si olan kişilerde ve atriyal fibrilasyonda değerlendirme yanlış olabilir. SaV diyastolik fonksiyonlarını değerlendirme yöntemleri SoV’ de kullanılanlarla aynıdır. E dalgası, A dalgası, E/A oranı,

deselerasyon zamanı, izovolumetrik kasılma zamanı kullanılır. Pulmoner arterde ileri yönlü geç diyastolik akım izlenmesi restriktif dolumu akla getirir. (89-92)

E/A oranının $<0,8$ olması, SaV diyastolik fonksiyonlarında bozulmayı gösterir. E/A oranının $>2,1$ olması ve deselerasyon zamanının 120 ms altında olması restriksiyonu işaret eder. E/A oranının 0,8 ve 2,1 arasında olduğu durumlarda, ileri değerlendirme olarak; SaA hacmi hesaplanır, hepatik venlerdeki diyastolik akımın dominansı kontrol edilir ve doku Doppler ölçümleri yapılır. E/E' oranının >6 olması diyastolik fonksiyon bozukluğu lehinedir. (18, 27, 28)

2.2.1.4 Üç boyutlu Ekokardiyografi

Transtorasik veya transözefageal üç boyutlu ekokardiyografi SaV hacimlerini ölçmekte, iki boyutlu ekokardiyografiye üstündür ve MRG çalışmaları ile iki boyutlu ekokardiyografiye kıyasla daha iyi uyumluluk gösterir. Disk toplama ve Beutel yöntemleri sıklıkla kullanılır. Sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu alt limiti % 44 olarak belirlenmiştir. Sağ kalbin iki boyutlu görüntülenmesi ile değerlendirilen yapıların daha ayrıntılı görüntülenmesine olanak sağlar. Konjenital kalp hastalıkları ve kardiyomiyopatilerde güvenilir ve ayrıntılı inceleme sağlar. Operasyon öncesi triküspit kapağın değerlendirilmesinde önemlidir. Görüntü kalitesinden etkilenmesi dezavantajıdır. (28, 34, 60, 93, 94)

2.2.1.5 Doku Doppler Ekokardiyografi

Doku Doppler görüntüleme yöntemi ile SaA ve SaV' nin bütünsel ve bölgesel sistolik ve diyastolik miyokardiyal fonksiyonları kantitatif olarak değerlendirilebilir. Bu değerlendirmeler miyokardın ve anüler bölgelerin sistolik ve diyastolik hızlarının ölçülmesiyle yapılır. Sağ ventrikülün en iyi görüntülenen bölgeleri lateral triküspit anulusu ve SaVSD bazal kesimidir. Apikal dört boşluk pencereden SaV lateral duvarı görüntülenip doku Doppler kodlaması ile probe dik olacak şekilde yüksek kesit hızı ayarlanarak alınan kayıtlardan sistolik ve diyastolik hızlar belirlenir. (13, 19)

Sistolik Yer Değiştirme Hızı

Sistolik yer değiştirme hızı S' ile gösterilir. S'ın, SaV bütünsel sistolik fonksiyonları hakkında bilgi verdiği görülmüştür. Sağ ventrikül miyokardının uzunlamasına hızları sağlıklı kişilerde yapılan çalışmalarda belirlenmiş olup, bazal segmentler için 8 - 13 cm/s, anülüs bölgesi için 12 - 15 cm/s bulunmuştur. (95-97) Apekte doğru hızların azaldığı izlenir. Bölgesel bir parametre ile tüm miyokard fonksiyonlarının değerlendirilmesi, bölgesel patolojilerin varlığı durumunda, bu incelemenin doğruluğunu azaltabilir. (9, 28, 40, 98, 99). S' hızının <10 cm/s olması patolojik olarak değerlendirilir. (18)

İzovolumetrik Kasılma Akselerasyonu

İzovolumetrik kasılma akselerasyonu, yükten bağımsız olduğu iddia edilen ve bütünsel SaV sistolik fonksiyonları değerlendirebilen bir yöntemdir. İzovolumetrik kontraksiyon fazında tepe sistolik hızın, bu hıza ulaşılması için geçen süreye oranı olarak tanımlanır. Lateral triküspit anülüs doku Doppler incelemesi ile ölçülür. Doku Doppler ile elde edilen parametrelerden en tutarlı olanıdır ve açıdan bağımsızdır. Birçok hastalığın ciddiyeti ile İKA ölçümlerinin uyumluluğu gösterilmiştir. Yaş bağımlı bir parametre olabilir. (100-102) Alt limiti $2,2 \text{ m/s}^2$ olarak belirlenmiştir ancak günlük değerlendirmede kullanılması önerilmemektedir.

Sağ Ventrikül Miyokardiyal Performans İndeksi

Doppler ekokardiyografi ile ölçülebilen MPI, doku Doppler ile daha kolay ve tutarlı ölçülebilir. Tek kayıta tüm zamanların değerlendirilmesinin yapılması avantaj sağlar. Doppler incelemede olduğu gibi, izovolumetrik fazların süresinin ejeksiyon süresine oranı olarak ölçülür. (85, 86) Üst limiti 0,55 olarak belirlenmiştir. (18)

Diyastolik Fonksiyonların Değerlendirilmesi

Sağ ventrikül diyastolik fonksiyon bozukluğunu değerlendirmek için E/E' kullanılabilir. $E/E' > 4$ olması anlamlıdır. (18)

2.2.1.6 Strain ve Benek Takibi

Strain ölçümleri miyokard fonksiyonlarını daha iyi değerlendirmek üzere doku Doppler görüntülemelerden veya iki boyutlu görüntülerden benek takibi yöntemi ile elde edilebilen verilerdir. Strain, miyokardın deformasyonundaki yüzdesel değişim olarak tanımlanır. Negatif değerlerin kullanılması miyokardın başlangıç uzunluğuna kıyasla kısalma meydana geldiğini, pozitif değerlerin kullanılması ise başlangıç uzunluğuna kıyasla uzama olduğunu gösterir. Strain hızı (SH) ise strainin zamana göre değişimidir.

Doku Doppler kayıtları kullanılarak yapılan strain ölçümleri tek boyutludur, açı bağımlıdır. Görüntüleme açısının, uzunlamasına düzleme en fazla $15^\circ - 20^\circ$ farklılık göstermesi gerekmektedir. Yüksek kesit hızı ile alınmış kayıtlarla, çalışma istasyonlarında yapılabilen ölçümlerdir. Solunum etkisinin olmadığı en az üç atımın, kaydı yapılmalıdır. Sağ ventrikül bazal, orta ve daha az sıklıkla apikal segmentlerinin değerlendirilmesi yapılabilir. Yapılan çok sayıda çalışmada strain ve SH için limit değerler bulunmaya çalışılsa da bunların günlük pratikte kullanımına olanak verecek tutarlı sonuçlar elde edilememiştir. (103, 104)

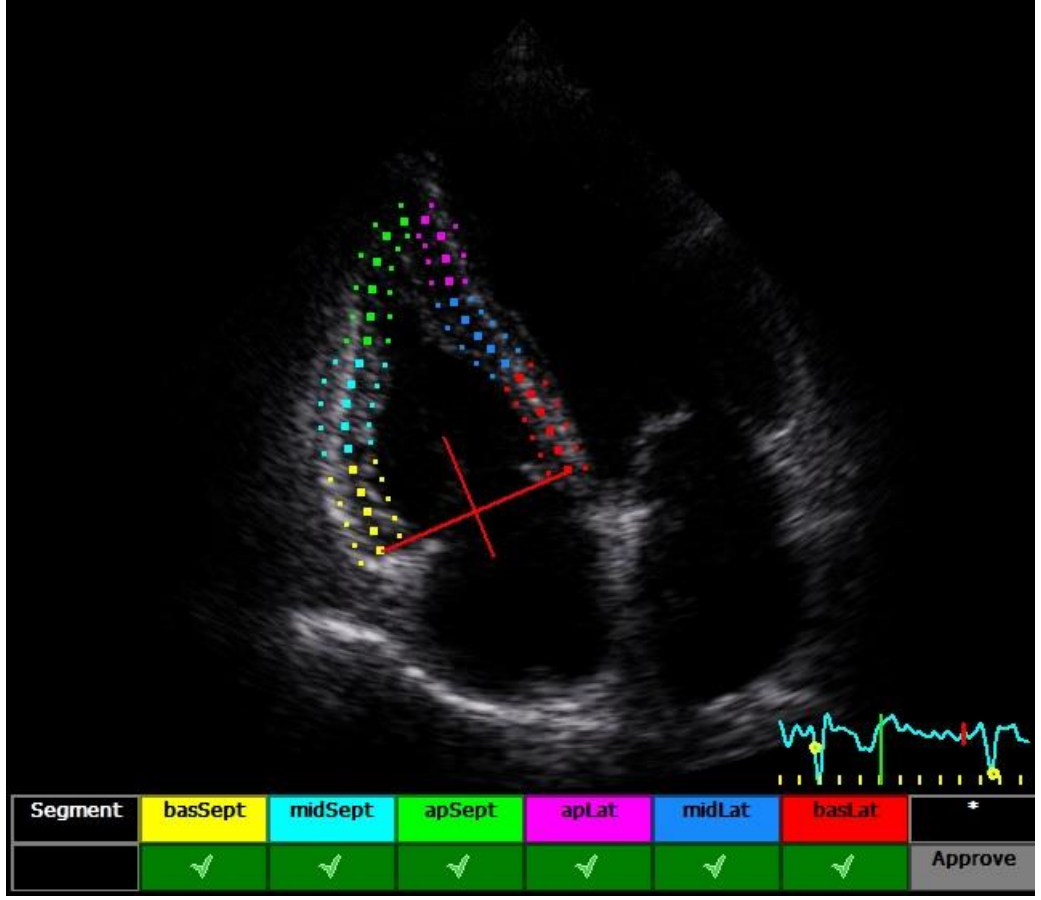
Benek takibi metodu, iki boyutlu görüntüler kullanılarak strain ve SH gibi parametrelerin değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Miyokard fibrillerinin üst üste gelerek oluşturduğu yoğun ve daha az yoğunlukta görüntülerin işaretlenmesi ve kalbin diyastolü ve sistolü sırasında, belirlenen beneklerin takip edilmesine dayanır. Çeşitli algoritmalar ile segmentlerin deformasyonu ve global ventrikül deformasyonunun ölçülmesine olanak sağlar. Açıdan bağımsızdır. Uzunlamasına strain (US), radyal ve sirküferansiyal strain ölçümleri yapılabilir. Analizin yapıldığı programın donanımı yeterli ise; epikardiyal, endokardiyal ve midduvar straini olmak üzere, miyokardiyal katmanların strain değerleri, ayrı ayrı değerlendirilebilir; ayrıntılı açıklama yapılmadığı takdirde, strain ölçümlerinden bahsedildiğinde midduvar straini anlaşılır. Algoritmalar SoV için yazıldığından SaV' ye özgü bir benek takibi programı yoktur. Ancak SoV için geliştirilen bu algoritma ve formüllerin kolaylıkla ve tutarlılıkla SaV' ye uygulanabildiği, çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir. SaV' ye özgü benek takibi algoritmaları üzerinde çalışılmaktadır. Pulmoner hipertansiyon gibi SaV' yi etkileyen patolojik durumlarda; benek takibi yöntemi ile elde edilen strain değerlerinin, SaV disfonksiyonunun derecesini ve sağkalımı öngördürebileceği belirtilmiştir. (105-111)

Sol ventrikül için yazılan benek takibi algoritmaları, atriyumlar içinde uygulanabilir. Ancak benek takibi incelemesinde, miyokardın üzerindeki belirli alanların işaretlenmesi ve bu işaretli beneklerin takibi esastır. Atriyumların

miyokard kalınlıkları oldukça ince olduğundan, atriyumlara uygulanan benek takibi ölçümlerinin nasıl yapılması gerektiği üzerinde fikir birliği yoktur. (36, 112-114)

Aort ve mitral kapakların açılma, kapanma zamanları Doppler ekokardiyografi kayıtlarından belirlenerek, diyastol ve sistol süreleri tanımlanır. Birçok firmanın arayüzlerinin sağladığı, EKG üzerinde, QRS kompleksi ve T dalgasına dayalı sistol ve diyastol sürelerinin belirlenmesi yöntemi de kullanılabilir. (112)

Ventriküller için miyokard sistolde işaretlenir ve işaretli beneklerin takibi ile strain, SH, yer değiştirme gibi parametreler elde edilir. (112) Sağ ventrikülün benek takibi yöntemi ile değerlendirilmesi için başlangıç aşaması olan işaretlemeler, Şekil-1' de gösterilmiştir.



Şekil 1 – Sağ ventrikülün benek takibi yöntemi ile değerlendirilmesi için işaretleme yapılması

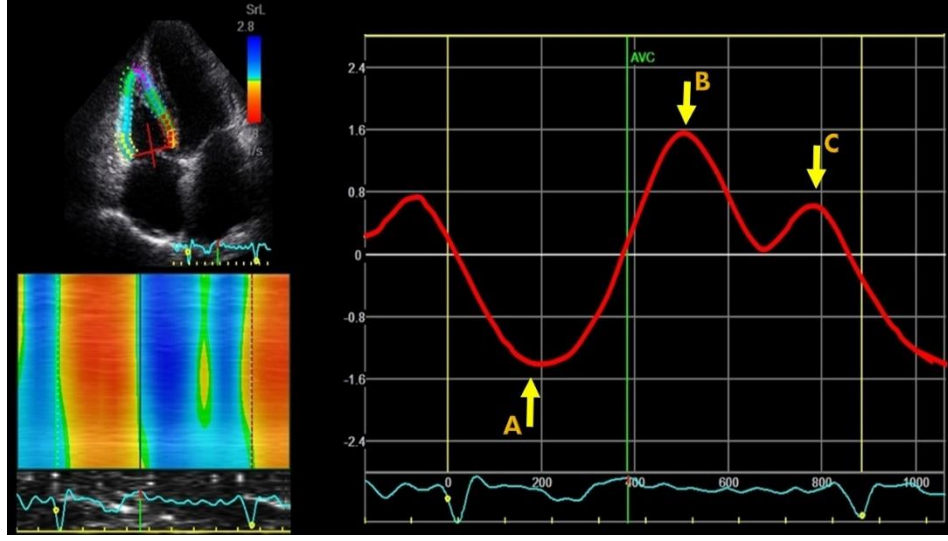
İşaretlemeye en az 15 nokta belirlenerek, lateral trikuspid anülüsten başlanır, septal anülüste sonlandırılır. Moderator bantın işaretlenmediğine emin olunmalıdır. İşaretlemelerin ve benek takibinin uygun olduğuna program üzerinde onay verildiğinde analiz gerçekleşir. Örnek ilk işaretleme anı değil, beneklerin takibi sırasında alınan görüntüdür. Şekilde renklerle belirtilen segmentler, sol ventriküle ait isimlendirmelerdir, benek takibi programlarının sol ventrikül için yapılandırılmasından kaynaklanmaktadır, araştırmacıların programın verdiği segment isimleri ile takibini yapmak istedikleri segment arasındaki bağlantıyı kurması gerekir.

İki boyutlu benek takibi analizinin SaV' ye uygulanması sonucunda, SaV' nin segmenter analizi yapılabileceği gibi global strain değerleri de elde edilebilir. Ek olarak programlar SH değerlerini de, hem sistol hem diyastol için sağlamaktadır. SaV strain ve strain hızı eğrilerinin program üzerinde değerlendirilmesi Şekil-2 ve Şekil-3' te verilmiştir.



Şekil 2 Sağ ventrikül uzunlamasına strain (bozunma) değerlendirmesi

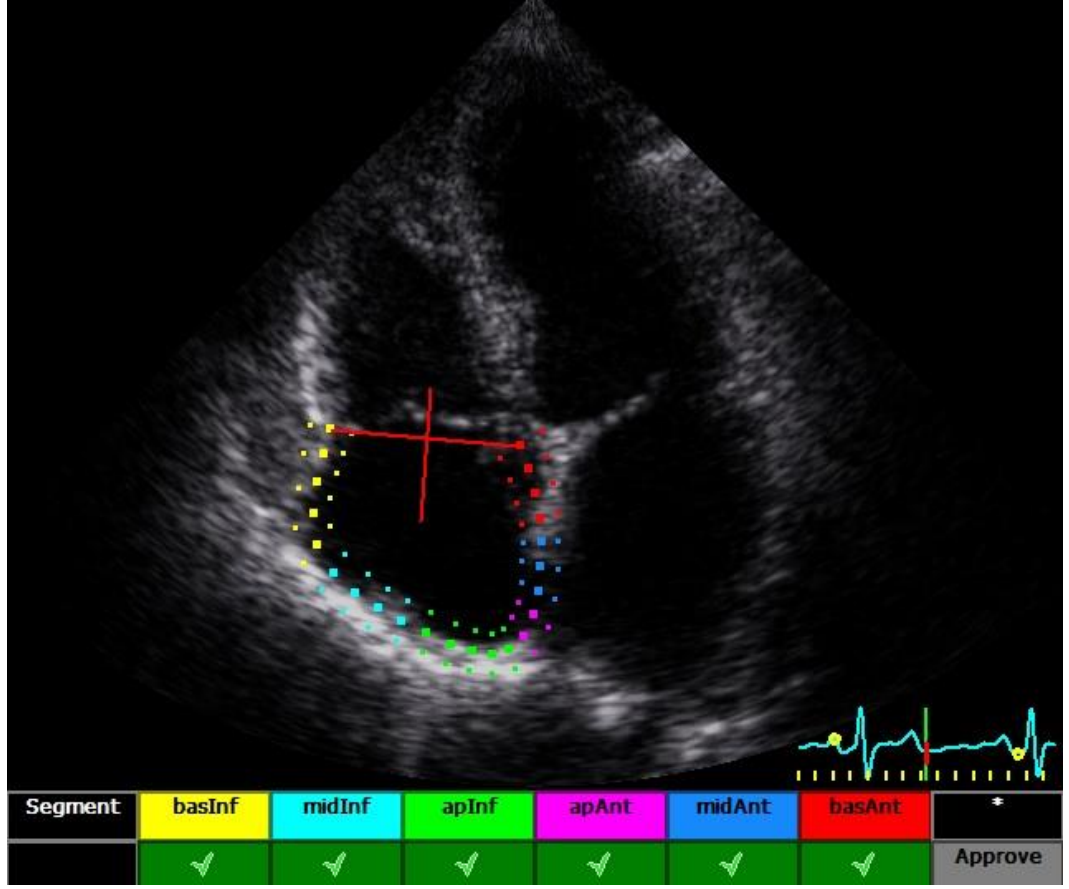
A; İşaretli nokta sağ ventrikülün, zirve sistolik strainini vermektedir. Strain değeri yüzdesel kısalma olarak ifade edildiğinden, kasılma sırasındaki strain negatif olmalıdır. Program üzerinde imleç hareket ettirilerek istenilen bölgenin strain eğrisi tanımlanabilir. Grafikteki eğri sağ ventrikül global uzunlamasına strain eğrisidir.



