T.C.
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi
Kardiyoloji Anabilim Dalı

ÜÇ FARKLI EJEKSİYON FRAKSİYONU ÖLÇÜM TEKNİĞİ İLE SOL VENTRİKÜL GLOBAL STRAİN ARASINDAKİ İLİŞKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Oktay GÜLCÜ

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Ednan BAYRAM

ERZURUM – 2016

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

TIPTA UZMANLIK TEZ SAVUNMA TUTANAĞI

İLGİ: 12.05.2016 tarih ve 42190979-204.01.02 –E.1600113722 sayılı belge.

Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı tıpta uzmanlık öğrencisi Arş.Gör.Dr.Oktay GÜLCÜ'nün **"Üç farklı Ejeksiyon Fraksiyon Ölçüm Tekniği ile Sol Ventrikül Global Strain Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi"** konulu tezini incelemek üzere oluşturulan tez jürisine üye olarak seçildiğimizin ilgi yazınızla bildirilmesi üzerine jüri üyeleri, **31.05.2016** tarihinde toplanmış ve ilgili öğrenci tez savunmasına alınmıştır.

Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin 19. maddesi gereğince yapılan tez savunmasının tamamlanması sonucunda adı geçenin tezi jüri üyelerince oy birliği ile kabul edilmiştir

Bilgilerinize arz ederiz.

Prof.Dr. Hüseyin ŞENOCAK
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi
Kardiyoloji Anabilim Dalı Başkanı
31.05.2016
Jüri Başkanı

Doç.Dr.Ednan BAYRAM
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi
Kardiyoloji Anabilim Dalı Öğ.Üyesi
31.05.2016
Jüri Üyesi

Yrd.Doç.Dr.Süleyman KARAKOYUN
Kars Kafkas Üniversitesi Tıp Fakültesi
Kardiyoloji Anabilim Dalı Öğ.Üyesi
31.05.2016
Jüri Üyesi

İÇİNDEKİLER

TABLOLAR DİZİNİ ..... **iii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **iv**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
ÖZET ..... **vii**
ABSTRACT ..... **viii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL BİLGİLER **2**
2.1. İki Boyutlu ve M-Mod Ekokardiyografi 2
2.1.1. M-Mod Ekokardiyografi İle Ölçülen Değerler 3
2.1.2. Sistolik Fonksiyonların Değerlendirilmesi 4
2.1.3. Sol Ventrikül Hacim Ölçümü 5
2.1.4. Ejeksiyon Fraksiyonu 6
2.1.5. Fraksiyonel Kısalma 6
2.2. Doppler İnceleme 6
2.2.1. Renkli Dopler Görüntüleme 7
2.2.2. Diyastolik Fonksiyonların Değerlendirilmesi 7
2.2.3. Doppler Ekokardiyografi ile Ölçülen Değerler 8
2.2.4. İzovolemik Kontraksiyon Zamanı (IVKZ) 9
2.2.5. İzovolemik Relaksasyon Zamanı (IVRZ) 9
2.2.6. Miyokardiyal Performans İndeksi (MPİ) (Tei indeksi) 9
2.3. Kardiyak Fonksiyonların Değerlendirilmesinde Kullanılan Yeni Teknikler 10
2.3.1. Doku Doppler Ekokardiyografi 10
2.3.2. Renkli Doku Doppler (İki Boyutlu veya M-Mod) 11
2.3.3. Pulsed Dalga Doku Doppler 12
2.3.4. Strain ve Strain Rate Görüntüleme 15
2.3.5. Doku Doppler Temelli Strain 17
2.3.6. Gri Skala Temelli Strain (Speckle Tracking) 17
2.3.7. Ölçüm Tekniği 18
2.3.8. Strain ve Strain Rate Görüntülemenin Klinik Kullanım Alanları 20

2.3.9. Doku Doppler Görüntüleme ile Sistolik Fonksiyonların Değerlendirilmesi 21
3. METOD 22
3.1. Çalışma Tasarımı 22
3.2. Tanımlamalar 22
3.3. Ekokardiyografik Değerlendirme 23
3.4. İstatisksel Analiz 24
4. BULGULAR 25
5. TARTIŞMA 31
6. SONUÇ 34
KAYNAKLAR 35

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Çalışmaya alınan hastaların bazal demografik biyokimyasal ve ekokardiyografik özellikleri 25
Tablo 2. Çalışmaya alınana hastaların strain grubuna göre EF ölçüm yöntemlerine göre ROC Curve analizi 30
Tablo 3. Strain grubuna göre EF ölçüm metodları arasındaki ROC Curve değerlerinin karşılaştırılması 30

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Apikal 4 boşluk görüntüleme sistol ve diyastol sırasında kardiyak yapılar ve sınırlar 3
Şekil 2. Parasternal uzun aks görüntüleme de M mod yöntemi ile ventriküler çap ve EF ölçümü 4
Şekil 3. Simpson yöntemi ile EF ölçümü 5
Şekil 4. Doku dopler görüntüleme sırasında ki kaydedilen dalgalar 8
Şekil 5. Dopler ekokardiyografi sırasındaki elde edilen dalgalar ve diyastolik fonksiyon ilişkisi 9
Şekil 6. Sol ventriküler strain ölçümünün gösterilmesi 19
Şekil 7. Görsel ve Teicholz metodu ile hesaplanan EF ölçümleri arasındaki uyumun Bland Altman analiz grafiği 27
Şekil 8. Görsel ve Simpson metodu ile hesaplanan EF ölçümleri arasındaki uyumun Bland Altman analiz grafiği 28
Şekil 9. Simpson ve Teicholz metodu ile hesaplanan EF ölçümleri arasındaki uyumun Bland Altman analiz grafiği 29
Şekil 10. Strain grubuna göre EF ölçüm metodlarının ROC Curve eğrileri 29