Şekil 3 Sağ ventrikül uzunlamasına strain hızı değerlendirmesi

A; Sistolik strain hızı, B; erken diyastolik strain hızı, C; geç diyastolik strain hızı

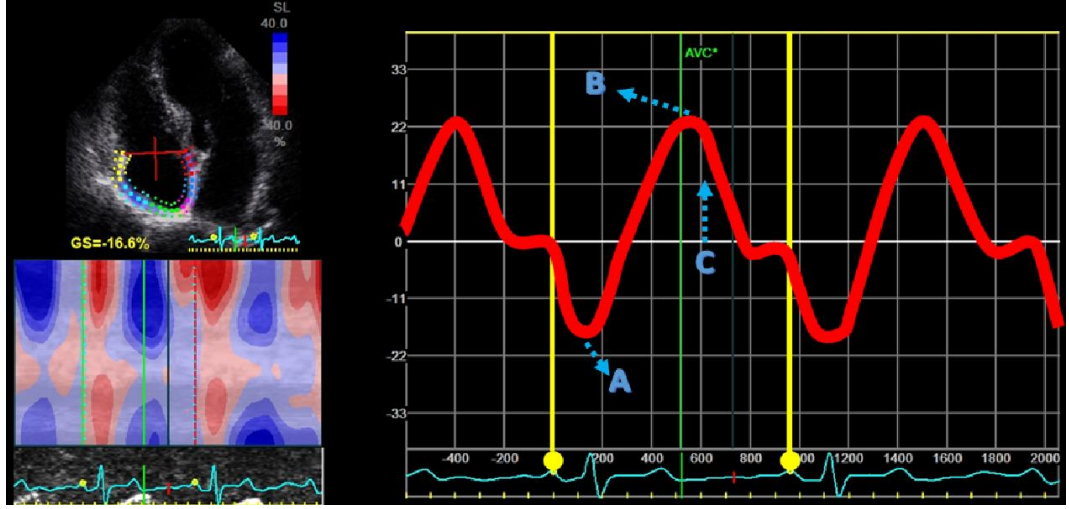
İki boyutlu benek takibi analizinin atriumlara uygulanmasında, farklı yöntemler tanımlanmıştır. Araştırmacıların farklı yöntemler kullanması SaA incelemelerinden elde edilen değerlerin farklılığına neden olmaktadır. Sağ atriyum fizyolojisi 3 fazdan oluştuğu için, SoV için hazırlanmış programların dikkatlice kullanılması gerekmektedir. Sağ atriyumun iki boyutlu benek takibi ile değerlendirilmesi için yapılan işaretlemeler Şekil-4' te gösterilmiştir.



Şekil 4 Sağ atriyum benek takibi yöntemi ile değerlendirilmesi için işaretlenmesi

Sağ atriyum, programda lateral triküspit anülüsten septal anüler bölgeye kadar işaretlenir. İşaretlemelerin ve benek takibinin uygun olduğuna program üzerinde onay verildiğinde analiz gerçekleşir. Örnek ilk işaretleme anı değil, beneklerin takibi sırasında alınan görüntüdür. Şekilde renklerle belirtilen segmentler sol ventriküle ait isimlendirmelerdir, benek takibi programlarının sol ventrikül için yapılandırılmasından kaynaklanmaktadır, araştırmacıların programın verdiği segment isimleri ile takibini yapmak istedikleri segment arasındaki bağlantıyı kurması gerekir.

Elektrokardiyografi kaydı üzerinde ventriküller için QRS kompleksleri kılavuz noktalar olarak alınırken, atriyumlarda benek takibi yöntemi uygulanırken, P dalgasının kılavuz olarak alınması, tanımlanmış ve kullanılmış bir yöntemdir. (48-50) Bir başka yöntem ise, analiz sırasında atriyal kasılma fazının gösterilmesi için, QRS kompleksleri üzerindeki belirteçlerin, QRS kompleksi önüne çekilmesidir, ancak bu yöntem atriyal kasılma fazını düzgün olarak göstermediği gibi, atriyal fizyolojiye de uymamaktadır. (115) Günümüzde SaA fizyolojisi ve anatomisine uygun algoritmalar yazılmadığından, SoV için yazılmış programlamalarla, atriyum çalışmaları değerlendirilmeye çalışılmaktadır. (36, 48, 113, 114) SaA için program üzerinde iki boyutlu benek takibi analizi ile değerlendirilmeler Şekil-5 ve Şekil- 6' da gösterilmiştir.



Şekil 5 Sağ atriyumun benek takibi yöntemi ile değerlendirilmesi - strain

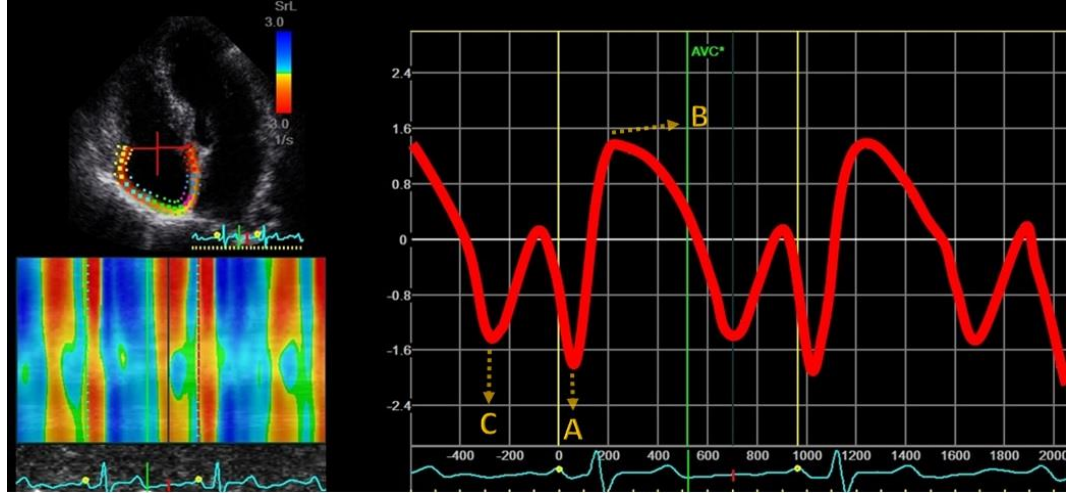
Sağ atriyumun benek takibi ile analizinde; programın belirlediği kılavuz noktalarını değiştirmek gereklidir. Günümüzde varolan programlar atriyumlar için tasarlanmadığından bu işlem zorunlu hale gelmektedir.

Kılavuz noktalarının, P dalgası üzerine yerleştirilmesi ile, şekil üzerindeki, kırmızı renkli strain eğrileri ve ve sarı renkli kılavuz çizgileri elde edilir. Kılavuz noktalarının P dalgası üzerine konulması, sağ atriyum fizyomekaniğinin değerlendirmesini sağlıklı bir şekilde sağlamakta ve bu değerlendirmeye bir standardizasyon getirmektedir.

A: atriyal kasılma zirve straini, B: zirve pozitif strain, C:ventriküler erken diyastol sırasında, atriyal strainidir (iletim fazı straini).

Depo fazı strain analizinde, QRS üzerine denk gelen noktadan, zirve sistolik atriyal straine kadar olan ölçüm hesaplanmalıdır. (B noktası ile A noktası arası).

İletim fazı straini, strain hızı eğrisinde erken diyastolik dönem ile uyum gösterir ve bu şekilde belirlenir.



Şekil 6 Sağ atriyumun benek takibi yöntemi ile değerlendirilmesi - strain hızı

A; atriyal kasılma fazı strain hızı, B; depo fazı strain hızı SH, C; iletim fazına ait strain hızı (ventrikülün erken diyastolik fazına denk gelmektedir)

2.2.1.7 Diğer Yöntemler

Sağ kalbin ekokardiyografik değerlendirmesinde intrakardiyak ekokardiyografi, kontrast ekokardiyografi gibi yöntemler de ek olarak kullanılabilir.

Tablo 2 Sağ kalp sistolik ve diyastolik değerlendirmesinde kullanılan ekokardiyografik parametreler ve normal değerleri

Ekokardiyografik Parametreler	Normal Değerler
<i>Sağ kalp sistolik değerlendirmesinde kullanılan parametreler</i>	
TAPSY (cm)	>1.6
S'(m/s)	>0,1
Doppler MPI	<0,4
Doku Doppler MPI	<0,55
Fraksiyonel alan değişimi (%)	>35
SaV EF(%)	>44
3D SaV EF(%)	>40
İzovolümetrik kasılma akselerasyonu (m/s ²)	>2,2
<i>Sağ kalp diyastolik değerlendirmesinde kullanılan parametreler</i>	
E/A oranı	0,8< <2,1
E/E'	>6
Deselerasyon zamanı (ms)	<120
İzovolumik gevşeme zamanı (ms)	<73

MPI; miyokardiyal performans indeksi, SaVEF; sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu, TAPSY; triküspit anuler planda sistolik yer değiştirme

2.2.2 Manyetik Rezonans Görüntüleme

Manyetik rezonans görüntüleme kardiyovasküler hastalıkların değerlendirilmesinde son derece önemi olan girişimsel ve radyasyon uygulanmayan bir tekniktir. SaV yapı ve işlevlerinin görüntülenmesinde ekokardiyografiden sonra ikinci yöntem olarak kardiyak MRG önerilmektedir. Anatomiye ayrıntılı gösterme, akım ölçümü yapabilme, fonksiyonu sayısal olarak değerlendirme imkânı sağladığından ve doğruluk payı yüksek olması nedeniyle altın standart görüntüleme yöntemi olarak değerlendirilmektedir. (24, 116)

Segmenter fonksiyon analizi, SaV ejeksiyon fraksiyonu, pulmoner arter akımı, pulmoner venler, sistemik venleri görüntüleyebilme imkânı sağlar. Kardiyak ve kalp dışı anatomiye iyi göstermesi nedeniyle operasyonlar öncesinde faydalıdır. Doku tanımlaması yaparak SaV' nin ileri düzey görüntülemesini sağlar. Aritmojenik SaV displazisi gibi SaV'yi etkileyen kardiyomyopatlerin, metabolik depo hastalıklarının tanısında önemli rol oynar. Geç gadalinyum tutulumu çalışmaları ile fibrosis, inflamasyon ve hasarlı bölge tanımlaması yapılabilir. (27, 117)

Kardiyak MRG ile geometrik varsayımlar olmadan, SaV hacimleri doğru değerlendirilip, ejeksiyon fraksiyonu değeri bulunabilir. Ekokardiyografide olduğu gibi SaV' nin anatomik yapısı, şekli ve ince duvarı, SoV' ye kıyasla, SaV' nin MRG ile değerlendirmesini zorlaştırmaktadır. (118)

2.2.3 Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi

İyot içeren radyokontrast madde kullanılması gerekliliği, yüksek dozda radyasyona maruz kalınması nedenleri ile sağ kalp görüntüleme yöntemleri arasında klinikte sık kullanılmamaktadır. Ancak eşlik eden pulmoner emboli gibi patolojiler mevcutsa, MRG yapılmasına engel olacak kalp pili, prostetik materyal veya kapalı alan korkusu mevcutsa, MRG yerine kullanılabilir. Zamansal ve mekansal çözünürlükteki gelişmeler ve radyasyon dozunun daha sınırlı verilmesi ile, koroner anatomiye değerlendirmede etkili bir yöntemdir. Hastaların

değerlendirilmesinde EKG ilişkili yöntem kullanıldığından kalp hızının 75/dk altına indirilmesi önem taşır. (118)

Çok kesitli bilgisayarlı tomografi ile sağ kalp boyutları hacimleri, SaVSD' nin kalınlığı, interventriküler septumun hareketleri, pulmoner arterin, pulmoner ve sistemik venlerin çapları değerlendirilebilir. Zamansal çözünürlüğü MRG' ye göre daha düşük olduğundan, sistol sonu ve diyastol sonu hacimlerin gerçekte olduğundan daha yüksek ölçülmesine neden olabilir. (27, 119)

2.2.4 Nükleer Görüntüleme Yöntemleri

Ekokardiyografi ve MRG' nin günlük pratikte sık kullanılmaya başlaması sonrasında, SaV için nükleer görüntüleme yöntemlerinin kullanılma sıklığı azalmıştır. Günümüzde de değişik radyofarmasötik ajanlarla SaV ve SoV' nin sistolik, diyastolik fonksiyonlarını ve miyokard perfüzyonlarını değerlendirmek amacıyla kullanılır. Kan havuzu tek foton emilimine bağımlı bilgisayarlı tomografi yöntemi, üç boyutlu olması sebebiyle SaV için öncelikli önerilen yöntemdir. Sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonunu değerlendirmek için, ilk geçiş yöntemi ve denge yöntemleri mevcuttur. Denge radyonüklid incelemesi EKG ile eş zamanlı ve bağımlı şekilde yapılır. Çeşitli radyofarmasötik ajanlarla eritrositler işaretlenir. Hem efor sırasında hem istirahatte kullanılabilen bu yöntem ile SaV ve SoV' nin diyastolik, sistolik fonksiyonları; genel ve bölgesel olarak değerlendirilebilir. İncelemenin doğruluk oranı yüksektir. İlk geçiş yöntemi ile radyofarmasötik ajan

bolus halinde intravenöz (iv) yolla verilir, ardından SaV dolumu ve SoV' ye geçişi ve sistemik dolaşıma atılışı kaydedilir. (23, 27, 120, 121)

Nükleer görüntüleme yöntemleri kardiyak metabolizmayı değerlendirme amacıyla da kullanılabilir. Bu incelemeye imkan veren pozitron emisyon tomografisinde florodeoksiglikoz tutulumundaki artış, kardiyak metabolizmada enerji elde edilmesi, yolağının yağ asitinden glikoza doğru değiştiğini gösterdiği için, ventrikül yetmezliğini erken dönemde gösterebilir. (120, 122)

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1 Etik Kurul Onayı

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 25.08.2014 tarihinde onaylanmıştır.

3.2 Çalışma Tasarımı

Bu çalışma prospektif kohort olarak planlanmıştır. Kronik böbrek yetmezliği olan ve en az 6 aydır HD programı dâhilinde olan hastalar çalışmaya alınmıştır. Çalışmaya alınan hastalara, güncel bilimsel bilgi birikimi dâhilinde tetkik ve tedavi için yapılan işlemlere ve hastaların tedavi modalitelerine hiçbir şekilde müdahale edilmemiştir. Hastalar öncelikle çalışma hakkında bilgilendirilmiş ve gönüllü olmayı kabul edenler çalışmaya alınmıştır. Çalışmaya alınan hastaların klinik takibinde yapılması gereken ekokardiyografik inceleme, hastalara kolaylık sağlanarak planlanmış ve HD sonrası tekrarlanmıştır. Ekokardiyografi cihazı HD ünitesine taşınarak, hastaların HD öncesi ve sonrası ekokardiyografik incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Hastalığın tetkik ve tedavi sürecinde normalde yapılması gereken tetkikleri, risk faktörleri, anamnezi, labaratuvar tetkik parametreleri gibi veriler kaydedilmiştir. Sağ kalp fonksiyonları üzerinde hacim yükünün etkisini değerlendirmek için son dönem böbrek yetmezliği hastaları, HD öncesi

hipervolemik olmaları ve HD sonunda normovolemik duruma gelmeleri nedeniyle seçilmiştir.

3.3 Olgular

Çalışmaya alınmak üzere; Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı Nefroloji Bölümü Hemodiyaliz Ünitesi'nde HD programında olan, çalışmaya dahil edilme kriterlerini sağlayan, 95 hastaya, HD öncesi ve sonrası ekokardiyografi yapıldı. Doksan beş hastanın 7 sinde SoV sistolik fonksiyon bozukluğu saptandı, yeni tanı alan bu hastalar uygun tedavi ve takip amacıyla ileri değerlendirme için yönlendirildi. Seksen sekiz hastanın ekokardiyografi kayıtları benek takibi analizi için değerlendirildi. Yirmi bir hastada görüntü kalitesinin kötü olması nedeni ile uygun standartlarda benek takibi yapılamadığından bu hastalar da çalışmadan çıkartıldı.

Hastalar araştırmayla ilgili olarak bilgilendirildi ve yazılı, imzalı onam formu alındı. Hastalar gönüllülük esasına uygun olarak çalışmaya dahil edildi. En az altı ay süresince, haftada üç kez, sistemik bikarbonatlı HD uygulanan, 18 ile 85 yaş arasındaki sinus ritmine sahip hastalar çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya kalp yetmezliği, ileri derecede kalp kapak patolojisi, perikardiyal hastalığı, atriyal fibrilasyonu, akut miyokard iskemisi, aktif enfeksiyonu, pulmoner emboli, gebelik durumu olan hastalar dâhil edilmedi. Çalışmaya dahil edilen hastaların ekokardiyografik görüntüleri, SaV' nin benek takibi yöntemi ile sağlıklı

değerlendirilmesine olanak vermediğinde, hastalar çalışmadan çıkartıldı. SaA analizleri için aynı şart aranmadı bu nedenle 5 kişiye SaA analizi yapılmadı. SaA benek takibi analizi toplam 62 hastaya yapıldı.

Çalışmaya katılan hastaların en az 10 dakika istirahat sonrasında oturur pozisyonda kan basınçları ölçüldü. Hastaların boy ve kilo ölçümleri yapıldı. Kuru ağırlıkları üzerinden vücut kitle indeksleri (VKİ) ve vücut yüzey alanları (VYA) hesaplandı.

3.4 Ekokardiyografi

Tüm ölçümler aynı kardiyolog tarafından, ekokardiyografi cihazı HD ünitesine taşınarak, HD öncesinde ve sonrasında (2,5 MHz transducer) Vivid 7 Dimension cihazı ile yapıldı.

Ekokardiyografi sırasında hastalara EKG ve solunum monitörizasyonu uygulandı. Ekokardiyografik görüntüler, sol supin ve sırt üstü pozisyonda yatar iken ekspiryum sonunda üç kardiyak döngü içerecek şekilde kaydedildi. Görüntü kayıtları daha sonra harici belleğe kopyalandı. Ardından görüntüler cihaza özgü çalışma istasyonuna aktarılarak EchoPAC, BT 13 (GE Vingmed Ultrasound) programı ile analiz edildi.

Parasternal uzun aks, parasternal kısa aks, apikal dört boşluk, apikal üç boşluk, apikal iki boşluk ve subkostal yaklaşımlarla iki boyutlu ekokardiyografik görüntüler alındı.

Sağ atriyum uzunlamasına ve kısa çapları apikal dört boşluk pencereden ölçüldü. Triküspit kapağın ortasından, SaA üst duvarının ortasına doğru ve SaA ortasındaki düzlemde; lateral duvardan interventriküler septuma uzanan akslar ölçüldü. Sağ atriyum alanı apikal dört boşluk pencerede ventrikül sistolü sırasında, kendisi en büyük boyutta iken sistemik ven ağızları ve SaA apendiksi dışarıda bırakılarak hesaplandı, İVK çapı ve solunumsal çap değişimi subkostal inceleme ile değerlendirildi. Sağ ventrikül çıkım yolu ölçümleri parasternal kısa aks penceresinde diyastol sonunda yapıldı, SaVSD kalınlığı ölçümü diyastolde parasternal uzun aks penceresinden yapıldı.