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AMI	: Akut miyokard infarktüsü
KAH	: Koroner arter hastalığı
SV	: Sol ventrikül
EF	: Ejeksiyon fraksiyonu
SVDSÇ	: Sol ventrikül diyastol sonu çapı
SVSSÇ	: Sol ventrikül sistol sonu çapı
IVS	: İnterventriküler septum
EKG	: Elektrokardiyogram
FK	: Fraksiyonel kısalma
PW	: Pulse Wave
CW	: Continous Wave
DZ	: Deselerasyon zamanı
İVKZ	: İzovolemik kontraksiyon zamanı
İVRZ	: İzovolemik relaksasyon zamanı
MPİ	: Miyokardiyal performans indeksi
DDE	: Doppler ekokardiyografi
RDD	: Renkli Doku Doppler
PDDD	: Pulse Dalga Doku Doppler
SVGS	: Sol Ventriküler Global Strain
SVGSR	: Sol Ventriküler Global Strain Rate
MADV	: Mitral anüler yerdeğişim hızı
SAP	: Stabil Anjina Pektoris
NSTEMI	: Non ST elevasyonlu Miyokart İnfarktüsü

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen başta tez danışmanım Doç. Dr. Ednan BAYRAM'a ve asistanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrubelerini benden esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Hüseyin ŞENOCAK, Prof. Dr. Şule KARAKELLEOĞLU, Prof. Dr. Mahmut AÇIKEL, Prof. Dr. Serdar SEVİMLİ,Prof. Dr. Fuat GÜNDOĞDU, Doç. Dr. Enbiya AKSAKAL, Doç. Dr. İbrahim Halil TANBOĞA, Doç. Dr. Ziya ŞİMŞEK,Doç. Dr. Muhammet Hakan TAŞ,Yrd. Doç. Dr. Selim TOPÇU ve Uzm. Dr. Yavuzer KOZA'ya;

Ayrıca tez hazırlık aşamasında verilerin yorumlanması ve istatistiğinde yardımlarından dolayı Doç. Dr. İbrahim Halil TANBOĞA Yrd. Doç. Dr. Selim TOPÇU ve Uzm.Dr. Uğur AKSU 'ya;

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte çalıştığım tüm asistan arkadaşlarıma, hemşire ve diğer çalışanlara;

Beni özveri ve sabırla yetiştiren, her türlü maddi-manevi imkanı sunan, bana hayatımın her döneminde destek olan, üzerimde sonsuz emekleri olan ve hayatımın bugününü onlara borçlu olduğum sevgili annem, Güldane GÜLCÜ, babam Kıyasettin GÜLCÜ ve abim Dr. Mehmet Salih GÜLCÜ'ye ve sevgisini, dualarını hep yanımda hissettiğim ve ayrıca bu yoğunlukta bana göstermiş olduğu anlayıştan dolayı sevgili eşim FATMA'ya;

Sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım…

Dr. Oktay GÜLCÜ

ÖZET

Giriş: Kardiyovasküler hastalıkların prognozu Ejeksiyon Fraksiyonu (EF) ölçümüne dayanan sistolik fonskiyonla direk ilişkilidir ve yapılan çalışmalarda sol ventriküler global strain (SVGS), kardiyovasküler hastalıkların tanı, prognoz, sağ kalım ve evrelemesinde EF ölçümüne göre üstün olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada üç farklı EF ölçüm metodu ile SVGS arasındaki ilişkiyi araştırdık.

Metod: Bu çalışma, Ekim 2015 –Mart 2016 tarihleri arasında kliniğimize Stabil Anjina Pektoris (SAP) ve Non ST elevasyonlu Miyokart İnfarktüsü (NSTEMI) tanısıyla başvuran 62 hasta üzerinde yapılmıştır. Tüm hastalara ekokardiyografik değerlendirme yapılmıştır. Atrial fibrilasyonu olan hastalar veya supoptimal görüntü kalitesi olan hastalar çalışma dışı bırakılmıştır.

Bulgular: Çalışmaya alınma ve dışlanma kriterlerine uygun olarak toplam 62 hasta alınmıştır (yaş ortalaması 61.0±12.6 yıl, %56'sı erkek). Görsel EF ve Simpson EF ölçümleri ile SVGS parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki saptandı ($p<0,001$). Görsel EF SVGS parametreleri ile orta düzeyde korelasyon gösterirken ($r=0,44$), Simpson EF ile SVGS parametreleri arasında iyi düzeyde korelasyon saptanmıştır ($r=0,710$). Median değere göre strain değerleri iki gruba ayrılarak EF yöntemleri için ROC Curve analizi yapıldı. Simpson metodu Görsel ve Teicholtz EF ölçümüne göre daha iyi prediktivite sağlamaktaydı.

Sonuç: Biz bu çalışmada farklı metodlarla ölçülen EF değerleri ile SVGS değerleri arasındaki ilişkiyi araştırdık ve SVGS parametreleri ile Simpson metodu en iyi korelasyona sahipti. Dolayısıyla biz ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi gereken hastalarda SVGS parametresinin yanında EF ölçümü için Simpson metodu kullanılmasını önermekteyiz.

Anahtar kelimeler: Ejeksiyon fraksiyonu, Strain, Ventriküler fonksiyon

ABSTRACT

Introduction: Prognosis in cardiovascular diseases is closely related with systolic function, which can be quantified using Ejection Fraction (EF) measurements. In recent studies, left ventricular global strain (LVGS) measurements are found to be superior to EF for staging, prognosis and survival in cardiovascular diseases. The aim of this study is to assess correlation between LVGS and three different EF measurements methods.

Method: The patients diagnosed with non-ST-elevation myocardial infarction (NSTEMI) or stabile angina pectoris (SAP) and admitted in our cardiology department between October 2015 and March 2016 were enrolled in the study. All patients underwent echocardiographic assessment. Patients with atrial fibrillation or suboptimal image quality were excluded from the study.

Results: After application of eligibility criteria 62 patients were enrolled in the study. Average age was 61.0±12.6 years, 56%were male. Both visual EF and Simpson EF measurements were statistically significant with SVGS parameters ($p<0,001$). While Visual EF was moderately correlated ($r=0,287$) with SVGS, Simpson EF showed stronger correlation ($r=0,710$). ROC curve analysis was performed using median strain values, showing better strain predictivity with Simpson method rather than Teicholtz or visual EF measurements.

Discussion: In this study, we assessed the realtionship between three different EF measurements methods and SVGS parameters and Simpson method was found to be more correlated with ventricular strain therefore we propose use of Simpson method for determining EF together with SVGS parameters.

Key words: ejection fraction, strain, ventricular function,

1. GİRİŞ

Ekokardiyografik olarak ventriküler fonksiyon ölçümleri kardiyovasküler prognoz ve istenmeyen olay tahmininde yaygın olarak kullanılır ve güncel kılavuzlarda ilk seçenek yöntem olarak önerilmektedirler. Son 10 yıl içerisinde ekokardiyografik teknik ve yöntemler hızlıca gelişmiş ve klinik kullanıma girmiştir. Görüntü kalitesinin artmasını sağlayan yüksek frekanslı transducer kullanımı, harmonik görüntüleme imkanları, bilgisayar ortamında çalışma ve kontrast madde kullanımı bu yöntemlerin artışındaki önemli gelişmelerdir. Kardiyak boşlukların çaplarının ölçülmesi ve ventriküler sistolik fonksiyonların değerlendirilmesi ekokardiyografik incelemenin temel amaçlarındandır (1-3)

Kardiyovasküler hastalıkların prognozu ejeksiyon fraksiyonu (EF) ölçümüne dayanan sistolik fonskiyonla direk ilişklidir.Yapılan çalışmalarda Strain (S) değerlendirilmesi, kardiyovasküler hastalıkların tanı, prognoz, sağ kalım ve evrelemesinde ejeksiyon fraksiyon ölçümüne göre üstün olduğu gösterilmiştir (4-7). Ancak bu çalışmalarda EF ölçümü ile S parametrelerinin birbiriyle ilişkisi ve hangi parametrenin S ile daha iyi korele olduğu gösterilmemiştir. Biz çalışmamızda farklı metotlarla ölçülen sol ventriküler (SV) EF nin sol ventriküler global strainle (SVGS) olan ilişkilerini araştırdık.

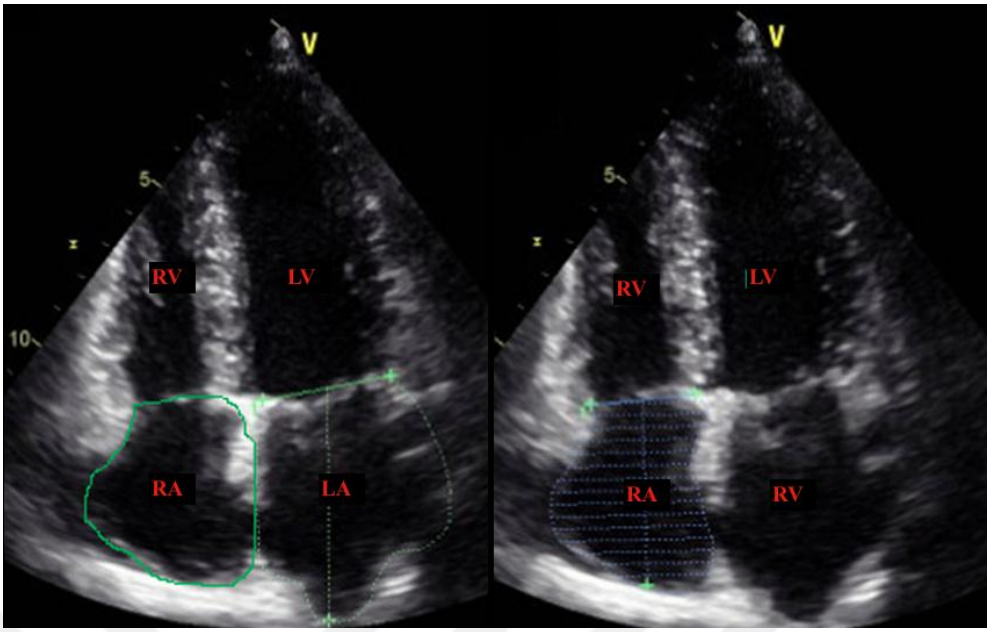
2. GENEL BİLGİLER

Ekokardiyografi görüntüleme yönteminde kardiyovasküler sistemin yapısal, fonksiyonel ve hemodinamik durumunu değerlendirebilmek için yüksek frekanslı ses dalgaları (2-7,5 MHz) kullanılmaktadır. Ekokardiyografi ile kalbin iki boyutlu (2D), M-mod, Doppler ve doku Doppler tekniği ile görüntülenmesi sağlanır. 1954 yılında İsveç'ten Edler ve Hertz ultrason ile kardiyak yapılara ve özellikle mitral kapağa ait ilk kayıtları gerçekleştirmişlerdir. Amerika Birleşik Devletlerin'de Joyner ve Reid 1960'ların başında kalp muayenesinde ultrason yöntemini ilk defa klinikte uygulamışlardır. İki boyutlu inceleme 1970'lerin ortalarında, Doppler ekokardiyografi ise 1970'lerin sonlarında kullanıma girmiştir. Böylece ekokardiyografi, görüntüleme işleminden öteye giderek hemodinamik değerlendirme tekniği olarak da kabul edilmeye başlanmıştır (1-3,6).