Sağ ventrikül doğrusal boyutları, sistolik ve diyastolik alan ölçümleri, SaV odaklı apikal dört boşluk penceresinden hesaplandı, SaVFAD, diyastol sonu alandan sistol sonu alanın sayısal değerinin çıkartılıp, bulunan değer diyastol sonu alana oranının, yüz ile çarpılmasıyla elde edildi. Apikal dört boşluk penceresinde triküspit kapağın lateral anülüsüne uzunlamasına M mode imleci konularak TAPSY ölçüldü. Miyokardiyal performans indeksi hem Doppler hem doku Doppler ekokardiyografi ile izovolümetrik fazların sürelerinin ejeksiyon süresine oranı olarak hesaplandı. Doppler ekokardiyografi ile incelenmesinde SaVÇY hızı ve apikal dört boşluk penceresinde triküspit kapak akım hızları kullanıldı. Doku

doppler incelemede ise apikal dört boşluk penceresinde, lateral triküspit anülüs üzerinden ölçüm yapıldı. Apikal dört boşluk penceresinde Doppler imlecinin triküspit kapak yaprakları arasında olacak şekilde yerleştirilerek; E dalgası, A dalgası, E/A oranı, deselerasyon zamanı ölçüldü. Sistolik yer değiştirme hızı- S' ve diyastolik anüler hızlar, apikal dört boşluk penceresinde, triküspit lateral anulus üzerinden doku Doppler incelemesi ile ölçüldü. İKA, izovolumetrik kontraksiyon fazında tepe sistolik hızın, bu hıza ulaşılması için geçen süreye oranı olarak apikal dört boşluk penceresinde triküspit lateral anulus üzerinden doku Doppler incelemesi ile ölçüldü. Hastaların çoğunda HD sonrası TY akımı izlenmediği için (20/67) PAB ölçümü ve SaV dB/dZ değerlendirilmedi. (123)

SoV sistolik ve diyastolik çapları, hacimleri, ejeksiyon fraksiyonu, SoA çapları ve alanı, Amerikan Ekokardiyografi Cemiyeti önerileri doğrultusunda ölçüldü.

Benek takibi analizi için SaV ve SaA odaklı özel apikal görüntüler kaydedildi. Sağ ventrikül için, endokard lateral anülüsten başlanarak septal triküspit anülüsüne en az 15 işaretleme yapılarak, endokardiyal yüzey belirlendi. Değerlendirmek istenen miyokard alanı seçildi. Benek takibi programla yapıldı. Sağ ventrikül global uzunlamasına straini (GUS) ve SaVSD US, SaV SH, SaVSD SH ölçüldü. Miyokardiyal katmanların US değerleri belirlendi. SaA' nın değerlendirmesinde literatürde tanımlanan her iki yöntem de uygulandı, ancak değerlendirmeler ve analizler için daha tutarlı olan, kılavuz noktalarının, P dalgası olarak seçildiği

yöntemden elde edilen veriler kullanıldı. Şekil 1, 2, 3, 4, 5 ve 6' da ayrıntılı olarak değerlendirme gösterilmiştir.

3.5 İstatistik

İstatistiksel analizler IBM SPSS for Windows Version 19.0 paket programında yapıldı. Sayısal değişkenler ortalama $\pm$ standart sapma, median [minimum – maksimum] değerler ile özetlendi. Kategorik değişkenler ise sayı ve yüzde ile gösterildi. Sayısal değişkenlerin normalliği Shapiro Wilks testi ile incelendi. HD öncesi ve sonrası sayısal değerler arasında farklılık olup olmadığı parametrik test varsayımlarının sağlanması durumunda bağımlı gruplarda t testi ile parametrik test varsayımlarının sağlanmaması durumunda ise Wilcoxon testi ile incelendi. Ekokardiyografik parametrelerin HD öncesi ve sonrasındaki değişimleri yüzdesel olarak hesaplandı. Ekokardiyografik parametrelerin değişimleri ile çekilen sıvı hacmi arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla Pearson korelasyon testi kullanıldı. Anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak alındı.

4.BULGULAR

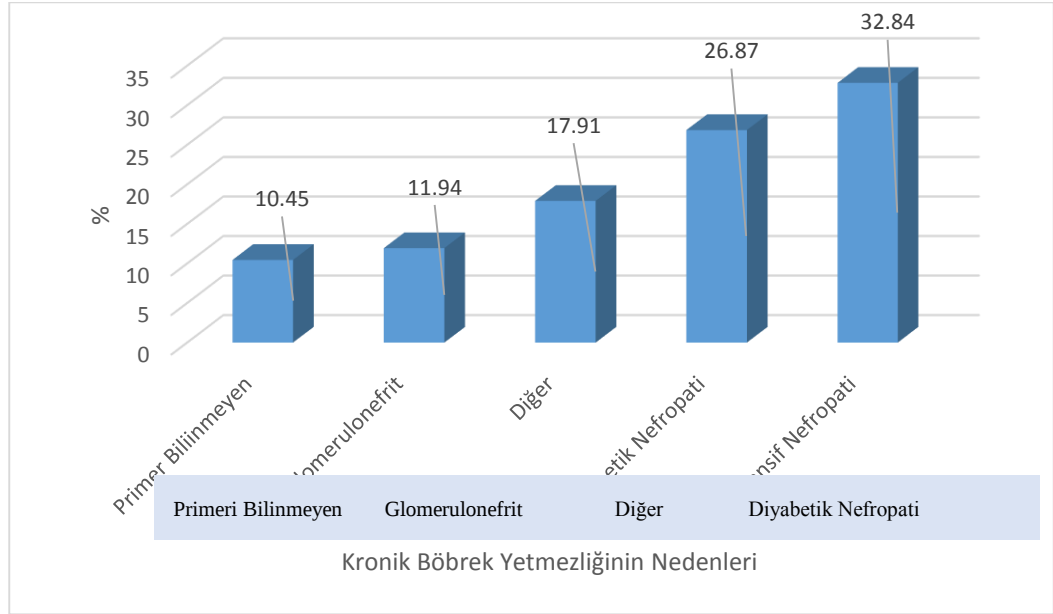
Çalışmaya alınmak üzere; kronik HD programında olan ve bilinen SoV sistolik fonksiyon bozukluğu olmayan 95 hastaya, HD öncesinde ve sonrasında transtorasik ekokardiyografi yapıldı. Doksan beş hastanın 7' sinde SoV sistolik fonksiyon bozukluğu saptandı ve yeni tanı alan bu hastalar uygun tedavi ve takip amacıyla yönlendirildi. SoV sistolik fonksiyonları normal olan 88 hastanın ekokardiyografi kayıtları benek takibi analizi için değerlendirildi. Yirmi bir hastada görüntü kalitesinin kötü olması nedeni ile uygun standartlarda benek takibi yapılamadığından, bu hastalar da çalışmadan çıkartıldı. Çalışmaya yaş ortalamaları $49,2 \pm 17,3$ yıl olan, 67 hasta dahil edildi. Hasta grubunda 23 kadın (% 34,4), 44 erkek (% 65,6) yer almıştır. Hastaların ortalama VKİ' si $22,9 \pm 4,21$ kg/m² olarak bulunmuştur. HD' ye girme süreleri ortalama $72,8 \pm 58,41$ ay olarak saptanmıştır. Altmış yedi HD hastasının 62' si (% 92,5) HD' ye arteriyovenöz fistül yolu ile girerken, 5' i (%7,5) kateter yoluyla girmektedir. Yaptığımız çalışmada HD sırasında hastalardan ortalama $3088,12 \pm 1103,7$ ml sıvı çekilmiştir. Hastaların demografik özellikleri Tablo 3' te verilmiştir.

Tablo 3 Hastaların demografik özellikleri

Değişkenler	Hastalar
Yaş (yıl)	49,2 ±17,3
Cinsiyet (K/E)	23 (% 34,4) / 44(% 65,6)
VKİ (kg/m ²)	22,9 ± 4,21
HD süresi (ay)	72,8 ±58,41
HD giriş yeri (fistül/kateter)	62 (% 92,5) / 5 (% 7,5)
HD seansında çekilen sıvı miktarı (ml)	3088,12 ± 1103,7

HD; hemodiyaliz, VKİ; vücut kitle indeksi

HD programında olan 67 hastanın primer hastalık etyolojisinde, ilk sırayı hipertansiyon (% 32,84) almaktadır. Araştırma popülasyonunun kronik böbrek yetmezliği nedenleri, % 26,87 diabetes mellitus, % 11,94 glomerulonefrit, % 17,91 diğer nedenler (polikistik böbrek hastalığı, nefrolitiazis, at nalı böbrek, vezikoüretal reflü, pyelonefrit, vaskülit, lupus, soliter böbrek, toksik nefropati, amiloidoz) olarak belirlenmiştir. Hastaların % 10,45’ inde kronik böbrek yetmezliğinin primer nedeni bilinmemektedir. Hastaların primer etyolojilerine göre dağılımları Şekil 7’de belirtilmiştir.



Şekil 7: Hastaların primer etyolojilere göre dağılımları

Hastaların HD öncesi yapılan rutin labaratuvar değerlerinde hemogloblin $11,06 \pm 1,7$ g/dl saptanmış olup tüm hastalarda anemi mevcuttur. HD öncesi rutin labaratuvar tetkiklerinin değerleri Tablo-4' te gösterilmiştir. Hastaların HD öncesi ve sonrasında beraber bakılan kreatinin, kan üre nitrojeni (BUN) ve potasyum (K) değerleri değerlendirildiğinde; HD öncesinde kreatinin $8,57 \pm 2,5$ mg/dl, HD sonrasında $2,86 \pm 1,08$ mg/dl saptanmıştır. HD öncesi, BUN $62,40 \pm 12,1$ mg/dl saptanmış olup, HD sonrası $15,84 \pm 5,29$ mg/dl olarak saptanmıştır. Hemodiyaliz öncesi K $4,89 \pm 0,8$, mmol/dl, HD sonrası $3,35 \pm 0,29$ mmol/dl olarak saptanmıştır. Bu labaratuvar değerlerindeki düşüşler istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,001$). Hemodiyaliz öncesi ve sonrası labaratuvar değerlerinin karşılaştırılması Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 4 Hastaların rutin labaratuvar tetkiklerinin değerleri

Değişkenler	Hastalar
Hemoglobin (g/dl)	11,06 ± 1,7
Platelet (x 10.e3/ul)	201,22 ± 74,6
Beyaz Küre (x 10.e3/ul)	6451,22 ± 2130,9
Kreatinin (mg/dl)	8,57 ± 2,5
BUN (mg/dl)	62,40 ± 12,1
AKŞ (mg/dl)	97,15 ± 35,0
ALT (U/l)	14,64 ± 6,4
AST (U/l)	17,22 ± 8,3
Albumin (g/dl)	3,93 ± 0,4
Na (mmol/l)	136,71 ± 3,4
K (mmol/l)	4,89 ± 0,8
Ca (mg/dl)	8,92 ± 0,8
P (mg/dl)	4,97 ± 1,5
Total Kolesterol (mg/dl)	165,21 ± 41,3
HDL (mg/dl)	38,29 ± 14,3
LDL (mg/dl)	88,69 ± 31,9
Trigliserit (mg/dl)	136,71 ± 169,9

AKŞ; açlık kan şekeri, ALT; alanin aminotransferaz, AST; aspartat aminotransferaz, BUN; kan üre nitrojeni; Ca; kalsiyum, HDL; yüksek dansiteli lipoprotein, LDL; Düşük dansiteli lipoprotein, K; potasyum, Na; sodyum, P: fosfor

Tablo 5 Hemodiyaliz öncesi ve sonrası labaratuvar değerlerinin karşılaştırılması

Değişkenler	HD Öncesi	HD Sonrası	P
Kreatinin (mg/dl)	8,57 ± 2,5	2,86 ± 1,08	< 0,001
BUN (mg/dl)	62,40 ± 12,1	15,84 ± 5,29	< 0,001
K (mmol/l)	4,89 ± 0,8	3,35 ± 0,29	< 0,001

BUN; kan üre nitrojeni, K; potasyum

Hastaların HD öncesi ve sonrasındaki vital ölçümleri incelendiğinde HD öncesinde sistolik kan basıncı $119,25 \pm 11,15$ mmHg, HD sonrası sistolik kan basıncı $100,153 \pm 20,68$ mmHg olarak bulunmuştur ($p<0,001$). HD öncesinde diyastolik kan basıncı $72,65 \pm 12,56$ mmHg, HD sonrasında diastolik kan basıncı $60,22 \pm 14,22$ mmHg olarak saptanmıştır ($p<0,001$). Hastaların HD öncesinde ortalama vücut ağırlıkları $66,67 \pm 13,6$ kg, HD sonrasında $63,60 \pm 13,22$ kg olarak saptanmıştır ($p<0,001$). Kalp hızı ortalaması HD öncesinde 76 ± 25 atım/dk, HD sonrasında 83 ± 32 atım/dk olarak ölçülmüştür ($p<0,001$) ancak hastalarda HD sonrası belirgin taşikardi saptanmamıştır. HD öncesi ve sonrası vital ölçümlerinin karşılaştırması Tablo 6' da gösterilmiştir.

Tablo 6 Hastaların hemodiyaliz öncesi ve sonrasında vital ölçümleri

Değişkenler	HD Öncesi	HD Sonrası	P
Sistolik KB (mmHg)	$119,25 \pm 11,15$	$100,153 \pm 20,68$	$< 0,001$
Diyastolik KB (mmHg)	$72,65 \pm 12,56$	$60,22 \pm 14,22$	$< 0,001$
Kalp hızı (atım/dk)	76 ± 25	83 ± 32	$< 0,001$
Vücut ağırlığı (kg)	$66,67 \pm 13,6$	$63,60 \pm 13,22$	$< 0,001$

KB: kan basıncı

Hastaların yapılan ekokardiyografik incelemelerinde; SoV septum kalınlığı $1,28 \pm 0,32$ cm, arka duvar kalınlığı $1,20 \pm 0,27$ cm, aortanın; sinotübüler bileşkede çapı $3,5 \pm 0,47$ cm, çıkan aorta çapı $4,2 \pm 0,47$ cm, SaV serbest duvar kalınlığı $0,54 \pm 0,12$ cm, SoV kütle indeksi $114 \pm 39,6$ g/m² olarak saptanmıştır. Hastaların bazal ekokardiyografik ölçümleri Tablo 7' de verilmiştir.

Tablo 7 Hastaların bazal ekokardiyografik ölçümleri

Değişkenler	Ölçümler
Septum kalınlığı (cm)	$1,28 \pm 0,32$
Arka duvar kalınlığı (cm)	$1,20 \pm 0,27$
Aorta-sinotubuler bileşke (cm)	$3,5 \pm 0,47$
Çıkan aorta (cm)	$4,2 \pm 0,47$
SoV kütle indeksi (g/m^2)	$114 \pm 39,6$

SoV: sol ventrikül

Sol kalp yapılarının HD öncesi ve sonrası ekokardiyografi ile değerlendirilmesinde; HD öncesinde SoV diyastol sonu çapı $4,29 \pm 0,64$ cm, HD sonrasında $4,0 \pm 0,63$ cm ($p<0,001$); HD öncesinde SoV ejeksiyon fraksiyonu % $65,5 \pm 5,6$, HD sonrasında % $64,8 \pm 5,4$ ($p:0,407$) olarak ölçülmüştür. HD öncesi SoA çapı $4,0 \pm 0,6$ cm, SoA alanı $16,97 \pm 4,31$ cm^2 ve SoA hacim indeksi $28,87 \pm 9,63$ ml olarak ölçülmüş olup, bu değerler HD sonrasında sırasıyla, $3,2 \pm 0,58$ cm, $12,67 \pm 4,06$ cm^2 ve $19,86 \pm 10,25$ ml olarak saptanmıştır (Tüm değerler için $p<0,001$). Tablo 8’ de ekokardiyografik parametrelerin değerleri gösterilmiştir.

Tablo 8 Hemodiyaliz öncesinde ve sonrasında sol ventrikülün ve sol atriyumun
ekokardiyografik ölçümleri

Değişkenler	HD Öncesi	HD Sonrası	P
<i>Hacim ve boyut ölçümleri</i>			
SoV diyastol sonu çapı (cm)	4,29 ± 0,64	4,0 ± 0,63	< 0,001
SoV diyastol sonu hacim indeksi (ml/m ²)	49,9 ± 16,1	37,92 ± 16,0	< 0,001
SoV ejeksiyon fraksiyonu (%)	65,5 ± 5,6	64,8 ± 5,4	0,407
Sol atrium çapı (cm)	4,0 ± 0,6	3,2 ± 0,58	< 0,001
SoA alanı (cm ²)	16,97 ± 4,31	12,67 ± 4,06	< 0,001
SoA hacim indeksi (ml/m ²)	28,87 ± 9,63	19,86 ± 10,25	< 0,001

SoA; sol atriyum, SoV; sol ventrikül

Hastalarda SaV boşluk boyutlarında, SaV sistolik ve diyastolik alan ölçümlerinde HD sonrasında, HD öncesine kıyasla azalma izlenmiştir (SaV bazal çapı; 3,38 ± 0,61 cm ye kıyasla 2,67 ± 0,54 cm, p<0,001, SaV midkaviter çapı; 2,12 ± 0,48 cm ye kıyasla 1,8 ± 0,37 cm, p<0,001, SaV uzunlamasına çapı; 6,4 ± 0,75 cm ye kıyasla 5,76 ± 0,76 p<0,001, SaV diyastolik alanı; 13,7 ± 3,0 cm² ye kıyasla 10,1 ± 2,79 cm² p<0,001, SaV sistolik alanı; 7,05 ± 2,0 cm² ye kıyasla 5,9 ± 3,0 cm² p<0,001). SaA boyutları ve alan ölçümleri de HD sonrasında HD öncesine kıyasla azalma göstermektedir (SaA uzunlamasına aksı; 4,74 ± 0,62 cm ye kıyasla 4,46 ± 0,54 cm p<0,001, SaA kısa aksı; 3,5 ± 0,60 cm ye kıyasla 2,97 ± 0,54 cm p<0,001, SaA alanı; 13,8 ± 3,0 cm² ye kıyasla 10,6 ± 2,8 cm² p<0,001).

Sağ ventrikül girim yolu akımından ölçülen erken ve geç diyastolik dalga hızları (SaV E, SaV A) ve bunların birbirine oranı (SaV E/A) HD sonrasında alınan ölçümlerde, HD öncesine göre azalma göstermektedir (SaV E; $0,71 \pm 0,23$ m/s ye kıyasla $0,50 \pm 0,15$ m/s $p<0,001$, SaV A; $0,58 \pm 0,17$ m/s ye kıyasla $0,48 \pm 0,16$ m/s $p<0,001$, SaV E/A; $1,28 \pm 0,46$ ya kıyasla $1,11 \pm 0,34$ $p:0,004$). Doppler ile ölçülen deselerasyon zamanı değerlerinde HD sonrasında HD öncesine kıyasla artış izlenmiştir (deselerasyon zamanı; $219,5 \pm 77,8$ ms ye kıyasla $250 \pm 96,4$ ms $p:0,032$)

Doku Doppler inceleme ile elde edilen triküspit anulus sistolik (SaV S'), erken diyastolik (SaV E') doku hızlarında, HD sonrasında, HD öncesine göre düşüş izlenmiştir (SaV S'; $0,15 \pm 0,03$ m/s ye kıyasla $0,12 \pm 0,3$ m/s $p<0,001$, SaV E'; $0,14 \pm 0,03$ m/s ye kıyasla $0,10 \pm 0,03$ $p<0,001$). Geç diyastolik doku hızında ise herhangi bir değişim saptanmamıştır (SaV A'; $0,16 \pm 0,04$ m/s ye kıyasla $0,15 \pm 0,04$ $p<0,001$). E'/A' oranı ise; HD sonrasında azalma göstermektedir (SaV E'/A'; $0,9 \pm 0,36$ ya kıyasla $0,69 \pm 0,33$ $p<0,001$). SaV E/E' oranı değerlendirildiğinde; HD sonrasında, HD öncesine kıyasla farklılık göstermemiştir. (Sav E/E'; $5,43 \pm 2,34$ e kıyasla $5,50 \pm 2,14$ $p:0,648$). SaV S' hızı SaV sistolik fonksiyonunu değerlendirmek için kullanılan yöntemlerden biridir ve HD sonrasında, HD öncesi ölçüm değerlerine kıyasla, düşüş göstermektedir.