2.1. İki Boyutlu ve M-Mod Ekokardiyografi

Gerçek zamanlı iki boyutlu ekokardiyografi kalbin morfolojik ve fonksiyonel değerlendirmesi için temeldir. İki boyutlu görüntüler ve M-mod ile kardiyak ölçümler, alan hesaplamaları, hacim ölçümleri yapılabilir (3). Aynı zamanda iki boyutlu ekokardiyografi, Doppler ve renkli akım görüntülemeleri için gerekli görüntüleri sağlar (Şekil-1).

M-mod ölçümlerinden hesaplanan sistolik ve diyastolik sol ventrikül fonksiyon incelemeleri yaygın olarak kullanılmaktadır. M-mod ekokardiyografi ile kalp boşlukları ve damar çapları, ventriküler septum ve serbest duvarların kalınlıkları ölçülebilir, sol ventrikül sistolik fonksiyonu hesaplanabilir, kalp kapaklarının ve interventriküler septumun hareketi değerlendirilebilir, perikardiyal sıvı olup olmadığı saptanabilir (2,3).



Şekil 1. Apikal 4 boşluk görüntüleme sistol ve diyastol sırasında kardiyak yapılar ve sınırlar

2.1.1. M-Mod Ekokardiyografi İle Ölçülen Değerler

Sol ventrikülün sistol ve diyastol sonu çapları, mitral yaprakçıkların uçlarına denk gelecek seviyeden en geniş ve en küçük sol ventrikül çapı ölçülerek hesaplanır. M mod ekokardiyografik olarak parasternal uzun aks görüntülerden ultrason demetinin sol ventrikül uzun eksenine dik düşmesi sonucunda;

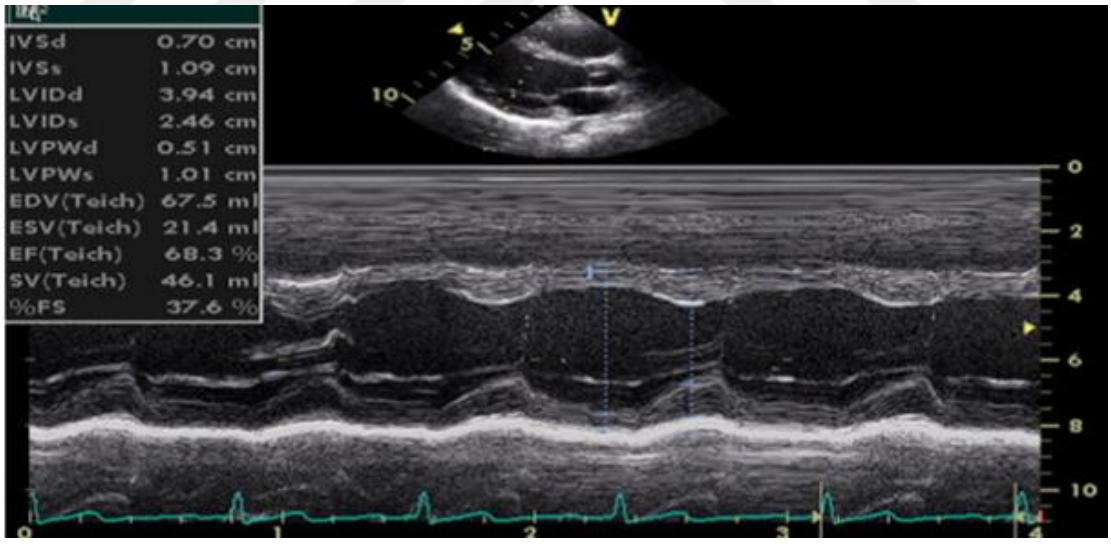
- Sol ventrikül diyastol sonu çapı (SVDSÇ),
- Sol ventrikül sistol sonu çapı (SVSSÇ)
- İnterventriküler septum (IVS) kalınlığı, -Posterior duvarın kalınlığı
- Sol ventrikül sistolik fonksiyonları,
- Aorta çapı
- Sol atriyum çapı ölçülebilir.

Yaş, ağırlık, boy, ırk, cinsiyet, kalp hızı, solunum gibi çeşitli faktörlere göre sol ventrikül çaplarıyla ilgili normal değerler değişiklik gösterir (2,3).

2.1.2. Sistolik Fonksiyonların Değerlendirilmesi

Kardiyak boşlukların çaplarının ölçülmesi ve ventriküler sistolik fonksiyonların değerlendirilmesi ekokardiyografik incelemenin temel amaçlarındandır. Sol ventrikül sistolik fonksiyonu miyokardın kasılma gücü, önyük, ardyük ve kalp hızının karmaşık ilişkilerinin bir sonucudur. Önyük, ventrikülün diyastol sonu volümüdür ve Frank-Starling kanununa göre sistolik performans ile ilişkilidir. Ardyük ise, sistolde miyokard liflerinin kısalmasına karşı olan dirençtir. Kalp hızı, diyastolik dolum zamanını değiştirerek sistolik fonksiyonu etkiler. Bu nedenle, kalp hızı artarken diyastolik doluş zamanı kısalır (1-3).

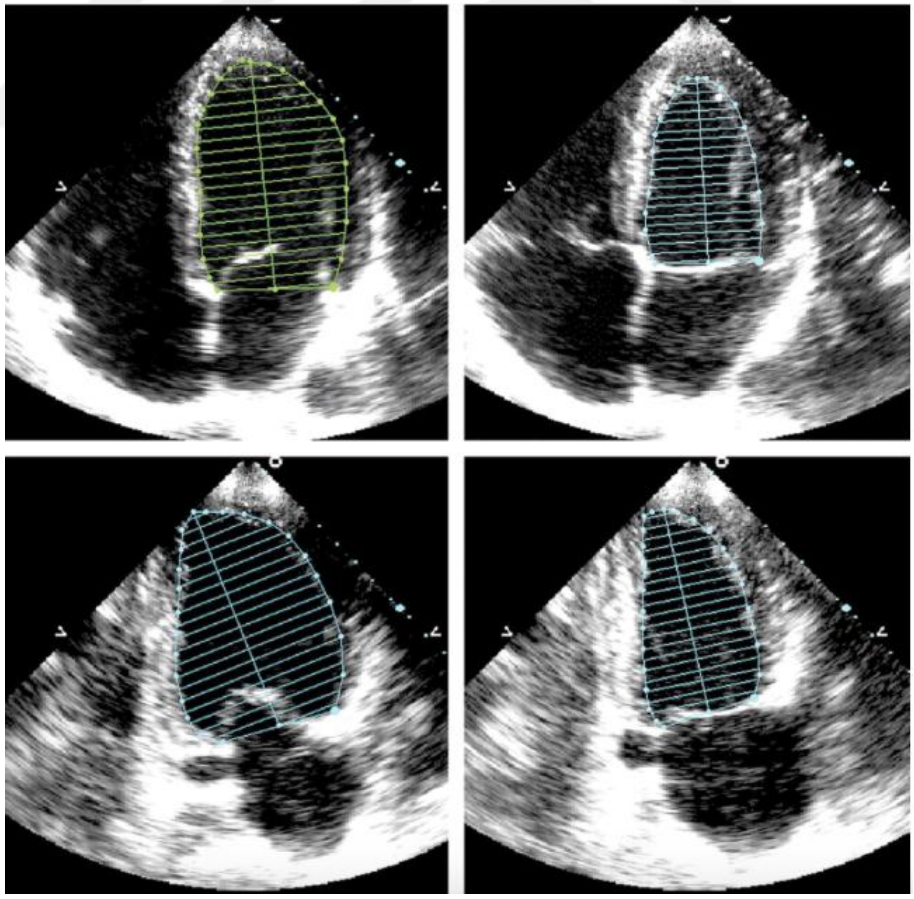
Sol ventrikül atım hacmi, sistolde aortaya atılan sol ventrikül diyastolik hacmidir. (EF), sol ventrikül atım hacminin diyastol sonu volüme oranıdır (Şekil-2). EF klinisyenler tarafından daha çok bilinmekle birlikte, ventrikül simetrik olarak kasılmıyorsa EF değerlendirilmesi sol ventrikül sistolik fonksiyonlarını tam olarak göstermez (5-6).



Şekil 2. Parasternal uzun aks görüntüleme de M mod yöntemi ile ventriküler çap ve EF ölçümü

2.1.3. Sol Ventrikül Hacim Ölçümü

İki boyutlu ekokardiyografi ile hacim hesaplanmasında birçok formüller olsa da bugün için en çok kullanılan Simpson kuralı veya diğer adıyla diskler kuralıdır. Yöntemin temeli, ventrikülü bilinen kalınlıktaki dilimlere ayırmaktır. Sol ventrikül boşluğunun sekli düzgün ise az sayıda dilim yeterlidir. Aksi halde, hacmin doğru hesaplanması için daha çok sayıda ve ince dilime ihtiyaç vardır. Apikal dört veya iki boşluktan elektrokardiyogram (EKG) yardımı ile diyastol ve sistol sonu görüntülerde endokardiyal sınır el ile olarak çizilir ve ventrikül uzun ekseni boyunca eşit aralıklı disklere bölünür. Ventrikül eksen uzunluğunun disk sayısına bölünmesi ile elde edilen değer ile disk alanı çarpılarak disk hacmi bulunur (5-6). Disklerin toplam hacmi ventrikül hacmini verir. Modifiye Simpson yönteminde ise ventrikülün gövde kısmının hacmi, Simpson disk hacim toplamıdır. Farklılık sadece apikal bölgenin hacminin elipsoid olarak hesaplanarak gövde hacmine eklenmesindedir (Şekil-3). Bu şekilde ayrı ayrı sistol ve diyastol sonu hacimler hesaplanarak EF hesaplanır (2,5,6).



Şekil 3. Simpson yöntemi ile EF ölçümü

2.1.4. Ejeksiyon Fraksiyonu

Global sol ventrikül sistolik fonksiyonlarının değerlendirilmesinde en yaygın olarak kullanılan parametrelerden biridir. Sol ventrikül EF, diyastol sonu hacminin ne kadarının ejeksiyona uğradığını ölçmektedir. Normal ortalama EFdeğeri % 66 (% 56-78) 'dır (2). Koroner arter hastalığı, sistemik hipertansiyon, miyokarditler, kardiyomiyopatiler, hipotiroidi, nöromüsküler hastalıklar, sistemik lupus eritematozus gibi çeşitli hastalıklarda sol ventrikül EF düşük bulunabilir (7,8).