Sağ ventrikül sistolik fonksiyonlarını değerlendirmek için tanımlanan diğer parametrelerin HD öncesi ve sonrası değişimi değerlendirildiğinde, TAPSY; HD sonrasında belirgin düşüş göstermektedir ($2,12 \pm 0,4$ cm ye kıyasla $1,71 \pm 0,3$ cm $p<0,001$), SaV diyastol sonu ve sistol sonu alanlarının ölçümlerinin HD sonrasında azalmasına rağmen SaVFAD, oransal olarak korunmuş gözükmektedir, HD sonrası HD öncesine göre ortaya çıkan azalma, istatistiksel anlamlılığa erişmemiştir (% 48,3 $\pm 0,9,76$ ya kıyasla % 46,9 $\pm 9,17$ $p:0,389$)

Doppler ve doku Doppler yöntemleri ile yapılan SaV MPI incelemesinin sayısal değerinin; her iki yöntem ile, HD sonrasında, HD öncesine göre arttığı görülmüştür ki bu değişim de SaV sistolik performansında azalma lehine yorumlanmalıdır ($MPI_{Doppler} 0,33 \pm 0,17$ ye kıyasla $0,47 \pm 0,17$ $p<0,001$, $MPI_{doku} 0,47 \pm 0,11$ e kıyasla $0,56 \pm 0,2$ $p:0,002$). Doku Doppler inceleme ile saptanan ve sistolik fonksiyonların değerlendirilmesinde kullanılan İKA; HD öncesinde $3,54 \pm 1,17$ m/s² , HD sonrasında $3,79 \pm 1,41$ m/s² saptanmış olup istatistiksel olarak anlamlı değişim göstermemiştir ($p:0,066$). Sağ ventrikül ve SaA ekokardiyografik ölçümleri Tablo-9' da verilmiştir.

Tablo 9 Hemodiyaliz öncesi ve sonrasında sağ ventrikülün ve sağ atriyumun
ekokardiyografik ölçümleri

Değişkenler	HD öncesi	HD sonrası	P
<i>Hacim ve boyut ölçümleri</i>			
SaV bazal çapı (cm)	3,38 ± 0,61	2,67 ± 0,54	<0,001
SaV midkaviter çapı (cm)	2,12 ± 0,48	1,8 ± 0,37	<0,001
SaV uzunlamasına çapı (cm)	6,4 ± 0,75	5,76 ± 0,76	<0,001
SaA uzunlamasına aksı (cm)	4,74 ± 0,62	4,46 ± 0,54	<0,001
SaA kısa aksı (cm)	3,5 ± 0,60	2,97 ± 0,54	<0,001
SaA sistol sonu alanı (cm ²)	13,8 ± 3,0	10,6 ± 2,8	<0,001
SaV diyastolik alanı (cm ²)	13,7 ± 3,0	10,1 ± 2,79	<0,001
SaV sistolik alanı (cm ²)	7,05 ± 2,0	5,9 ± 3,0	<0,001
SaV FAD (%)	48,3 ± 9,76	46,9 ± 9,17	0,389
TAPSY (cm)	2,12 ± 0,4	1,71 ± 0,3	<0,001
<i>Doppler ölçümleri</i>			
E (m/s)	0,71 ± 0,23	0,50 ± 0,15	<0,001
A (m/s)	0,58 ± 0,17	0,48 ± 0,16	<0,001
E/A oranı	1,28 ± 0,46	1,11 ± 0,34	0,004
MPİ	0,33 ± 0,17	0,47 ± 0,17	<0,001
Deselerasyon zamanı (ms)	219,5 ± 77,8	250 ± 96,4	0,032
<i>Doku Doppler Ölçümleri</i>			
E' (m/s)	0,14 ± 0,03	0,10 ± 0,03	<0,001
A' (m/s)	0,16 ± 0,04	0,15 ± 0,04	0,147
E'/A'	0,9 ± 0,36	0,69 ± 0,33	<0,001
S'(m/s)	0,15 ± 0,03	0,12 ± 0,3	<0,001
E/E'	5,43 ± 2,34	5,50 ± 2,14	0,648
MPİ	0,47 ± 0,11	0,56 ± 0,2	0,002
İKA (m/s ²)	3,54 ± 1,17	3,79 ± 1,41	0,066

İKA; izovolumetrik kasılma akselerasyonu, MPİ; miyokardiyal performans indeksi SaA; sağ atriyum, SaV; sağ ventrikül, SaVFAD; sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi, TAPSY; triküs pit anüler planda sistolik yer değiştirme

İki boyutlu benek takibi yöntemi ile SaV fonksiyonlarının değerlendirmesinde HD sonrasında SaV epikardiyal, endokardiyal, ve mid duvar GUS değerlerinde sayısal olarak artma (kasılma derecesinde azalma) izlenmiştir (SaV $GUS_{endokardiyal}$ % $-27,27 \pm 3,88$ e kıyasla % $-22,70 \pm 4,45$ $p<0,001$, SaV $GUS_{midduvar}$; % $-24,12 \pm 3,71$ e kıyasla % $-19,89 \pm 4,18$ $p<0,001$, SaV $GUS_{epikardiyal}$; % $-21,46 \pm 3,66$ ya kıyasla % $-17,45 \pm 4,66$ $p<0,001$). SaVSD epikardiyal, endokardiyal, ve midduvar US değerlerinde de SaV gibi, HD sonrasında, HD öncesindeki değerlere kıyasla artış (kısalmada azalma) izlenmiştir (SaVSD midduvar US; % $-28,84 \pm 4,67$ ye kıyasla % $-23,70 \pm 5,48$ $p<0,001$, SaVSD epikardiyal US; % $-26,01 \pm 4,56$ ya kıyasla % $-21,27 \pm 5,36$ $p<0,001$, SaVSD endokardiyal US; % $-32,37 \pm 4,97$ ye kıyasla % $-26,71 \pm 5,97$ $p<0,001$). SaV ve SaVSD sistolik SH' de ise HD öncesi ve sonrası yapılan ölçümlerde farklılık saptanmamıştır (SaV SH; $-1,28 \pm 0,31 \text{ s}^{-1}$ e kıyasla $-1,20 \pm 0,30 \text{ s}^{-1}$ $p:0,084$, SaVSD SH; $-1,82 \pm 0,39 \text{ s}^{-1}$ a kıyasla $-1,73 \pm 0,36 \text{ s}^{-1}$ $p:0,089$). Sağ ventrikül ve SaVSD erken diyastolik SH' leri; HD sonrasında, HD öncesi değerlerine göre azalma göstermektedir ancak aynı değişim, geç diyastolik SH' leri için geçerli değildir (SaV erken diyastolik SH; $1,29 \pm 0,40 \text{ s}^{-1}$ a kıyasla $1,05 \pm 0,42 \text{ s}^{-1}$ $p<0,001$, SaVSD erken diyastolik SH; $1,76 \pm 0,52 \text{ s}^{-1}$ ye kıyasla $1,38 \pm 0,60 \text{ s}^{-1}$ $p<0,001$, SaV geç diyastolik SH; $1,1 \pm 0,45 \text{ s}^{-1}$ e kıyasla $1,1 \pm 0,35 \text{ s}^{-1}$ $p:0,941$, SaVSD geç diyastolik SH $1,50 \pm 0,60 \text{ s}^{-1}$ a kıyasla $1,49 \pm 0,56 \text{ s}^{-1}$ $p:0,928$). Hastaların HD öncesi ve sonrasında SaV ve SaVSD'nın benek takibi ile US ve SH ölçümleri Tablo-10'da verilmiştir.

Tablo 10 Hemodiyaliz öncesi ve sonrasında benek takibi ile sağ ventrikül ve sağ ventrikül serbest duvarı uzunlamasına strain ve strain hızı ölçümleri

Değişkenler	HD öncesi	HD sonrası	P
SaV GUS _{endokardiyal} (%)	-27,27 ± 3,88	-22,70 ± 4,45	<0,001
SaV GUS _{midduvar} (%)	-24,12 ± 3,71	-19,89 ± 4,18	<0,001
SaV GUS _{epikardiyal} (%)	-21,46 ± 3,66	-17,45 ± 4,66	<0,001
SaV SH (s-1)	-1,28 ± 0,31	-1,20 ± 0,30	0,084
SaV erken diyastolik SH (s-1)	1,29 ± 0,40	1,05 ± 0,42	<0,001
SaV geç diyastolik SH (s-1)	1,1 ± 0,45	1,1 ± 0,35	0,941
SaVSD mid strain (%)	-28,84 ± 4,67	-23,70 ± 5,48	<0,001
SaVSD epikardiyal strain (%)	-26,01 ± 4,56	-21,27 ± 5,36	<0,001
SaVSD endokardiyal strain (%)	-32,37 ± 4,97	-26,71 ± 5,97	<0,001
SaVSD SH (s-1)	-1,82 ± 0,39	-1,73 ± 0,36	0,089
SaVSD erken diyastolik SH (s-1)	1,76 ± 0,52	1,38 ± 0,60	<0,001
SaVSD geç diyastolik SH (s-1)	1,50 ± 0,60	1,49 ± 0,56	0,928

GUS; sağ ventrikül global uzunlamasına strain, SaV; sağ ventrikül, SH; strain hızı, SaVSD: sağ ventrikül serbest duvarı

Sağ atriyumun iki boyutlu strain analizi yani benek takibi yöntemi ile değerlendirmesi ile bulunan parametrelerden depo fazı straini, HD sonrasında, HD ölçümlerine göre azalma göstermektedir (depo fazı straini; % 45,60 ± 10,8' e kıyasla % 38,15 ± 8,11 p<0,001). Atriyal kasılma sırasında ölçülen, SaA kasılma straini ve SH ile SaA depo fazı SH değerlerinde ise HD öncesi ve sonrasında farklılık saptanmamıştır (sağ atriyal kasılma straini; % -16,73 ± 6,8 ya kıyasla % -

16,35 $\pm$ 7,1 p:0,835, depo fazı SH; 2,25 $\pm$ 0,65 s⁻¹ e kıyasla 2,5 $\pm$ 0,54 s⁻¹ p:0,091, atriyal kasılma SH -2,15 $\pm$ 0,95 s⁻¹ e kıyasla -2,21 $\pm$ 0,72 s⁻¹ p:0,596), ancak ventriküler erken diyastol anına denk gelen iletim fazı SH' de ise HD sonrasında, HD öncesi ölçümlerine kıyasla artış (kısılma hızında azalma) izlenmektedir (iletim fazı SH; -1,46 $\pm$ 0,82 s⁻¹ a kıyasla -1,2 $\pm$ 0,56 s⁻¹ p<0,001).

Tablo 11 Hemodiyaliz öncesi ve sonrasında benek takibi ile sağ atriyum strain ve strain hızı ölçümleri

Değişkenler	HD öncesi	HD sonrası	P
SaA depo fazı straini (%)	45,60 $\pm$ 10,8	38,15 $\pm$ 8,11	<0,001
SaA kasılma straini (%)	-16,73 $\pm$ 6,8	-16,35 $\pm$ 7,1	0,835
SaA depo fazı SH (s ⁻¹)	2,25 $\pm$ 0,65	2,5 $\pm$ 0,54	0,090
SaA iletim fazı SH (s ⁻¹)	-1,46 $\pm$ 0,82	-1,2 $\pm$ 0,56	<0,001
SaA kasılma SH (s ⁻¹)	-2,15 $\pm$ 0,95	-2,21 $\pm$ 0,72	0,596

SaA; sağ atriyum

Konvansiyonel parametreler ile iki boyutlu benek takibi yöntemi ile elde edilen SaV GUS ve SaVSD US ilişkisi değerlendirildiğinde, TAPSY ve S' hızı ile korelasyon gösterdikleri saptanmıştır (SaV GUS ve TAPSY; r=0,310 p:0,010, SaV GUS ve S'; r=0,371, p:0,002, SaVSD US veTAPSY; r=0,340 p:0,005, SaVSD US ve S'; r= 0,334, p:0,006). Sağ kalp değerlendirme parametrelerinden, TAPSY, SaV S' hızı, SaV MPI_{doku} Doppler, SaV GUS, SaV SD US, SaA depo fazı straininin yüzdesel değişim oranlarının, çekilen sıvı hacmi ile ilişkisine bakıldığında; TAPSY (r=0,412, p:0,001), SaV GUS (r =0,412, p:0,027), SaVSD US (r=0,414, p<0,001), SaA depo fazı straini (r= 0,332, p:0,008) çekilen sıvı miktarı ile korelasyon

göstermektedir, SaV S' hızı ($r = 0,144$, $p: 0,246$), SaV MPI_{doku} Doppler ($r = 0,093$, $p: 0,456$) değişim oranlarının çekilen sıvı miktarı ile korelasyon göstermemektedir.

5.TARTIŞMA

Araştırmamızda 6 aydan uzun süredir HD' ye girmekte olan kronik böbrek yetmezliği tanısı ile takipli hastalara; HD öncesinde ve sonrasında transtorasik ekokardiyografi yapılarak, sağ kalp sistolik ve diyastolik fonksiyonlarını değerlendirmek için kullanılan ekokardiyografik parametrelerin hacim azalması durumunda nasıl ve ne kadar değiştikleri değerlendirilmiştir. Kılavuzlarca önerilen, günümüzde kullanımı üzerinde halen fikir birliğine varılamamış ve deneysel sayılabilecek yeni ekokardiyografik inceleme yöntemleri uygulanmıştır. Çalışmamızda; sağ kalp boyut ölçümleri, alan ölçümleri, TAPSY Doppler yöntemi ile ölçülen E, A dalga hızları, bu hızların birbirine oranı E/A, doku Doppler yöntemi ile saptanan E', A', S' anulus hızları, E'/A' oranı, hem Doppler hem de doku Doppler yöntemleri ile hesaplanan MPI, HD öncesi ve sonrası ölçümlerinde anlamlı değişiklik göstermişlerdir. İKA, SaVFAD ise HD öncesi ve sonrasında değişim göstermemişlerdir. Benek takibi ile değerlendirilen parametrelerden, SaV ve SaVSD katmanlarına ait tüm US parametreleri, SaV ve SaVSD 'nin erken diyastolik SH, SaA depo ve iletim fazı straini, ve SaA iletim fazı SH HD öncesi ve sonrasında anlamlı değişim göstermişlerdir. Sağ ventrikül ve SaVSD sistolik SH, SaV ve SaVSD geç diyastolik SH, SaA kasılma straini ve SH, SaA depo fazı SH, HD öncesi ve sonrasında anlamlı değişim göstermemişlerdir. Sağ kalbin ekokardiyografik değerlendirmesinde kullanılabilecek yöntemlerden, İKA, SaVFAD, SaV ve SaVSD sistolik SH, SaV ve SaVSD geç diyastolik SH, SaA depo

fazı SH, sağ atriyal kasılma straini ve SH yükten bağımsız parametreler olarak saptanmıştır.

Kronik böbrek yetmezliğinin, sıklığı günümüzde gittikçe artmaktadır. Morbiditesi ve mortalitesi ile ciddi bir halk sağlığı haline gelmiştir. Çalışmamıza HD programında olan kronik böbrek yetmezliği hastalarının seçilme nedeni; HD öncesi ve sonrasında, sıvı hacmi değişimlerinin yüksek değerlerde olmasıdır.

Sağ kalp incelemeleri, uzun süre SoV değerlendirmesine verilen önemin gölgesinde kalmıştır, ancak pulmoner hipertansiyon, doğumsal kalp hastalıkları, kalp yetmezliği, kardiyomiyopatiler gibi hastalıklardaki prognostik önemi ve SaV fonksiyon bozukluklarının, semptom şiddeti ile ilişkisi gösterilmesi sonrasında, bu alana olan ilgi artmıştır. Çalışmalar öncelikle SaV sistolik fonksiyonlarına değerlendirme üzerine yoğunlaşmış sonrasında, diyastolik fonksiyonlar ile ilgili çalışmalar ortaya konulmuştur. Sağ ventrikül değerlendirmesinde, SoV için geliştirilmiş yöntemlerin kullanılması denense de, farklı anatomisi, kasılma ve gevşeme fizyolojisi, farklı basınçlara karşı çalışması nedeniyle, SaV e özgü değerlendirme yöntemleri gerekli olmuştur. (11, 14, 18, 19, 21, 22, 28, 50, 57, 60, 77, 93, 99, 105, 118, 124, 125) Sağ atriyum ise, günümüzde halen; diğer kardiyak odacıklara oranla üzerinde daha az çalışma yapılan, pasif bir boşluk olarak değerlendirilmektedir. (36)

Sağ kalbin günlük pratikte değerlendirmesinde, hızlı olması, girişimsel olmaması, kolay ve tekrarlanabilir olması sebebi ile transtorasik ekokardiyografi ilk tercih olarak kullanılmaktadır. (18, 27, 28, 60) Sağ kalbin üç boyutlu karmaşık geometrisi, hilal şeklinde yapısı, sternum arkasında yer alması, değişik fizyolojik özellikler gösteren üç farklı anatomik bölgesi olması, transtorasik ekokardiyografi ile değerlendirmeyi güçleştirmektedir. Standart ekokardiyografik pencereler dışında; SaV ekokardiyografik görselliğini artıracak modifiye edilmiş pencereler kullanıldığında ise; SaV, hastaların çoğunda ekokardiyografi ile sağlıklı değerlendirilebilmektedir. Sağ kalp değerlendirmesi için geliştirilmiş TAPSY, MPI, alan hacim ölçümleri, Doppler ve doku Doppler hızları gibi bir çok parametrenin ise hastaların ön yük ve ard yük koşullarından etkilendiğini belirten çok sayıda çalışma vardır. (8, 44, 52, 65, 72, 75, 83, 87, 94, 97, 101) Sağ ventrikülün ekokardiyografik değerlendirmesi için yayınlanan kılavuzlarda bu durum özellikle vurgulanmakta ve ölçüm değerlerine dikkat edilmesi önerilmektedir. (18) Sağ kalp fonksiyonlarının, pulmoner hipertansiyon, konjenital kalp hastalıkları, pulmoner emboli, aritmik kardiyomiopatiler gibi hastalıklarda, hastalığın klinik bulgularıyla ve prognozu ile ilişkisi gösterilmiştir; bu nedenle hastaların ekokardiyografik takibinde kullanılabilecek, sağlıklı inceleme yapabilmeye imkan tanıyacak, tekrarlanabilir, kalp hızı ve hacim yükünden bağımsız bir parametrenin tanımlanması günümüzde büyük gereklilik göstermektedir.

Benek takibi SoV için geliştirilmiş bir yöntem olup, SaV için de son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır, ancak bu yöntemle sağ kalp için elde edilen parametrelerin yük durumu ile nasıl değiştiğini gösteren çalışma sayısı az ve bilgi düzeyi sınırlıdır. (20, 28, 60, 108-111, 113, 126) Çalışmamız; sağ kalp değerlendirmesinde geleneksel yöntemler ile birlikte, benek takibi ile elde edilen ölçümlerin yük durumu ile ilişkisini değerlendirmek ve sağ kalp için hacim yükünden bağımsız, olası bir parametre tanımlamak amacıyla tasarlanmıştır.