- *EF (Teichholz) = (SV Diastolik Çap) -(*SV Sistolik Çap) / *(SV Diastolik Çap)*
- *EF (Simpson)* = (SV Diastolik Volüm) -(SV Sistolik Volüm) / (SV Diastolik Volüm)

2.1.5. Fraksiyonel Kısalma

Fraksiyonel kısalma (FK), her bir sol ventrikül kontraksiyonunda sol ventrikül çaplarının değişim yüzdesidir.

Fraksiyonel kısalma = (SVDSÇ–SVSSÇ) / (SVDSÇ) x100 formülü ile hesaplanabilir. Bunun için sol ventrikül sistol ve diyastol sonu çaplarının bilinmesi gereklidir, normal FK değeri % 36 (% 28-44) olarak belirlenmiştir (6).

2.2. Doppler İnceleme

Doppler ekokardiyografi kalp ve büyük damarların içinden geçen kan akımının hızını ölçmek için kullanılan ve ilk kez 1842 yılında Avusturyalı fizikçi Christian Doppler'in tarif ettiği Doppler etkisine dayanan bir yöntemdir. Doppler etkisi ses frekansının gözlemciye doğru artması, uzaklaştıkça azalmasıdır. En iyi Doppler ultrason incelemesi transdüser hedefe paralel pozisyonda iken elde edilir. Kan akım hızları Doppler ekokardiyografi ile belirlenir ve pek çok hemodinamik bilginin elde edilmesine olanak verir (2,9,10).

En fazla kullanılan Doppler ekokardiyografi, Pulse Wave (PW) ve Continous Wave (CW) Doppler formlarıdır. Her iki tip değerlendirme birbirini tamamlayıcı bilgiler sağlar. PW Dopplerde tek bir ultrason kristali ses dalgalarını gönderir ve geri alır. PW Doppler sisteminde saptanabilen en üst frekans sınırına Nyquist limiti denir. Nyquist limitini aşan akımlar ters yönde kayıt verebilir. PW Doppler sisteminin yüksek frekanslı Doppler dalgalarını saptamadaki yetersizliği "aliasing" olarak adlandırılır. CW Doppler modunda ise transdüserin iki kristali vardır, birisi ultrason dalgalarını yayarken, diğeri yansıyan ultrason dalgalarını sürekli olarak algılar. Nyquist limiti gibi kısıtlamaları yoktur. Devamlı akım Doppler ultrason ışını yolu üzerindeki tüm frekans sapmalarını ölçebilir. Bu nedenle yüksek velositeleri kayıt etmede oldukça kullanışlıdır (9-14).

2.2.1. Renkli Dopler Görüntüleme

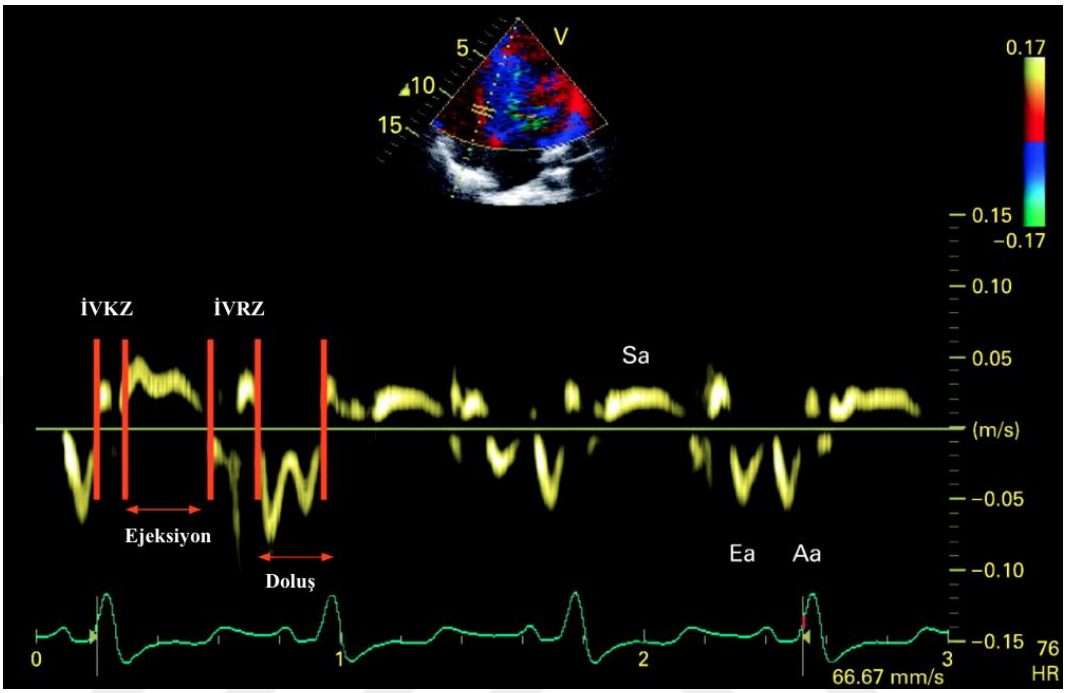
Renkli Doppler görüntüleme temel olarak PW Doppler prensiplerine dayanmaktadır. Bu nedenle yüksek velositeleri görüntülemesi sınırlıdır. Renkli akım görüntülemede, kan akımı mavi, yeşil ve kırmızı renkte veya bu renklerin kombinasyonları seklinde görüntülenir. Transdüsere yaklaşan akım kırmızı, uzaklaşan akım ise mavi olarak boyanır. Türbülans varlığı, o bölgede farklı bir durumun olduğunu gösterir. Böylece anormal kan akımı, renk kombinasyonlarının yönü, hızı ve türbülansın derecesi değerlendirilerek tanınabilir (2,4).

2.2.2. Diyastolik Fonksiyonların Değerlendirilmesi

Normal diyastolik fonksiyon durumunda, istirahat ve efor süresi boyunca ventriküllerin anormal diyastolik basınç değerlerine yükselmeden yeterli miktarda dolması sağlanır.

Diyastolik fonksiyonları değerlendirmek için günümüzde Doppler ekokardiyografi kullanılmaktadır. Mitral kapak, triküspit kapak, pulmoner ven ve vena kava inferiyor'un Doppler akım paternleri analiz edilir. Mitral kapak giriş akımını için apikal dört boşluk pozisyonunda, pulse Doppler akım örnek volümü atriyoventriküler kapaktan optimal akımı kaydedecek şekilde yerleştirilir. Bu bölge atriyoventriküler kapak anülüsünün ventrikül tarafında, kapakçıkların ucuna yakın bir bölgedir. Ultrason ışının kan akımına paralel olmasına dikkat edilmelidir. Normal

büyüklükteki bir kalpte atriyoventriküler akım apikal dört boşluk pozisyonunda apeksin yaklaşık 20° lateraline doğrudur. Sol ventrikülün genişlemesi ile bu açı artarak daha laterale kayar (2,4,9-13) (Şekil 4).



Şekil 4. Doku dopler görüntüleme sırasında ki kaydedilen dalgalar

2.2.3. Doppler Ekokardiyografi ile Ölçülen Değerler

Mitral kapak akım hızı

Sol ventrikül doluş şekilleri,

PW Doppler; mitral akım velosite kayıtları kullanılarak değerlendirilir. Mitral akım değerlendirilmesinde; diyastolik erken doluş pik velositesi (E), diyastolik geç doluş pik velositesi (A), E dalgasının deselerasyon zamanı (DZ) ve E dalga süresi ve A dalga süresi değerlendirilebilir (11-14).Normal akım velosite eğrileri, yüklenme durumları, yaş ve kalp hızından etkilenmektedir. Yaşla birlikte E ve A dalgalarının velositelerinde artış görülürken, E/A oranı azalmaktadır. Diyastolik patern daha ayrıntılı olarak deselerasyon zamanına göre değerlendirilebilir. Deselerasyon zamanı E dalgasının pik noktasından bazal çizgi ile buluştuğu noktaya kadar geçen süredir. Relaksasyon anormalliği olan hastalarda DZ uzamış olarak saptanır (15-20).

2.2.4. İzovolemik Kontraksiyon Zamanı (IVKZ)

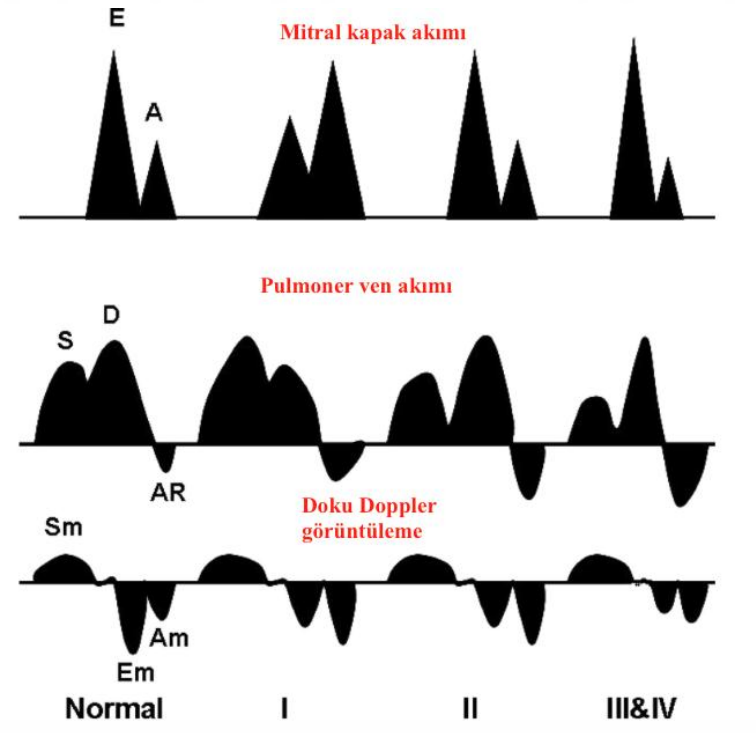
Sol ventrikül için, mitral kapağın kapanma noktası ile aort kapağının açılma noktası, sağ ventrikül için ise triküspid kapağın kapanma noktası ile pulmoner kapağının açılma noktası arasındaki horizontal uzaklıktır.

2.2.5. İzovolemik Relaksasyon Zamanı (IVRZ)

Sol ventrikül için, aort kapağının kapanma noktası ile mitral kapağın açılma noktası, sağ ventrikül için ise pulmoner kapağın kapanma noktası ile triküspid kapağın açılma noktası arasındaki horizontal uzaklıktır.

2.2.6. Miyokardiyal Performans İndeksi (MPİ) (Tei indeksi)

İlk kez Tei ve arkadasları tarafından 1995 yılında tanımlanmıştır (31). Tei indeksi, Doppler ekokardiyografik inceleme ile kolaylıkla elde edilebilir ve ön-ard yük değişiklikleri, kalp hızı gibi değişikliklerinden etkilenmediğinden klinik kullanımı kolaydır (Şekil 5) (16-22).