Sağ kalbin ekokardiyografik değerlendirmesinde kullanılabilecek yükten bağımsız bir parametrenin ortaya konulabilmesi için sıvı yükü olan ve bu sıvı yükü ortadan kalkan kişiler üzerinde çalışma yapma gerekliliği vardır. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda, araştırmalara alınan hastalara, iv infüzyon ile sıvı verilmesi (101, 127), kan bağışısı yapan kişilerin kan bağışısı öncesinde ve sonrasında değerlendirilmesi (5, 128), alt vücut negatif basıncını azaltan cihazlar kullanılması (129) ve kronik böbrek yetmezliği olan hastaların HD öncesi ve sonrasında değerlendirilmesi (76, 123, 130-133) yöntemleri uygulanmıştır. Araştırma popülasyonuna belirli hızda belirli miktar sıvı yüklemek, girişimsel bir yöntemdir. Kan bağışısı yapan hastalarda ise hacim değişimi 450 ml olduğundan, bu sıvı hacmi değişimi oldukça düşüktür. Kronik böbrek yetmezliği nedeniyle HD' ye giren hastalarda; daha yüksek sıvı değişimi değerlendirilebilmektedir. Bahsedilen çalışma yöntemlerinin birbirleri arasındaki başka bir fark ise, iv infüzyon verilen kişilerin normovolemik iken hipervolemik duruma, kan bağışısı sırasında yapılan

araştırmalarda, çalışmaya katılan kişilerin normovolemik iken hipovolemik duruma, HD hastaları üzerinde yapılan araştırmalarda, hastaların hipervolemik iken normovolemik duruma geemeleridir.

Çalışmamızda; girişimsel olmayan bir yöntem seçme gayesi ve yüksek sıvı hacmi değişimlerinde sağ kalp fonksiyonlarının nasıl etkilendiğini belirlemek için HD hastaları üzerinde araştırma yapılmasına karar verilmiştir. Pela ve ark. (129), Küçükdurmaz ve ark. (5), ve Açar ve ark. (128) yaptıkları çalışmalara sağlıklı gönüllüleri almışlardır. Drighil ve ark. (131), Akkaya ve ark. (130), Akyüz ve ark. (76), zdemir ve ark. (132) yaptıkları çalışmalarda HD hastalarını incelemişlerdir. Literatürdeki benzer yayınların dahil ettiği kişi sayıları 9 ile 71 arasında değiştiğinden, çalışmaya kronik böbrek yetmezliği olan, en az 70 hastanın alınması planlanmıştır. Çalışma için olabildiğince fazla hasta alınmasına balanmış, toplamda 95 hastaya ekokardiyografi yapılmıştır, bu hastaların 7 sinde SoV sistolik fonksiyon bozukluğu saptandığından çalışmadan dışlanmıştır. Yeni tanı konulan bu hastaların ileri klinik değerlendirmeleri yapılması amacıyla, hastalar uygun şekilde yönlendirilmiştir. Çalışma analizinde geri kalan 88 hastanın 21 inde görüntü kalitesinin SaV benek takibi analizine imkan vermemesi nedeniyle çalışmaya 67 hasta dahil edilmiştir. Literatürdeki benzer yayınlardan sadece Küçükdurmaz ve ark. (5) tarafından 71 kişi üzerinde yapılan çalışmanın popülasyonu, bizim popülasyonumuzdan büyüktür.

Kalp yetmezliği, ileri derecede kalp kapak patolojisi, perikardiyal hastalığı, akut miyokard iskemisi, aktif enfeksiyonu, atriyal fibrilasyonu, pulmoner emboli, gebelik durumu olan hastalar, literatürle uyumlu olarak çalışmamıza alınmamıştır. Çalışma popülasyonumuzun ortalama yaşı $49,2 \pm 17,3$ yıl olup, Drighil ve ark. (131), Pela ve ark. (129), Açar ve ark. (128), Küçükdurmaz ve ark. (5) ve Ulucam ve ark.'nın (133) yaptığı çalışmalarda hasta yaş ortalamaları veya ortancaları 40 ın altında, Akkaya ve ark. (130), Akyüz ve ark. (76), Özdemir ve ark.'nın (132) yaptıkları çalışmalarda hasta yaş ortalamaları 40 ın üstündedir.

Çalışmamızda hastalardan hemodiyaliz sırasında ortalama $3088,12 \pm 1103,7$ ml sıvı çekilmiştir. Literatürdeki benzer çalışmalara bakıldığında Drighil ve ark. 2706 ± 1047 ml (131), Akyüz ve ark. 2356 ± 1103 ml (76), Özdemir ve ark. 2200 ± 1100 ml (132), Açar ve ark. (128) ile Küçükdurmaz ve ark. (5) 450 ml sıvı hacmi azalmasını değerlendirmişlerdir. Çalışmamızda ultrafiltrasyon ile çekilen sıvı miktarı; literatürde değerlendirilen, en yüksek hacim değişimini oluşturmaktadır.

Çalışmamızda HD sonrası hem sistolik hem diyastolik kan basıncı HD öncesine oranla düşmüştür. Akkaya ve ark. (130), Akyüz ve ark. (76) ve Özdemir ve ark.'nın (132) yaptıkları çalışmalarda, aynı sonuçlar elde edilmiştir; ancak Açar ve ark. (128) ile Küçükdurmaz ve ark.'nın (5) yaptıkları çalışmalarda, sistolik kan basıncında azalma izlenirken, diyastolik kan basıncında azalma izlenmemiştir.

Drighil ve ark.'nın (131) yaptığı çalışmada, literatürdeki en yüksek ikinci hacim değişimi gerçekleşmiş olmasına rağmen, sistolik ve diyastolik kan basınçlarında HD sonrasında, HD öncesine göre farklılık saptanmamıştır. Drighil ve ark.'nın (131) yaptığı çalışma populasyonunun ortalama yaşı 31 ± 10 olduğundan, hacim kaybına genç erişkinlerin daha dirençli yanıt verdiği düşünülebilir.

Bizim çalışmamızda da; kalp hızının HD sonrasında, HD öncesine kıyasla artmış olduğu, literatüre uyumlu olarak saptanmıştır. (130-132) Akyüz ve ark.'nın (76) yaptığı çalışmada kalp hızında artış meydana gelse de bu artış istatistiksel anlamlılık kazanmamıştır. Çalışmamızda kalp hızı ortalaması; HD öncesinde 76 ± 25 atım/dk, HD sonrasında 83 ± 32 atım/dk olarak ölçülmüştür ancak hastalarda belirgin taşikardi saptanmamıştır.

Çalışmamıza SoV sistolik fonksiyonları korunmuş hastalar alınmıştır. HD in SoV üzerine etkisine bakıldığında; HD sonrasında, HD öncesine göre literatüre uyumlu olarak SoV diyastol sonu çapının, SoA çapının, alanın ve hacminin küçüldüğü görülmüştür. Çalışmamızda; SoV ejeksiyon fraksiyonunda anlamlı değişim izlenmemiştir. Ejeksiyon fraksiyonu, oransal bir ölçüm olduğu için, normal sistolik fonksiyona sahip bireylerde, hacim değişiminden etkilenmemesi beklenen bir bulgudur. Akyüz ve ark. (76) ile Özdemir ve ark.'nın (132) yaptığı çalışmada SoV ejeksiyon fraksiyonunun, HD sonrasında yükseldiğini bulmuşlardır. Drighil ve ark. (131), Akkaya ve ark. (130) ise yaptıkları çalışmalarda ejeksiyon

fraksiyonunda anlamlı değişim saptamamışlardır. Akyüz ve ark. (76) ile Özdemir ve ark.'nın (132) yaptıkları çalışmaların populasyonları sırasıyla 30 ve 32 kişiden oluşmaktadır. Çalışmalardaki kişi sayısının az olması nedeniyle istatistiksel anlamlılığın değişebileceği düşünölmüştür.

Sağ kalp yapılarının HD öncesi ve sonrası değerlendirilmesine bakıldığında; ilk olarak, SaV boyutlarının, diyastolik ve sistolik alanlarının, SaA boyutlarının ve alanının HD sonrasında HD öncesine göre azaldığı, literatürle uyumlu olarak bizim çalışmamızda da saptanmıştır. (5, 76, 130, 132)

Çalışmamızda; SaV sistolik fonksiyonlarını gösteren parametrelerden olan TAPSY ölçümünün, HD sonrasında HD öncesine göre azaldığı bulunmuştur. Akyüz ve ark. (76) ile Akkaya ve ark. (130) yaptıkları çalışmalarda HD etkisiyle TAPSY değerlerinde yükselme olduğunu bildirmişlerdir. Aksine Drighil ve ark. (131) ile Küçükdurmaz ve ark. (5), yaptıkları çalışmada sıvı hacmi kaybıyla, TAPSY değerlerinde azalma olduğunu saptamışlardır. Kjaergaard ve ark. yaptığı çalışmada TAPSY değerlerinin ön yükten ve ard yükten bağımsız olduğunu bildirmiştir. (101) Çalışmamızda, sıvı çekilmesi ile TAPSY değerlerinde oluşan değişimler, çekilen sıvı hacmiyle korelasyon göstermiştir. Literatürde çekilen sıvı hacmi ile, ekokardiyografik değişimlerin ilişkisinin incelemesi hakkında çok az veri vardır. Akyüz ve ark. (76), çalışmalarında HD sonrası, TAPSY değerlerinde artış saptamış ve bu artışın çekilen sıvı miktarı ile pozitif korelasyon gösterdiğini bulmuşlardır.

TAPSY değerleri lateral triküspit anulusun uzunlamasına yerdeğişimi gösterdiğinden bu alandan ölçülen S' hızı ile tutarlı olması gerektiği düşünölmektedir.

Çalışmamızda SaV fonksiyonları değerlendirmek için iki boyutlu ekokardiyografi ile ölçölen SaVFAD ın, sıvı hacmi azalmasından etkilenmediği bulunmuştur. Açar ve ark. (128) çalışmamızla aynı bulguları kendi çalışmalarında göstermişlerdir. Sıvı hacmi azalması ile birlikte SaV diyastolik ve sistolik alanlarında azalma izlenmesine rağmen, her iki değerde de azalma meydana geldiğinden; oransal bir ölçüm olan SaVFAD' de değişim olmaması beklenen bir bulgudur. Akyüz ve ark. (76) ise SaVFAD değerlerinde HD sonrasında yükselme izlediklerini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda Doppler inceleme ile saptanan SaV E, SaV A ve SaV E/A değerlerinin HD sonrasında alınan ölçömlerde HD öncesine göre azalma gösterdiğ i bulunmuştur. Akkaya ve ark. (130) yaptıkları çalışmada SaV E ve SaV E/A değerlerinde, çalışmamızın verileriyle uyumlu olarak, HD sonrasında azalma saptamışlardır ancak SaV A dalgasında değişim izlememişlerdir. Sağ ventriköl A dalgası için, Pela ve ark. benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Sağ ventriköl A dalgasındaki iki çalışma arasındaki bu çelişkinin, çekilen sıvı hacimleri arasında farklılık olması nedeniyle gerçekleşmiş olabileceği düşünölmüştür. Çalışmamızda 3000 ml üzerinde sıvı hacmi azalması gerçekleştiğinden; SaV A dalgası hızları

düşük bulunmuş olabilir. Çalışmamızda SaV E dalga deselerasyon zamanının HD sonrasında uzadığı saptanmıştır. Akkaya ve ark. (130) yaptığı çalışmada benzer sonuçlar bulmuştur.

Çalışmamızda doku Doppler inceleme ile edilen SaV E' hızında ve SaV E'/A' değerlerinde HD etkisiyle birlikte azalma meydana gelirken, SaV A' hızının HD sonrasında öncesine göre anlamlı değişiklik göstermediği saptanmıştır. SaV E/E' oranında ise sıvı hacmi kaybıyla değişim izlenmemiştir. Akkaya ve ark. (130) çalışmamıza benzer sonuçlar bulmuşlarken, Duan ve ark. (127) ise yük azalması durumunda tüm hızların azaldığını bildirmişlerdir.

Doku Doppler inceleme ile değerlendirilen SaV S' hızı, HD sonrasında HD öncesine kıyasla azalmıştır. SaV S' üzerinde araştırmacılar farklı sonuçlar elde etmişlerdir, Akyüz ve ark. (76) ile Akkaya ve ark. (130) yaptıkları çalışmalarda SaV S' hızının HD sonrasında değişmediğini ve yükten bağımsız olduğunu vurgulamışlardır ancak Drighil ve ark. (131), Pela ve ark. (129) ve Vogel ve ark. (134) yaptıkları araştırmalarda SaV S' hızının yük bağımlı olduğu belirtmiş ve ön yük azalması durumunda SaV S' hızının düştüğünü bildirmişlerdir.

Doku Doppler ve Doppler yöntemleri ile değerlendirilebilen SaV MPI, her iki yöntemle de HD sonrasında, HD öncesine kıyasla artmış olarak bulunmuştur.

Akyüz ve ark. (76) ile Özdemir ve ark. (132) doku Doppler tekniği ile yaptıkları SaV MPI ölçümlerinde çalışmamızla benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Ancak Akkaya ve ark. (130) ile Ulucam ve ark. (133) yaptıkları ve geleneksel Doppler yöntemi ile SaV MPI ölçtükleri çalışmalarında HD sonrasında herhangi bir değişim saptamamışlardır. Kjaergaard J ve ark. (101) SaV MPI' nin ön yükten bağımsız fakat ard yük bağımlı olduğunu belirtmiştir. SaV MPI değerinin SaA basıncı yüksek olduğunda yanlış değerlendirilebileceği kılavuzlar tarafından belirtilmektedir. (18)

Çalışmamızda SaV sistolik fonksiyonlarını değerlendirmek için kullanılan bir başka parametre olan İKA; HD sonrasında, HD öncesine göre anlamlı değişim göstermemiştir. Duan ve ark. (127), Vogel ve ark. (127) ve Kjaergaard J ve ark. (101) yaptıkları çalışmalarda benzer olarak İKA' nın ön yükten bağımsız olduğunu bulmuşlardır. Akyüz ve ark. (76) ise İAK değerlerinin HD etkisiyle arttığını bulmuşlardır. Kılavuzlarda da İKA' nın ön yükten bağımsız olduğu belirtilmiştir. (18)

Çalışmamızda iki boyutlu benek takibi ile SaV GUS ve SaVSD US değerlerinde sıvı hacmi azalması ile artış olduğu, yani sistolik kısalmanın azaldığı izlenmiştir. Ancak sistolik SaV SH, SaVSD SH nın, hacim değişiminden etkilenmediği gösterilmiştir. Çalışmamız HD hastalarında ön yük azalması ile birlikte SaV GUS ve SaVSD US değişimini değerlendiren ilk çalışmadır. Açar ve ark. (128) sağlıklı gönüllülerde kan bağıışı öncesi ve sonrasında yaptıkları iki

boyutlu benek takibi analizde SaVSD orta ve apikal segmentlerinin strain değerlerinde kan bağısı sonrası azalma saptamışlardır, SH' de ise değişim izlememişlerdir. SaV üzerinde hacim etkisini değerlendirmek için literatürde genellikle atriyal septal defekti (ASD) olan hastaların, ASD kapatılmasından önce ve sonra benek takibi yöntemi ile değerlendirildiği görülmektedir. Doku Doppler yöntemi ile yaptıkları çalışmalarında Eyskens ve ark. (135) SaVSD ortasının ve septum ortasının US değerlerinin, ASD kapatılması sonrası değişmediğini belirtmiştir, sadece tek bölgenin değerlendirilmesi ve ekokardiyografinin ASD kapatılmasından 1 gün sonra yapılması sonuçları etkilemiş olabilir. Jategaonkar ve ark. (126) 33 hastada ASD kapatılması sonrası SaV GUS' de kötüleşme saptamışlardır, ancak SH' de değişim izlememişlerdir. Bussadori ve ark. (136) 21 hastada ASD kapatılmasından sonra benzer şekilde SaV GUS değerinde ve SaV SH' de kötüleşme izlemişlerdir ancak SH' nin, GUS' ye göre yüklenme koşullarına daha az bağımlı olduğunu belirtmişlerdir. Schlangen ve ark.'nın (111) hipoplastik SoV' si olan 52 hastada yaptığı çalışmada, SaV GUS ön yüke bağımlı bulunurken, SH ön yükten bağımsız bulunmuştur. Günümüze kadar yapılan çalışmalar SaV GUS' nin ön yüke bağımlı olduğunu, ancak SaV SH' nin ön yükten bağımsız olduğunu göstermektedir. Çalışmamız; akut hacim azalmasının, SaV GUS ve SH' ye olan etkisini ilk kez HD hastalarını değerlendirerek, ortaya çıkartmakta ve literatürde mevcut olan verileri kanıtlamaktadır. Çalışmamız ilk kez HD hastalarında ön yük azalması ile SaV GUS ve SH değişiminin ortaya konması sebebiyle özgünlük taşımaktadır, ek olarak çalışmamızda yer alan hastaların SoV hipertrofisi dışında yapısal kalp hastalığı bulunmamaktadır ve hacim - ön yük

değişimi mevcut çalışmalardan çok daha belirgindir. Çalışmamız, hacim azalmasını erken dönemde değerlendiren bir başka benek takibi incelemesi olan Açar ve ark. (128) yaptığı çalışmadan farklı olarak genel populasyonu daha iyi yansıtmakta hem de çekilen sıvı hacminin yaklaşık 6 kat fazla olması sebebiyle olumlu yönde farklılık göstermektedir. Çalışmamızda; SaV GUS ve SaVSD US değerlerindeki yüzdesel değişim ile, çekilen sıvı hacmi arasında korelasyon bulunmuştur. Uzunlamasına kısılmanın, hacim azalması ile korelasyon göstermesi beklenen bir bulgudur.

Çalışmamızda SaV erken diyastolik SH, HD öncesinde ve sonrasında farklılık göstermiş olup, ön yük azalması ile birlikte değerlerinde azalma (diyastol sırasında ventrikül miyokardında uzama olduğundan, diyastolik SH değerleri pozitifdir) izlenmiştir ancak SaV geç diyastolik SH' nin ön yükten etkilenmediği gösterilmiştir. Literatürde SaV diyastolik SH ön yük ile ilişkisini değerlendiren çalışmalar mevcut değildir, bu nedenle çalışmamız bunu ortaya koyan ilk araştırmadır. SaV diyastolik SH' lerinin, SaA fazları ile ilişkisini, interventriküler septumu intakt olan ve opera edilmiş pulmoner atrezi hastalarında değerlendiren bir çalışmada SaV diastolik SH' leri kullanılarak, SaV fonksiyon bozukluğunun değerlendirilebileceği ortaya konmuştur. (48) Sağ ventrikül erken diyastolik SH' nin ön yük bağımlı bulunması ancak geç diyastolik SH' nin ön yükten bağımsız bulunması, ventriküler dolum fizyolojisi ile açıklanabilir. SaV erken diyastolik fazı, ventriküler kompliyandan etkilendiği kadar, SaA fizyomekaniğinden yüksek

derecede etkilenmektedir. SaV gevşeme bozukluğu ve atriyal basıncın yüksek derecede etkili olduğu bu fazın ön yük bağımlı bulunması beklenebilecek bir bulgudur.

Çalışmamız SaA'nın değerlendirildiği az sayıda, SaA fonksiyonlarının benek takibi yöntemi ile değerlendirildiği çok nadir çalışmalardan biridir. (48-50, 115) Sağ atriyum fonksiyonlarının ön yük ile ilişkisini ise ilk kez ortaya koyması nedeniyle özgünlük taşımaktadır. Sağ atriyum depo ve iletim fazı strain değerleri ön yükteki düşüş ile birlikte azalma göstermektedir. Sağ atriya dönen venöz hacmin azalması beklenildiği üzere; SaA strain değerlerini etkileyebilir. Çalışmamızda SaA kasılma fazı strain değerinin ise, ön yükten bağımsız olduğu bulunmuştur, Sağ atriyum kasılma fazı, ventriküler geç diyastolik fazına denk gelen, SaA içindeki kanın kasılma ile ventriküle pompalandığı dönemdir. Artmış ön yükün öncelikle ve özellikle depo ve iletim fazını etkilemesi, iletim fazı sırasında, ventriküle SaA içindeki kan hacminin çoğunun aktarılması, kasılma fazı sırasında SaA içerisinde bulunan kan hacminin daha düşük olmasına neden olmaktadır, yani kasılma fazı sırasında, SaA içerisinde bulunan kan hacminin, artmış sıvı hacmi ile doğrudan etkileşim göstermediği söylenebilir. Sağ atriyum kasılma fazı strain değerlerinin ön yükten bağımsız bulunması hipotezi doğrular niteliktedir.

Çalışmamızda ayrıca SaA SH' leri değerlendirilmiş olup, depo ve kasılma fazı SH' lerinin ön yük düşüşünden etkilenmedikleri ancak iletim fazı SH' nin ön yükten etkilendiği bulunmuştur. İletim fazı SH, SaV erken diyastolik SH'ye denk gelmektedir. SaV erken diyastolik SH değerlerinin ve SaA iletim fazı SH ile beraber ön yükten etkilenmesi, benek takibi ile ventrikül ve atriyum arasındaki ilişkinin sağlıklı değerlendirilebileceğini göstermektedir. İki boyutlu benek takibi ile SaA değerlendirilmesi, girişimsel yöntemler olmadan SaA fizyomekaniği hakkında oldukça fazla bilgi sağlayabilmektedir. Sağlıklı popülasyonda ve patolojik durumlarda SaA' yı benek takibi yöntemi ile değerlendiren çalışmaların sıklığının artmasına ihtiyaç olduğu belirtilmektedir. (36) Ancak araştırmacıların kullandıkları yöntemlere bağlı olarak, tanımladıkları ve sayısal değerlerini sundukları verilerin dikkatlice incelenmesi gereklidir. Saha ve ark. (115) SaA benek takibi analizi yaparken, kılavuz noktalarını EKG üzerinde, QRS kompleksi önüne almıştır, ancak tam olarak lokalizasyonu belirtilmemiştir. Saha ve ark. (115), uyguladıkları bu yöntem nedeniyle, SaA strain değerlerini oldukça düşük seviyede bulmuşlardır. Sağ atriyum fazlarının düzgün tanımlanması, fizyolojik fazlarının başlangıç ve bitiş zamanlarının strain eğrileri üzerine dikkatlice yerleştirilmesi ve ayrıntılı değerlendirilmesi son derece önemli ve gereklidir.

İki boyutlu benek takibi SaV ve SaA için uygulanabilen, fonksiyonlarını oldukça iyi gösteren ve ön yükten bağımsız parametreler sunabilen teknolojik bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

5.1 Çalışmanın Kısıtlılıkları

Sağ kalbi ekokardiyografik olarak değerlendirmek için kullanılan parametrelerdeki değişimlerin, altın standart yöntemle karşılaştırılamamış olması ve hastaların HD sonrasında, HD öncesine göre kalp hızlarının yüksek olması çalışmanın kısıtlılıkları olarak sayılabilir. Kalp hızındaki artış ise literatürdeki mevcut çalışmaların hemen hepsinde ortaya çıkmış bir bulgudur. Çalışmaya alınan hastalarda kalp hızının HD sonrası artmasına rağmen, hastalarda belirgin taşikardi izlenmemiştir.

6.SONUÇ

Ekokardiyografi ile sağ ventrikülün ve sağ atriyum değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler içerisinde ön yükten bağımsız olan parametreleri bulmak için yapılan bu çalışmada; konvansiyonel yöntemlerden, İKA, SaVFAD ve SaV A' hızının ön yükten bağımsız olduğu, TAPSY, Doppler ve doku Doppler yöntemleri ile ölçülen MPI, SaV S', SaV E' hızlarının ön yüke bağımlı olduğu gösterilmiştir. İki boyutlu benek takibi yöntemi ile değerlendirilen SaV GUS, SaVSD US ve SaV ile SaV SD' nin erken diyastolik SH'leri ön yük bağımlı bulunmuştur, ek olarak SaV ve SaVSD sistolik SH'leri ile geç diyastolik SH'leri önyükten bağımsız olarak saptanmıştır. İki boyutlu benek takibi ile SaA değerlendirmesinin mümkün olduğu gösterilmiş olup, SaA depo fazı strainin ve ventriküler erken diyastol anına denk gelen, iletim fazı SH'nin, ön yüke bağımlı olduğu, SaA kasılma fazı straini, kasılma fazı SH ve depo fazı SH' nin ön yükten bağımsız olduğu gösterilmiştir. Azalan sıvı hacmi miktarı ile, SaV global uzunlamasına straini, SaVSD uzunlamasına straini, SaA depo fazı straini ve TAPSY korelasyon göstermektedir. Sağ kalbin ekokardiyografik değerlendirmesinde benek takibi yönteminin, fizyomekanik fazları göstererek ve ön yükten bağımsız parametreler sunarak, özellikle sağ kalp fonksiyonlarının değerlendirilmesinin önem taşıdığı hasta gruplarında kullanılmasının fayda sağlayacağı öngörülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Collins AJ, Foley RN, Chavers B, Gilbertson D, Herzog C, Johansen K, et al. 'United States Renal Data System 2011 Annual Data Report: Atlas of chronic kidney disease & end-stage renal disease in the United States. Am J Kidney Dis 2012 ; 59(1 Suppl 1) : A7, e1-420.
2. Said K, Hassan M, Baligh E, Zayed B, Sorour K. Ventricular function in patients with end-stage renal disease starting dialysis therapy: a tissue Doppler imaging study. Echocardiography 2012 ; 29(9) : 1054-9.
3. Sarnak M, Levey A. Epidemiology, Diagnosis, and Management of Cardiac Disease in Chronic Renal Disease. J Thromb Thrombolysis 2000 ; 10(2) : 169-80.
4. Ghio S, Klersy C, Magrini G, D'Armini AM, Scelsi L, Raineri C, et al. Prognostic relevance of the echocardiographic assessment of right ventricular function in patients with idiopathic pulmonary arterial hypertension. Int J Cardiol 2010 ; 140(3) : 272-8.
5. Kucukdurmaz Z, Karapinar H, Karavelioglu Y, Acar G, Gul I, Emiroglu MY, et al. Effect of blood donation mediated volume reduction on right ventricular function parameters in healthy subjects. Echocardiography 2012 ; 29(4) : 451-4.

6. Brierre G, Blot-Souletie N, Degano B, Tetu L, Bongard V, Carrie D. New echocardiographic prognostic factors for mortality in pulmonary arterial hypertension. *Eur J Echocardiogr* 2010 ; 11(6) : 516-22.
7. Anavekar NS, Skali H, Bourgoun M, Ghali JK, Kober L, Maggioni AP, et al. Usefulness of right ventricular fractional area change to predict death, heart failure, and stroke following myocardial infarction (from the VALIANT ECHO Study). *Am J Cardiol* 2008 ; 101(5) : 607-12.
8. Laster SB, Shelton TJ, Barzilai B, Goldstein JA. Determinants of the recovery of right ventricular performance following experimental chronic right coronary artery occlusion. *Circulation* 1993 ; 88(2) : 696-708.
9. Oguzhan A, Abaci A, Eryol NK, Topsakal R, Seyfeli E. Colour Tissue Doppler Echocardiographic Evaluation of Right Ventricular Function in Patients with Right Ventricular Infarction. *Cardiology* 2003 ; 100(1) : 41-6.
10. Eidem BW, Tei C, O'Leary PW, Cetta F, Seward JB. Nongeometric quantitative assessment of right and left ventricular function: Myocardial performance index in normal children and patients with Ebstein anomaly. *J Am Soc Echocardiogr* 1998 11(9) : 849-56.

11. Eidem BW, O'Leary PW, Tei C, Seward JB. Usefulness of the myocardial performance index for assessing right ventricular function in congenital heart disease. *Am J Cardiol* 2000 15 ; 86(6) : 654-8.
12. Vonk-Noordegraaf A, Marcus JT, Holverda S, Roseboom B, Postmus PE. Early changes of cardiac structure and function in COPD patients with mild hypoxemia*. *Chest* 2005 ; 127(6) : 1898-903.
13. Kjaergaard J, Schaadt BK, Lund JO, Hassager C. Quantification of right ventricular function in acute pulmonary embolism: relation to extent of pulmonary perfusion defects. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2008 ; 9(5) : 641-5.
14. Franco V. Right Ventricular Remodeling in Pulmonary Hypertension. *Heart Fail Clin* 2012 ; 8(3) : 403-12.
15. Unlu S, Farsalinos K, Ameloot K, Daraban AM, Ciarka A, Delcroix M, et al. Apical traction: a novel visual echocardiographic parameter to predict survival in patients with pulmonary hypertension. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015. Jun 1. doi:10.1093/ehjci/jev131.
16. Greil GF, Beerbaum P, Razavi R, Miller O. Imaging the right ventricle: non-invasive imaging. *Heart* 2008 ; 94(6) : 803-8.

17. Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN, Murphy DJ. Right ventricular function in cardiovascular disease, part I: Anatomy, physiology, aging, and functional assessment of the right ventricle. *Circulation* 2008 ; 117(11) : 1436-48.
18. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010 ; 23(7) : 685-713; quiz 86-8.
19. Kjaergaard J. Assessment of right ventricular systolic function by tissue Doppler echocardiography. *Dan Med J* 2012 ; 59(3) : B4409.
20. Teske AJ, De Boeck BW, Olimulder M, Prakken NH, Doevendans PA, Cramer MJ. Echocardiographic assessment of regional right ventricular function: a head-to-head comparison between 2-dimensional and tissue Doppler-derived strain analysis. *J Am Soc Echocardiogr* 2008 ; 21(3) : 275-83.
21. Pleister A, Kahwash R, Haas G, Ghio S, Cittadini A, Baliga RR. Echocardiography and heart failure: a glimpse of the right heart. *Echocardiography* 2015 ; 32 Suppl 1 : S95-107.

22. Harrison A, Hatton N, Ryan JJ. The right ventricle under pressure: evaluating the adaptive and maladaptive changes in the right ventricle in pulmonary arterial hypertension using echocardiography (2013 Grover Conference series). *Pulm Circ* 2015 ; 5(1) : 29-47.
23. Gargiulo P, Cuocolo A, Dellegrottaglie S, Prastaro M, Savarese G, Assante R, et al. Nuclear assessment of right ventricle. *Echocardiography* 2015 ; 32 Suppl 1 : S69-74.
24. Tacoy G, Cengel A. In the light of current knowledge right ventricle. *Turk Kardiyol Dern Ars.* 2014 ; 42(6) : 574-84.
25. Pirat B. How to assess right ventricular function with echocardiography?. *Turk Kardiyol Dern Ars.* 2014 ; 42(2) : 216-9.
26. De Backer D. Ultrasonic evaluation of the heart. *Curr Opin Crit Care* 2014 ; 20(3) : 309-14.
27. Valsangiacomo Buechel ER, Mertens LL. Imaging the right heart: the use of integrated multimodality imaging. *Eur Heart J.* 2012 ; 33(8) : 949-60.

28. Vitarelli A, Terzano C. Do we have two hearts? New insights in right ventricular function supported by myocardial imaging echocardiography. *Heart Fail Rev* 2010 ; 15(1) : 39-61.
29. Dell'Italia LJ. Anatomy and physiology of the right ventricle. *Cardiol Clin* 2012 ; 30(2) : 167-87.
30. Ho SY, Nihoyannopoulos P. Anatomy, echocardiography, and normal right ventricular dimensions. *Heart* 2006 ; 92 Suppl 1:i2-13.
31. Sheehan F, Redington A. The right ventricle: anatomy, physiology and clinical imaging. *Heart* 2008 ; 94(11) : 1510-5.
32. Farb A, Burke AP, Virmani R. Anatomy and pathology of the right ventricle (including acquired tricuspid and pulmonic valve disease). *Cardiol Clin* 1992 ; 10(1) : 1-21.
33. Jardins TD. *Cardiopulmonary Anatomy & Physiology: Essentials of Respiratory Care*, 6th Edition; 2013.
34. Haber I, Metaxas DN, Geva T, Axel L. Three-dimensional systolic kinematics of the right ventricle. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2005 ; 289(5) : H1826-33.

35. Robert O. Bonow DLM, Douglas P. Zipes, Peter Libby. Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine; 2012.
36. Rai AB, Lima E, Munir F, Faisal Khan A, Waqas A, Bughio S, et al. Speckle Tracking Echocardiography of the Right Atrium: The Neglected Chamber. Clin Cardiol 2015. doi: 10.1002/clc.22438.
37. Abdulla R, Blew GA, Holterman MJ. Cardiovascular embryology. Pediatr Cardiol 2004 ; 25(3) : 191-200.
38. Burger W, Jockwig B, Rucker G, Kober G. Influence of right ventricular pre- and afterload on right ventricular ejection fraction and preload recruitable stroke work relation. Clin Physiol 2001 ; 21(1) : 85-92.
39. Redington AN, Gray HH, Hodson ME, Rigby ML, Oldershaw PJ. Characterisation of the normal right ventricular pressure-volume relation by biplane angiography and simultaneous micromanometer pressure measurements. Br Heart J 1988 ; 59(1) : 23-30.
40. Pettersen E, Helle-Valle T, Edvardsen T, Lindberg H, Smith HJ, Smevik B, et al. Contraction pattern of the systemic right ventricle shift from longitudinal to

circumferential shortening and absent global ventricular torsion. J Am Coll Cardiol 2007 ; 49(25) : 2450-6.

41. Bishop A, White P, Oldershaw P, Chaturvedi R, Brookes C, Redington A. Clinical application of the conductance catheter technique in the adult human right ventricle. Int J Cardiol 1997 ; 58(3) : 211-21.

42. Redington AN, Rigby ML, Shinebourne EA, Oldershaw PJ. Changes in the pressure-volume relation of the right ventricle when its loading conditions are modified. Br Heart J 1990 ; 63(1):45-9.

43. Schlesinger MJ, Zoll PM, Wessler S. The conus artery; a third coronary artery. Am Heart J 1949 ; 38(6) : 823-36, illust.

44. Gaynor SL, Maniar HS, Bloch JB, Steendijk P, Moon MR. Right atrial and ventricular adaptation to chronic right ventricular pressure overload. Circulation 2005 ; 112(9 Suppl) : I212-8.

45. Gaynor SL, Maniar HS, Prasad SM, Steendijk P, Moon MR. Reservoir and conduit function of right atrium: impact on right ventricular filling and cardiac output. Am J Physiol Heart Circ Physiol 2005 ; 288(5) : H2140-5.

46. William F. Armstrong TR. Feigenbaum's Echocardiography. 7th Edition; 2009.

47. Lang R. ASE's Comprehensive Echocardiography; 2015.
48. To AH, Lai CT, Wong SJ, Cheung YF. Right Atrial Mechanics Long-Term after Biventricular Repair of Pulmonary Atresia or Stenosis with Intact Ventricular Septum. Echocardiography 2015 doi: 10.1111/echo.13121
49. Teixeira R, Monteiro R, Garcia J, Baptista R, Ribeiro M, Cardim N, et al. The relationship between tricuspid regurgitation severity and right atrial mechanics: a speckle tracking echocardiography study. Int J Cardiovasc Imaging 2015 ; 31(6) : 1125-35.
50. Padeletti M, Cameli M, Lisi M, Zaca V, Tsioulpas C, Bernazzali S, et al. Right atrial speckle tracking analysis as a novel noninvasive method for pulmonary hemodynamics assessment in patients with chronic systolic heart failure. Echocardiography 2011 ; 28(6) : 658-64.
51. Muller H, Burri H, Lerch R. Evaluation of right atrial size in patients with atrial arrhythmias: comparison of 2D versus real time 3D echocardiography. Echocardiography 2008 ; 25(6) : 617-23.

52. Ommen SR, Nishimura RA, Hurrell DG, Klarich KW. Assessment of right atrial pressure with 2-dimensional and Doppler echocardiography: a simultaneous catheterization and echocardiographic study. *Mayo Clin Proc* 2000 ; 75(1) : 24-9.
53. Brennan JM, Blair JE, Goonewardena S, Ronan A, Shah D, Vasaiwala S, et al. Reappraisal of the use of inferior vena cava for estimating right atrial pressure. *J Am Soc Echocardiogr* 2007 ; 20(7) : 857-61.
54. Moreno FL, Hagan AD, Holmen JR, Pryor TA, Strickland RD, Castle CH. Evaluation of size and dynamics of the inferior vena cava as an index of right-sided cardiac function. *Am J Cardiol* 1984 ; 53(4) : 579-85.
55. Bashore TM. Adult congenital heart disease: right ventricular outflow tract lesions. *Circulation* 2007 ; 115(14) : 1933-47.
56. Arya A, Piorkowski C, Sommer P, Gerds-Li JH, Kottkamp H, Hindricks G. Idiopathic outflow tract tachycardias: current perspectives. *Herz* 2007 ; 32(3) : 218-25.
57. Prakash R, Matsukubo H. Usefulness of echocardiographic right ventricular measurements in estimating right ventricular hypertrophy and right ventricular systolic pressure. *Am J Cardiol* 1983 ; 51(6) : 1036-40.

58. Matsukubo H, Matsuura T, Endo N, Asayama J, Watanabe T. Echocardiographic measurement of right ventricular wall thickness. A new application of subxiphoid echocardiography. *Circulation* 1977 ; 56(2) : 278-84.
59. Gottdiener JS, Gay JA, Maron BJ, Fletcher RD. Increased right ventricular wall thickness in left ventricular pressure overload: echocardiographic determination of hypertrophic response of the "nonstressed" ventricle. *J Am Coll Cardiol* 1985 ; 6(3): 550-5.
60. Portnoy SG, Rudski LG. Echocardiographic evaluation of the right ventricle: a 2014 perspective. *Curr Cardiol Rep* 2015 ; 17(4) : 21.
61. Lai WW, Gauvreau K, Rivera ES, Saleeb S, Powell AJ, Geva T. Accuracy of guideline recommendations for two-dimensional quantification of the right ventricle by echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging* 2008 ; 24(7) : 691-8.
62. Ling LF, Obuchowski NA, Rodriguez L, Popovic Z, Kwon D, Marwick TH. Accuracy and interobserver concordance of echocardiographic assessment of right ventricular size and systolic function: a quality control exercise. *J Am Soc Echocardiogr* 2012 ; 25(7) : 709-13.
63. Mertens LL, Friedberg MK. Imaging the right ventricle: current state of the art. *Nat Rev Cardiol* 2010 ; 7(10) : 551-63.

64. Jiang L, Levine RA, Weyman AE. Echocardiographic Assessment of Right Ventricular Volume and Function. *Echocardiography* 1997 ; 14(2) : 189-206.
65. Apfel HD, Solowiejczyk DE, Printz BF, Challenger M, Blood DK, Boxt LM, et al. Feasibility of a two-dimensional echocardiographic method for the clinical assessment of right ventricular volume and function in children. *J Am Soc Echocardiogr* 1996 ; 9(5) : 637-45.
66. Silverman NH, Hudson S. Evaluation of right ventricular volume and ejection fraction in children by two-dimensional echocardiography. *Pediatr Cardiol* 1983 ; 4(3) : 197-203.
67. Reynertson SI, Kundur R, Mullen GM, Costanzo MR, McKiernan TL, Louie EK. Asymmetry of right ventricular enlargement in response to tricuspid regurgitation. *Circulation* 1999 ; 100(5) : 465-7.
68. Ryan T, Petrovic O, Dillon JC, Feigenbaum H, Conley MJ, Armstrong WF. An echocardiographic index for separation of right ventricular volume and pressure overload. *J Am Coll Cardiol* 1985 ; 5(4) : 918-27.
69. Lindqvist P, Henein M, Kazzam E. Right ventricular outflow-tract fractional shortening: an applicable measure of right ventricular systolic function. *Eur J Echocardiogr* 2003 ; 4(1) : 29-35.

70. Kaul S, Tei C, Hopkins JM, Shah PM. Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 1984 ; 107(3) : 526-31.
71. Tamborini G, Pepi M, Galli CA, Maltagliati A, Celeste F, Muratori M, et al. Feasibility and accuracy of a routine echocardiographic assessment of right ventricular function. *Int J Cardiol* 2007 ; 115(1) : 86-9.
72. Miller D, Farah MG, Liner A, Fox K, Schluchter M, Hoit BD. The relation between quantitative right ventricular ejection fraction and indices of tricuspid annular motion and myocardial performance. *J Am Soc Echocardiogr* 2004 ; 17(5) : 443-7.
73. Forfia PR, Fisher MR, Mathai SC, Houston-Harris T, Hemnes AR, Borlaug BA, et al. Tricuspid annular displacement predicts survival in pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med* 2006 ; 174(9) : 1034-41.
74. Lopez-Candales A, Rajagopalan N, Saxena N, Gulyasy B, Edelman K, Bazaz R. Right ventricular systolic function is not the sole determinant of tricuspid annular motion. *Am J Cardiol* 2006 ; 98(7) : 973-7.

75. Giusca S, Dambrauskaite V, Scheurwegs C, D'Hooge J, Claus P, Herbots L, et al. Deformation imaging describes right ventricular function better than longitudinal displacement of the tricuspid ring. *Heart* 2010 ; 96(4) : 281-8.
76. Akyuz A, Yildiz A, Akil MA, Bilik MZ, Inci U, Kayan F, et al. Assessment of right ventricular systolic function in patients with chronic renal failure before and after hemodialysis by means of various echocardiographic modalities. *Turk Kardiyol Dern Ars* 2014 ; 42(8) : 717-25.
77. Pristera N, Musarra R, Schilz R, Hoit BD. The Role of Echocardiography in the Evaluation of Pulmonary Arterial Hypertension. *Echocardiography* 2015 doi: 10.1111/echo.13113
78. Abbas AE, Fortuin FD, Schiller NB, Appleton CP, Moreno CA, Lester SJ. Echocardiographic determination of mean pulmonary artery pressure. *Am J Cardiol* 2003 ; 92(11) : 1373-6.
79. Milan A, Magnino C, Veglio F. Echocardiographic indexes for the non-invasive evaluation of pulmonary hemodynamics. *J Am Soc Echocardiogr* 2010 ; 23(3) : 225-39; quiz 332-4.

80. Rajagopalan N, Simon MA, Suffoletto MS, Shah H, Edelman K, Mathier MA, et al. Noninvasive estimation of pulmonary vascular resistance in pulmonary hypertension. *Echocardiography* 2009 ; 26(5) : 489-94.
81. Kouzu H, Nakatani S, Kyotani S, Kanzaki H, Nakanishi N, Kitakaze M. Noninvasive estimation of pulmonary vascular resistance by Doppler echocardiography in patients with pulmonary arterial hypertension. *Am J Cardiol* 2009 ; 103(6) : 872-6.
82. Gleason WL, Braunwald E. Studies on the first derivative of the ventricular pressure pulse in man. *J Clin Invest* 1962 ; 41: 80-91.
83. Anconina J, Danchin N, Selton-Suty C, Isaaz K, Juilliere Y, Buffet P, et al. Noninvasive estimation of right ventricular dp/dt in patients with tricuspid valve regurgitation. *Am J Cardiol* 1993 ; 71(16) : 1495-7.
84. Ameloot K, Palmers PJ, Vande Bruaene A, Gerits A, Budts W, Voigt JU, et al. Clinical value of echocardiographic Doppler-derived right ventricular dp/dt in patients with pulmonary arterial hypertension. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014 ; 15(12) : 1411-9.
85. Rojo EC, Rodrigo JL, Perez de Isla L, Almeria C, Gonzalo N, Aubele A, et al. Disagreement between tissue Doppler imaging and conventional pulsed wave

Doppler in the measurement of myocardial performance index. Eur J Echocardiogr 2006;7(5) : 356-64.

86. Gaibazzi N, Petrucci N, Ziacchi V. Left ventricle myocardial performance index derived either by conventional method or mitral annulus tissue-Doppler: a comparison study in healthy subjects and subjects with heart failure. J Am Soc Echocardiogr 2005 ; 18(12) : 1270-6.

87. Yoshifuku S, Otsuji Y, Takasaki K, Yuge K, Kisanuki A, Toyonaga K, et al. Pseudonormalized Doppler total ejection isovolume (Tei) index in patients with right ventricular acute myocardial infarction. Am J Cardiol 2003 ; 91(5) : 527-31.

88. Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, Bailey KR, McGoon MD, Tajik AJ, et al. Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. J Am Soc Echocardiogr 1996 ; 9(6) : 838-47.

89. Zoghbi WA, Habib GB, Quinones MA. Doppler assessment of right ventricular filling in a normal population. Comparison with left ventricular filling dynamics. Circulation 1990 ; 82(4) : 1316-24.

90. Pye MP, Pringle SD, Cobbe SM. Reference values and reproducibility of Doppler echocardiography in the assessment of the tricuspid valve and right

ventricular diastolic function in normal subjects. *Am J Cardiol* 1991 ; 67(4) : 269-73.

91. Dell'Italia LJ, Walsh RA. Right ventricular diastolic pressure-volume relations and regional dimensions during acute alterations in loading conditions. *Circulation* 1988 ; 77(6) : 1276-82.

92. Courtois M, Barzilai B, Gutierrez F, Ludbrook PA. Characterization of regional diastolic pressure gradients in the right ventricle. *Circulation* 1990 ; 82(4) : 1413-23.

93. Grewal J, Majdalany D, Syed I, Pellicka P, Warnes CA. Three-dimensional echocardiographic assessment of right ventricular volume and function in adult patients with congenital heart disease: comparison with magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2010 ; 23(2) : 127-33.

94. Jenkins C, Chan J, Bricknell K, Strudwick M, Marwick TH. Reproducibility of right ventricular volumes and ejection fraction using real-time three-dimensional echocardiography: Comparison with cardiac MRI. *Chest* 2007 ; 131(6) : 1844-51.

95. Lindqvist P, Waldenstrom A, Henein M, Morner S, Kazzam E. Regional and global right ventricular function in healthy individuals aged 20-90 years: a pulsed

Doppler tissue imaging study: Umea General Population Heart Study. Echocardiography 2005 ; 22(4) : 305-14.

96. Nikitin NP, Witte KK, Thackray SD, de Silva R, Clark AL, Cleland JG. Longitudinal ventricular function: normal values of atrioventricular annular and myocardial velocities measured with quantitative two-dimensional color Doppler tissue imaging. J Am Soc Echocardiogr 2003 ; 16(9) : 906-21.

97. Kukulski T, Hubbert L, Arnold M, Wranne B, Hatle L, Sutherland GR. Normal regional right ventricular function and its change with age: a Doppler myocardial imaging study. J Am Soc Echocardiogr 2000 ; 13(3) : 194-204.

98. Alam M, Wardell J, Andersson E, Samad BA, Nordlander R. Right ventricular function in patients with first inferior myocardial infarction: assessment by tricuspid annular motion and tricuspid annular velocity. Am Heart J 2000 ; 139(4) : 710-5.

99. López-Candales A, Dohi K, Bazaz R, Edelman K. Relation of Right Ventricular Free Wall Mechanical Delay to Right Ventricular Dysfunction as Determined by Tissue Doppler Imaging. Am J Cardiol 2005 ; 96(4) : 602-6.

100. Pauliks LB, Chan KC, Chang D, Kirby SK, Logan L, DeGroff CG, et al. Regional myocardial velocities and isovolumic contraction acceleration before and

after device closure of atrial septal defects: a color tissue Doppler study. *Am Heart J* 2005 ; 150(2) : 294-301.

101. Kjaergaard J, Snyder EM, Hassager C, Oh JK, Johnson BD. Impact of preload and afterload on global and regional right ventricular function and pressure: a quantitative echocardiography study. *J Am Soc Echocardiogr* 2006 ; 19(5) : 515-21.

102. Tugcu A, Guzel D, Yildirimturk O, Aytekin S. Evaluation of right ventricular systolic and diastolic function in patients with newly diagnosed obstructive sleep apnea syndrome without hypertension. *Cardiology* 2009 ; 113 : 184-92

103. Sutherland GR, Di Salvo G, Claus P, D'Hooge J, Bijnen B. Strain and strain rate imaging: a new clinical approach to quantifying regional myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 2004 ; 17(7) : 788-802.

104. Jamal F, Bergerot C, Argaud L, Loufouat J, Ovize M. Longitudinal strain quantitates regional right ventricular contractile function. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2003 ; 285(6) : H2842-7.

105. Sachdev A, Villarraga HR, Frantz RP, McGoon MD, Hsiao JF, Maalouf JF, et al. Right ventricular strain for prediction of survival in patients with pulmonary arterial hypertension. *Chest* 2011 ; 139(6) : 1299-309.

106. Maffessanti F, Gripari P, Tamborini G, Muratori M, Fusini L, Alamanni F, et al. Evaluation of right ventricular systolic function after mitral valve repair: a two-dimensional Doppler, speckle-tracking, and three-dimensional echocardiographic study. *J Am Soc Echocardiogr* 2012 ; 25(7) : 701-8.
107. Fine NM, Chen L, Bastiansen PM, Frantz RP, Pellikka PA, Oh JK, et al. Outcome prediction by quantitative right ventricular function assessment in 575 subjects evaluated for pulmonary hypertension. *Circ Cardiovasc Imaging* 2013 ; 6(5) : 711-21.
108. Chow PC, Liang XC, Cheung EW, Lam WW, Cheung YF. New two-dimensional global longitudinal strain and strain rate imaging for assessment of systemic right ventricular function. *Heart* 2008; 94(7) : 855-9.
109. Guendouz S, Rappeneau S, Nahum J, Dubois-Rande JL, Gueret P, Monin JL, et al. Prognostic significance and normal values of 2D strain to assess right ventricular systolic function in chronic heart failure. *Circ J* 2012 ; 76(1) : 127-36.
110. Kalogeropoulos AP, Georgiopoulou VV, Howell S, Pernetz MA, Fisher MR, Lerakis S, et al. Evaluation of right intraventricular dyssynchrony by two-dimensional strain echocardiography in patients with pulmonary arterial hypertension. *J Am Soc Echocardiogr* 2008 ; 21(9) : 1028-34.

111. Schlangen J, Petko C, Hansen JH, Michel M, Hart C, Uebing A, et al. Two-dimensional global longitudinal strain rate is a preload independent index of systemic right ventricular contractility in hypoplastic left heart syndrome patients after Fontan operation. *Circ Cardiovasc Imaging* 2014 ; 7(6) : 880-6.
112. Voigt JU, Pedrizzetti G, Lysyansky P, Marwick TH, Houle H, Baumann R, et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2015 ; 28(2) : 183-93.
113. Oxborough D, George K, Birch KM. Intraobserver reliability of two-dimensional ultrasound derived strain imaging in the assessment of the left ventricle, right ventricle, and left atrium of healthy human hearts. *Echocardiography* 2012 ; 29(7) : 793-802.
114. Vianna-Pinton R, Moreno CA, Baxter CM, Lee KS, Tsang TS, Appleton CP. Two-dimensional speckle-tracking echocardiography of the left atrium: feasibility and regional contraction and relaxation differences in normal subjects. *J Am Soc Echocardiogr* 2009 ; 22(3) : 299-305.
115. Saha SK, Soderberg S, Lindqvist P. Association of Right Atrial Mechanics with Hemodynamics and Physical Capacity in Patients with Idiopathic Pulmonary

Arterial Hypertension: Insight from a Single-Center Cohort in Northern Sweden.

Echocardiography 2015. Jun 11. doi: 10.1111/echo.12993

116. Saba TS, Foster J, Cockburn M, Cowan M, Peacock AJ. Ventricular mass index using magnetic resonance imaging accurately estimates pulmonary artery pressure. *Eur Respir J* 2002 ; 20(6) : 1519-24.

117. Sanz J, Dellegrottaglie S, Kariisa M, Sulica R, Poon M, O'Donnell TP, et al. Prevalence and Correlates of Septal Delayed Contrast Enhancement in Patients With Pulmonary Hypertension†. *Am J Cardiol* 2007 ; 100(4) : 731-5.

118. Tadic M. Multimodality Evaluation of the Right Ventricle: An Updated Review. *Clin Cardiol* 2015 doi: 10.1002/clc.22443.

119. Dupont MVM, Drăgean CA, Coche EE. Right Ventricle Function Assessment by MDCT. *AJR Am J Roentgenol* 2011 ; 196(1) : 77-86.

120. Hesse B, Lindhardt TB, Acampa W, Anagnostopoulos C, Ballinger J, Bax JJ, et al. EANM/ESC guidelines for radionuclide imaging of cardiac function. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2008 ; 35(4) : 851-85.

121. Rich JD, Ward RP. Right-ventricular function by nuclear cardiology. *Curr Opin Cardiol* 2010 ; 25(5) : 445-50.

122. James OG, Christensen JD, Wong TZ, Borges-Neto S, Kowek LM. Utility of FDG PET/CT in Inflammatory Cardiovascular Disease. *RadioGraphics* 2011 ; 31(5) : 1271-86.

123. Cirit M, Ozkahya M, Cinar CS, Ok E, Aydin S, Akcicek F, et al. Disappearance of mitral and tricuspid regurgitation in haemodialysis patients after ultrafiltration. *Nephrol Dial Transplant* 1998 ; 13(2) : 389-92.

124. Brinker JA, Weiss JL, Lappé DL, Rabson JL, Summer WR, Permutt S, et al. Leftward septal displacement during right ventricular loading in man. *Circulation* 1980 ; 61(3) : 626-33.

125. Karas MG, Kizer JR. Echocardiographic assessment of the right ventricle and associated hemodynamics. *Prog Cardiovasc Dis* 55(2):144-60.

126. Jategaonkar SR, Scholtz W, Butz T, Bogunovic N, Faber L, Horstkotte D. Two-dimensional strain and strain rate imaging of the right ventricle in adult patients before and after percutaneous closure of atrial septal defects. *Eur J Echocardiogr* 2009 ; 10(4) : 499-502.

127. Duan YY, Harada K, Toyono M, Ishii H, Tamura M, Takada G. Effects of Acute Preload Reduction on Myocardial Velocity During Isovolumic Contraction

and Myocardial Acceleration in Pediatric Patients. *Pediatr Cardiol* 2006 ; 27(1) : 32-6.

128. Acar G, Alizade E, Avci A, Cakir H, Efe SC, Kalkan ME, et al. Effect of blood donation-mediated volume reduction on regional right ventricular deformation in healthy subjects. *Int J Cardiovasc Imaging* 2014;30 (3) : 543-8.

129. Pela G, Regolisti G, Coghi P, Cabassi A, Basile A, Cavatorta A, et al. Effects of the reduction of preload on left and right ventricular myocardial velocities analyzed by Doppler tissue echocardiography in healthy subjects. *Eur J Echocardiogr* 2004 ; 5(4) : 262-71.

130. Akkaya M, Erdogan E, Sag S, Ari H, Turker Y, Yilmaz M. The effect of hemodialysis on right ventricular functions in patients with end-stage renal failure. *Anadolu Kardiyol Derg* 2012 ; 12(1) : 5-10.

131. Drighil A, Madias JE, Mathewson JW, El Mosalami H, El Badaoui N, Ramdani B, et al. Haemodialysis: effects of acute decrease in preload on tissue Doppler imaging indices of systolic and diastolic function of the left and right ventricles. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2008 ; 9(4) : 530-5.

132. Ozdemir K, Balci S, Duzenli MA, Can I, Yazici M, Aygul N, et al. Effect of preload and heart rate on the doppler and tissue doppler-derived myocardial performance index. Clin Cardiol 2007 ; 30(7) : 342-8.
133. Ulucam M, Yildirim A, Muderrisoglu H, Yakupoglu U, Korkmaz M, Ozdemir N, et al. Effects of hemodialysis on myocardial performance index. Adv Therapy. 2004 ; 21(2) : 96-106.
134. Vogel M, Schmidt MR, Kristiansen SB, Cheung M, White PA, Sorensen K, et al. Validation of myocardial acceleration during isovolumic contraction as a novel noninvasive index of right ventricular contractility: comparison with ventricular pressure-volume relations in an animal model. Circulation 2002 ; 105(14) : 1693-9.
135. Eyskens B, Ganame J, Claus P, Boshoff D, Gewillig M, Mertens L. Ultrasonic strain rate and strain imaging of the right ventricle in children before and after percutaneous closure of an atrial septal defect. J Am Soc Echocardiogr 2006 ; 19(8) : 994-1000.
136. Bussadori C, Oliveira P, Arcidiacono C, Saracino A, Nicolosi E, Negura D, et al. Right and left ventricular strain and strain rate in young adults before and after percutaneous atrial septal defect closure. Echocardiography 2011 ; 28(7) : 730-7.

ÖZET

HEMODİYALİZ HASTALARINDA DİYALİZ ÖNCESİ VE SONRASI SAĞ KALP SİSTOLİK VE DİASTOLİK FONKSİYONLARININ İKİ BOYUTLU BENEK TAKİBİ YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ VE KONVANSİYONEL YÖNTEMLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Amaç: Bu çalışmada kronik böbrek yetmezliği hastalarında, hemodiyaliz (HD) öncesinde ve sonrasında sağ ventrikülü ve sağ atriyumu ekokardiyografik olarak değerlendirmek için kullanılan parametrelerin değişimine, hacim yükü ile ilişkisine bakılması planlanmaktadır, ek olarak ön yükten etkilenmeyen parametrelerin bulunması amaçlanmaktadır.

Metod: Çalışmaya hemodiyaliz programında olan, 18-85 yaş aralığındaki hastalar dahil edildi. HD öncesinde ve sonrasında alınan ekokardiyografi kayıtları masaüstü, özgü programla analiz edildi. İki boyutlu benek takibi yöntemi 67 hastada sağ ventriküle, 62 hastada sağ atriya uygulanı. HD öncesi ve sonrası elde edilen değerler karşılaştırıldı. HD sırasında ultrafiltrasyon ile çekilen sıvı miktarı ile ekokardiyografik parametrelerin ilişkisine bakıldı.

Bulgular: Çalışmaya yaş ortalamaları $49,2 \pm 17,3$ yıl olan, 23' ü kadın (%34,4) toplam 67 hasta dahil edildi. HD sırasında hastalardan ortalama $3088,12 \pm$

1103,7 ml sıvı çekildi. Sağ ventrikül ve sağ atriyum boyutları ve alanları HD sonrasında öncesine göre anlamlı değişmiştir. (sağ ventrikül bazal çapı; $3,38 \pm 0,61$ cm ye kıyasla $2,67 \pm 0,54$ cm, $p < 0,001$, sağ ventrikül diyastolik alanı; $13,7 \pm 3,0$ cm² ye kıyasla $10,1 \pm 2,79$ cm² $p < 0,001$, sağ ventrikül sistolik alanı; $7,05 \pm 2,0$ cm² ye kıyasla $5,9 \pm 3,0$ cm² $p < 0,001$, sağ atriyum alanı; $13,8 \pm 3,0$ cm² ye kıyasla $10,6 \pm 2,8$ cm² $p < 0,001$). Doppler yöntemi ile elde edilen tüm hızlarda ve birbirlerine oranında HD sonrasında azalma mevcuttur (E; $0,71 \pm ,23$ m/s ye kıyasla $0,50 \pm 0,15$ m/s $p < 0,001$, A; $0,58 \pm 0,17$ m/s ye kıyasla $0,48 \pm 0,16$ m/s $p < 0,001$, E/A; $1,28 \pm 0,46$ ya kıyasla $1,11 \pm 0,34$ $p < 0,004$). Doku Doppler yöntemi ile elde edilen triküspit anülüs sistolik ve erken diyastolik doku hızları, HD sonrasında, HD öncesine göre azalmıştır. (S'; $0,15 \pm 0,03$ m/s ye kıyasla $0,12 \pm 0,3$ m/s $p < 0,001$, E'; $0,14 \pm 0,03$ m/s ye kıyasla $0,10 \pm 0,03$ $p < 0,001$). Geç diyastolik doku hızı ise değişim göstermemiştir (A'; $0,16 \pm 0,04$ m/s ye kıyasla $0,15 \pm 0,04$ $p < 0,001$). Triküspit anüler planda sistolik yer değiştirme düzeyi ($2,12 \pm 0,4$ cm ye kıyasla $1,71 \pm 0,3$ cm $p < 0,001$), HD sonrasında azalma göstermiştir. Doppler ve doku Doppler ile ölçümü yapılan miyokardiyal performans indeksi ($MP\dot{I}_{Doppler}$; $0,33 \pm 0,17$ ye kıyasla $0,47 \pm 0,17$ $p < 0,001$, $MP\dot{I}_{doku\ Doppler}$; $0,47 \pm 0,11$ e kıyasla $0,56 \pm 0,2$ $p < 0,002$) HD sonrasında artarken, sağ ventrikül fraksiyonel alan değişimi (% $48,3 \pm 0,976$ ya kıyasla % $46,9 \pm 9,17$ $p < 0,389$) ve izovolümetrik kasılma akselerasyonu değişim göstermemiştir ($3,54 \pm 1,17$ m/s² e kıyasla $3,79 \pm 1,41$ m/s² kıyasla $3,79 \pm 1,41$ m/s² $p < 0,066$). İki boyutlu benek takibi analizinde ise sağ ventrikül global uzunlamasına straini (% $-24,12 \pm 3,71$ e kıyasla % $-19,89 \pm 4,18$ $p < 0,001$), sağ ventrikül serbest duvarı uzunlamasına straini (% $-28,84 \pm 4,67$ vs. % $-23,70 \pm 5,48$

$p<0,001$), sağ atriyum depo fazı straini (% $45,60 \pm 10,8$ ' e kıyasla % $38,15 \pm 8,11$ $p<0,001$), sağ ventrikül erken diyatolik strain hızı ($1,29 \pm 0,40 \text{ s}^{-1}$ a kıyasla $1,05 \pm 0,42 \text{ s}^{-1}$ $p<0,001$), sağ ventrikül serbest duvarı erken diyatolik strain hızı ($1,76 \pm 0,52 \text{ s}^{-1}$ ye kıyasla $1,38 \pm 0,60 \text{ s}^{-1}$ $p<0,001$) ve bu ölçüme denk gelen sağ atriyum iletim fazı strain hızı ($-1,46 \pm 0,82 \text{ s}^{-1}$ a kıyasla $-1,2 \pm 0,56 \text{ s}^{-1}$ $p<0,001$) ön yüke bağımlı bulunmuştur. Sağ ventrikül sistolik strain hızı ($-1,28 \pm 0,31 \text{ s}^{-1}$ e kıyasla $-1,20 \pm 0,30 \text{ s}^{-1}$ $p:0,084$), sağ ventrikül serbest duvarı sistolik strain hızı ($-1,82 \pm 0,39 \text{ s}^{-1}$ a kıyasla $-1,73 \pm 0,36 \text{ s}^{-1}$ $p:0,089$), sağ ventrikül geç diyastolik strain hızı ($1,1 \pm 0,45 \text{ s}^{-1}$ e kıyasla $1,1 \pm 0,35 \text{ s}^{-1}$ $p:0,941$), sağ ventrikül serbest duvarı geç diyastolik strain hızı ($1,50 \pm 0,60 \text{ s}^{-1}$ a kıyasla $1,49 \pm 0,56 \text{ s}^{-1}$ $p:0,928$), sağ atriyum depo fazı strain hızı ($2,25 \pm 0,65 \text{ s}^{-1}$ e kıyasla $2,5 \pm 0,54 \text{ s}^{-1}$ $p:0,091$), atriyal kasılma straini (% $-16,73 \pm 6,8$ ya kıyasla % $-16,35 \pm 7,1$ $p:0,835$) ve strain hızı ($-2,15 \pm 0,95 \text{ s}^{-1}$ e kıyasla $-2,21 \pm 0,72 \text{ s}^{-1}$ $p:0,596$) da ön yükten bağımsızdır. Sağ ventrikül global uzunlamasına straini ($r=0,412$, $p:0,027$), sağ ventrikül serbest duvarı uzunlamasına straini ($r=0,414$, $p<0,001$), sağ atriyum depo fazı straini ($r=0,332$, $p:0,008$) ve triküspit anüler planda sistolik yer değiştirme düzeyi ($r=0,412$, $p:0,001$), çekilen sıvı miktarı ile korelasyon göstermektedir.

Sonuç: Sağ kalbi ekokardiyografik olarak değerlendirmek için kullanılan konvansiyonel parametrelerden izovolumetrik kasılma akselerasyonu ve fraksiyonel alan değişimi ile iki boyutlu benek takibi ile elde edilen sağ ventrikül ve sağ ventrikül serbest duvarı sistolik strain hızları, sağ atriyum kasılma straini ve

strain hızı ile depo fazı strain hızı ön yükten bağımsızdır. Ön yükten bağımsız ekokardiyografik yöntemlerin bulunmasının, sağ kalp fonksiyonlarının önem taşıdığı hastaların takibine büyük katkı sağlaması öngörülmektedir.

SUMMARY

EVALUATION OF RIGHT HEART SYSTOLIC AND DIASTOLIC FUNCTIONS BY SPECKLE TRACKING ECHOCARDIOGRAPHY, AND COMPARISON WITH CONVENTIONAL TECHNIQUES, BEFORE AND AFTER HEMODIALYSIS IN PATIENTS WITH END STAGE KIDNEY DISEASE

Purpose: The aim of this study is to evaluate the change in echocardiographic methods used for assessment of right heart, and figure out volume independent echocardiographic parameters by examining the end stage kidney patients before and after the hemodialysis.

Methods: Patients between 18 and 85 years of age, receiving hemodialysis therapy for at least 6 months were included. The echocardiographic images were obtained before and after hemodialysis therapy and the stored images were analysed by using post-processing software. Two-dimensional speckle tracking strain analysis was performed for right ventricle in 67 patients and for right atrium in 62. The changes in echocardiographic methods before and after hemodialysis were examined. Correlation between volume depletion and change in echocardiographic parameters were calculated.

Results: Sixty-seven patients ($49,2 \pm 17,3$ years of age, 23 woman) were included in study. The mean volume of ultrafiltration was $3088,12 \pm 1103,7$ ml . The chamber sizes and areas of right ventricle and right atrium are decreased after hemodialysis (right ventricle bazal diameter; $3,38 \pm 0,61$ cm vs. $2,67 \pm 0,54$ cm, $p < 0,001$, right ventricle diastolic area; $13,7 \pm 3,0$ cm² vs. $10,1 \pm 2,79$ cm² $p < 0,001$, right ventricle systolic area; $7,05 \pm 2,0$ cm² vs. $5,9 \pm 3,0$ cm² $p < 0,001$, right atrium major diameter; $4,74 \pm 0,62$ cm vs. $4,46 \pm 0,54$ cm $p < 0,001$, right atrium area; $13,8 \pm 3,0$ cm² vs. $10,6 \pm 2,8$ cm² $p < 0,001$). The flow velocities obtained from tricuspid valve by pulsed Doppler, showed decrease after hemodialysis (E; $0,71 \pm 0,23$ m/s vs. $0,50 \pm 0,15$ m/s $p < 0,001$, A; $0,58 \pm 0,17$ m/s vs. $0,48 \pm 0,16$ m/s $p < 0,001$, E/A; $1,28 \pm 0,46$ vs. $1,11 \pm 0,34$ $p < 0,004$). The systolic and early diastolic tissue velocities obtained from lateral tricuspid anulus decreased with volume depletion, late diastolic tissue velocity remained unchanged (S'; $0,15 \pm 0,03$ m/s vs. $0,12 \pm 0,3$ m/s $p < 0,001$, E'; $0,14 \pm 0,03$ m/s vs. $0,10 \pm 0,03$ $p < 0,001$, A'; $0,16 \pm 0,04$ m/s vs. $0,15 \pm 0,04$ $p < 0,001$). Myocardial performance index of right ventricle which was assessed with both Doppler and tissue Doppler methods, increased after ultrafiltration (myocardial performance index_{Doppler} $0,33 \pm 0,17$ vs. $0,47 \pm 0,17$ $p < 0,001$, myocardial performance index_{tissue Doppler}; $0,47 \pm 0,11$ vs. $0,56 \pm 0,2$ $p < 0,002$) whereas right ventricular fractional area change ($\% 48,3 \pm 9,76$ vs $\% 46,9 \pm 9,17$ $p < 0,389$) and isovolumetric contraction acceleration ($3,54 \pm 1,17$ m/s² vs. $3,79 \pm 1,41$ m/s² $p < 0,066$) were remained unchanged. Tricuspid annular plane systolic excursion decreased dramatically ($2,12 \pm 0,4$ cm vs. $1,71 \pm 0,3$ cm $p < 0,001$). Two dimensional speckle tracking analysis showed that; right ventricular global

longitudinal strain ($\% -24,12 \pm 3,71$ vs. $\% -19,89 \pm 4,18$ $p < 0,001$), right ventricular free wall longitudinal strain ($\% -28,84 \pm 4,67$ vs. $\% -23,70 \pm 5,48$ $p < 0,001$), right atrium reservoir phase strain ($\% 45,60 \pm 10,8$ vs. $\% 38,15 \pm 8,11$ $p < 0,001$), right ventricular early diastolic strain rate ($1,29 \pm 0,40 \text{ s}^{-1}$ vs. $1,05 \pm 0,42 \text{ s}^{-1}$ $p < 0,001$), right ventricular free wall early diastolic strain rate ($1,76 \pm 0,52 \text{ s}^{-1}$ vs. $1,38 \pm 0,60 \text{ s}^{-1}$ $p < 0,001$), right atrium conduit phase strain rate ($-1,46 \pm 0,82 \text{ s}^{-1}$ vs. $-1,2 \pm 0,56 \text{ s}^{-1}$ $p < 0,001$) measurements are volume dependent. Right ventricular systolic strain rate ($-1,28 \pm 0,31 \text{ s}^{-1}$ vs. $-1,20 \pm 0,30 \text{ s}^{-1}$ $p:0,084$), right ventricular late diastolic strain rate ($1,1 \pm 0,45 \text{ s}^{-1}$ vs. $1,1 \pm 0,35 \text{ s}^{-1}$ $p:0,941$), right ventricular free wall systolic strain rate ($-1,82 \pm 0,39 \text{ s}^{-1}$ vs. $-1,73 \pm 0,36 \text{ s}^{-1}$ $p:0,089$), right ventricular free wall late diastolic strain rate ($1,50 \pm 0,60 \text{ s}^{-1}$ vs. $1,49 \pm 0,56 \text{ s}^{-1}$ $p:0,928$), right atrial reservoir phase strain rate ($2,25 \pm 0,65 \text{ s}^{-1}$ vs. $2,5 \pm 0,54 \text{ s}^{-1}$ $p:0,091$) atrial contraction strain ($\% -16,73 \pm 6,8$ vs. $\% -16,35 \pm 7,1$ $p:0,835$) and atrial contraction strain rate ($-2,15 \pm 0,95 \text{ s}^{-1}$ vs. $-2,21 \pm 0,72 \text{ s}^{-1}$ $p:0,596$) are volume independent parameters.

Right ventricle global longitudinal strain ($r=0,412$, $p:0,027$), right ventricle free wall longitudinal strain ($r=0,414$, $p < 0,001$), right atrium reservoir phase strain ($r=0,332$, $p:0,008$) and tricuspid annular plane systolic excursion ($r=0,412$, $p:0,001$), showed correlation with the ultrafiltrated volume.

Conclusion: Right ventricular fractional area change and isovolumetric contraction acceleration are volume independent conventional echocardiographic parameters. Moreover systolic and late diastolic strain rates of right ventricle and right ventricular free wall; strain rates of right atrial reservoir phase and atrial contraction and atrial contraction strain are also volume independent measurements obtained by speckle tracking. Defining novel volume independent parameters for evaluation of right heart would contribute to follow up of patients with right heart diseases.

ÖZGEÇMİŞ

Adı: Serkan

Soyadı: Ünlü

Doğum tarihi: 01.01.1986

Adres: Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı

Bahçelievler, Ankara 06100

Telefon: 0312 202 56 29

Elektronik Posta: unlu.serkan@gmail.com

Eğitim:

Doktora: Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eczacılık
Fakültesi Farmakoloji Anabilim Dalı (Subat 2013- Halen)

Uzmanlık: Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı

Leuven Katolik Üniversitesi Kardiyoloji Departmanı, Tıbbi
Görüntüleme Merkezi (Mart 2013- Haziran 2013)

Üniversite: Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi (2004 – 2010)

Lise: Çankaya Milli Piyango Anadolu Lisesi

Yabancı Dili: İngilizce

Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar:

Avrupa Kardiyoloji Derneği

Avrupa Kardiyak Görüntüleme Birliği

Türk Kardiyoloji Derneği

Türk Kardiyoloji Derneği Genç Kardiyologlar Grubu

Bilimsel Etkinlikler:*Ödüller:*

Avrupa Kardiyoloji Derneği Kardiyak Görüntüleme Grubu, 2016 yılı Araştırma Projesi Ödülü (2015)

Ankara Pediyatrik Nöroloji Toplantıları, Prof.Dr.Kalbiye Yalaz En İyi Sunum Ödülü (2010)

Katıldığı Bilimsel Toplantılar:

28. Uluslararası Katılımlı Türk Kardiyoloji Kongresi

29. Uluslararası Katılımlı Türk Kardiyoloji Kongresi

30. Uluslararası Katılımlı Türk Kardiyoloji Kongresi

31. Uluslararası Katılımlı Türk Kardiyoloji Kongresi

22. Ulusal Uygulamalı Girişimsel Kardiyoloji Kongresi

Avrupa Kardiyak Görüntüleme Kongresi (2013)

Avrupa Kardiyoloji Kongresi (2014)

Avrupa Kardiyoloji Kongresi (2015)

Yayın Bilgileri:

1. **S. Unlu**, K. Farsalinos, K. Ameloot, AM. Daraban, A. Ciarka, M. Delcroix, JU. Voigt. Apical traction: a novel visual echocardiographic parameter to predict survival in patients with pulmonary hypertension. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2015 Jun 1. doi: 10.1093/ehjci/jev131
2. KE. Farsalinos, AM Daraban, **S. Unlu**, JD. Thomas, LP. Badano, JU. Voigt. Head-to-Head Comparison of Global Longitudinal Strain Measurements among Nine Different Vendors: The EACVI/ASE Inter-Vendor Comparison Study. J Am Soc Echocardiogr doi: 10.1016/j.echo.2015.06.011
3. A. Abaci, **S. Unlu**, Y. Alsancak, U. Kaya, B. Sezenoz. Short and long term complications of device closure of atrial septal defect and patent foramen ovale: meta-analysis of 28,142 patients from 203 studies. Catheter Cardiovasc Interv. 2013 Dec 1;82 (7):1123-38.
4. HD. Bas, K. Baser, E. Yavuz, HA. Bolayir, B. Yaman, **S. Unlu**, A. Cengel, EU. Bagriacik, R. Yalcin. A shift in the balance of regulatory T and T helper 17 cells in rheumatic heart disease J Investig Med. 2014 Jan;62(1):78-83

5. Y. Alsancak, A. Cengel, A. Akyel, S. Ozkan, B. Sezenoz, **S. Unlu**. et al. Relationship between serum vitamin d levels and angiographic severity and extent of coronary artery disease.Eur J Clin Invest. doi: 10.1111/eci.12490
6. E. Kiziltunc, A. Abaci, S. Ozkan, Y. Alsancak, **S. Unlu**, S. Elbeg, M. Cemri, M.Cetin, M.Sahin. The Relationship between Pre-Infarction Angina and Serum Sphingosine-1-Phosphate Levels. Acta Cardiol Sin 2014;30:546552
7. **S. Unlu**, B. Sezenoz,G. Tacoy, S. Turkoglu, R. Yalcin, Cengel A, Boyaci B. Speckle Tracking 2D Strain and Serum Ghrelin Levels in Pulmonary Arterial Hypertension Patients. 11th International Congress of Update in Cardiology And Cardiovascular Surgery 2015 Am J Cardiol. 2015 Mar 26 ;115(1):69-70
8. B. Sezenoz, G. Tacoy, **S. Unlu**, B. Yaman, S.Turkoglu, Y. Alsancak, G.Gokalp, A. Cengel. Heart Rate Variability in Eisenmenger Syndrome and its Correlation with Echocardiographic Parameters and Plasma BNP, Troponin-I Levels. Am J Cardiol. 2015 Mar 26 ;115(1):93

9. G.Tacoy, A. Cengel, Y. Alsancak, **S. Unlu**, S.Turkoglu, B. Boyaci, R. Yalcin. Combination Therapy in Pulmonary Arterail Hypertension: Single Center Long-term Experience. Am J Cardiol. 2015 Mar 26 ;115(1):67
10. Y. Alsancak, B. Sezenoz, E. Kiziltunc, S. Ozkan, **S. Unlu**, B. Yaman, S. Topal, S. Turkoglu. Acute Anterior Myocardial Infarction Accompanied by Acute Inferior Myocardial Infarction: A Very Rare Coronary Artery Anomaly. Case Rep Cardiol. 2015;2015:347126
11. K. Farsalinos, A. Daraban, **S. Unlu** ,P. Pellikka ,P. Lancellotti ,J. Thomas, L. Badano, J-U. Voigt. Variability in global longitudinal strain measurements between different vendors: where do we stand? The EACVI-ASE-Inter-Vendor Comparison Study. Eur Heart J. 2015 Sep;35:287
12. **S. Unlu**, K. Farsalinos, K. Amelot, A. Daraban, A. Ciarka, M. Delcroix, JU. Voigt. Apical traction: a motion pattern associated with outcome in patients with pulmonary hypertension. Eur Heart J. 2015 Sep;35:79

13. T. Kunak, A. Ulgen, E. Yazici, E. Kiziltunc, H. Olgun Kucuk, B. Sezenoz, **S. Unlu**, A. Abaci. Comparison of the HDL Subclasses, APO A, APO B, CETP Mass and Activity Levels Between the Patients with Coronary Atherosclerosis and Healthy Subjects Although Having Higher HDL-C Levels. J Am Coll Cardiol. 2013;62(18_S2):C183-C18
14. **S.Unlu**, C. Yayla, H. Olgun, U. Kaya, E. Yazici, Y.Tavil. Acute myocardial infarction and multiple arteriopathy: segmental mediolytic arteriopathy. Archives of the Turkish Society of Cardiology September 2012,vol.40,sup 2
15. H. Olgun Kucuk, **S. Unlu**, U.Kucuk, A. Sahinarslan, A. Abaci. Giant interatrial septal aneurysm containing trombus in a patient with atrial fibrillation. Archives of the Turkish Society of Cardiology September 2012,vol.40,sup 2