Şekil 5. Dopler ekokardiyografi sırasındaki elde edilen dalgalar ve diyastolik fonksiyon ilişkisi

2.3. Kardiyak Fonksiyonların Değerlendirilmesinde Kullanılan Yeni Teknikler

Son dönemlerde kardiyak fonksiyonların ayrıntılı olarak değerlendirilmesine olanak veren pek çok ekokardiyografik yöntem geliştirilmiştir.Bu tekniklerin uygulanabilir olması ve pediatrik hastalarda ventriküler disfonksiyonun da değerlendirilmesinde olanak sağlaması açısından önemlidir. Doku Doppler ve speckle–tracking temelli S görüntüleme geometriden bağımsız olarak miyokardiyal hareket ve deformasyonun değerlendirilmesinde direkt kantitatif bilgi vermektedir ve bu yöntemler miyokardiyal mekanikleri daha iyi değerlendirerek tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde rehberlik yapmaktadır (20-25).

2.3.1. Doku Doppler Ekokardiyografi

Doku Doppler ekokardiyografi (DDE), dokunun hareketinin Doppler ekokardiyografi ile değerlendirilmesine olanak veren ve ventriküllerin sistolik ve diyastolik fonksiyonlarının bölgesel veya global olarak değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Doku doppler görüntüleme PW Doppler'in uyarlanmış şeklidir ve miyokard hızlarını analiz eder.

İlk kez 1989 yılında Isaaz ve arkadaşları (15) tarafından tanımlanmıştır. Bölgesel ve global miyokardiyal fonksiyonların değerlendirilmesinde kullanışlı bir teknik olarak kabul edilmesi ise 1990'lı yıllara kadar sürmüştür ve 1992 yılında McDicken ve arkadaşları tarafından klinik kullanıma kazandırılmıştır (28-33).

Bir hayvanın iskemik olan kalp modelinde iskeminin indüklenmesinin ardından oldukça çabuk ve kalıcı değişikliklerin oluştuğunun doku Doppler velositeleri ile gösterilmesinin ardından, erişkinlerde iskemik kalp hastalıkları, aort yetmezliği ve hipertrofik kardiyomiyopati gibi pek çok konuda bölgesel miyokardiyal velositelerin araştırıldığı çok sayıda çalışma yapılmıştır (25-33).

Miyokardın hareketi yüksek amplitüdlü ve düşük hızda sinyallerin oluşmasına yol açarken, bunun tersine eritrositlerin hareketi düşük genlikte ve

yüksek hızda sinyallere neden olur. Klasik Doppler incelemelerinde kan akım hızının ölçülmesi amaçlandığından dokulardan yansıyan sinyallerin değil, kandan yansıyanların kaydedilmesi gerekir. Doku Doppler görüntülemesi için ise kan akımının yarattığı yüksek velositenin filtre edilmesi miyokardiyal kaynaklı düşük velositenin kaydedilmesi gereklidir. Doku Doppler görüntüleme için yüksek kesitsel hız gereklidir (34-35).

Doku Doppler görüntüleme ile miyokard segmentlerinin incelenmesi ventrikülün bölgesel fonksiyonları hakkında bilgi verirken, mitral ve triküspit anülüs hızlarının ölçümü ventrikülün global fonksiyonu hakkında bilgi vermektedir. Doku Doppler tekniği, PW Doppler ile kıyaslandığında ön ve ard yüke daha az bağımlıdır (39). Transduser ile incelenen bölge arasındaki dokulardan minimal etkilendigi için, kötü iki boyutlu görüntüye rağmen iyi doku Doppler sinyalleri alınabilir. Pulse doku Doppler incelemenin yüksek zamansal rezolüsyonu nedeniyle hem sistolik hemde diyastolik hemodinamik olaylar kantitatif olarak analiz edilebilir (36).

Doku Doppler tekniği iki ayrı kategoride incelenmektedir: 1-Renkli Doku Doppler (RDD) (iki boyutlu veya M-mod) 2-Pulse Dalga Doku Doppler (PDDD):19

2.3.2. Renkli Doku Doppler (İki Boyutlu veya M-Mod)

Renkli doku Doppler görüntüleme 1990'lı yılların başlarında gündeme gelmiş ve doku velositelerinin ölçümünde alternatif bir teknik olarak kullanılmaya başlamıştır. Renkli M-mod DDE ve iki boyutlu renkli DDE olarak iki farklı şekilde kullanılmaktadır. Bu teknik ile miyokardın hareket hızları renklendirilebilir ve bu renklendirme hem iki boyutlu, hem de M-mod görüntü üzerine yerleştirilebilir. Duvar hareketleri hız ve yönlerine göre farklı renklerle kodlanırlar. Transdusere doğru hareket eden kardiyak dokular kırmızı transduserden uzaklaşan dokular ise mavi renkle kodlanırlar, hareketsiz noktalar ise renklendirilmez (35-36).

Bu teknikte, pulse Dopplerin tersine pik velositeler ölçülür ve bölgesel ortalama velositelerin ölçümünde otokorelasyon tekniği olarak kullanılır. Bu teknik farklılık, renkli DDE ile ölçülen miyokardiyal velositelerin pulse Doppler ile

ölçülenlere göre neden %15-20 daha düşük olduğunu açıklamaktadır. Görüntü optimizasyonu ile oldukça yüksek frame hızları elde edilir (>250 frame/sn). Bu nedenle izovolümetrik periyotlar gibi kısa süreli miyokardiyal hareketlerin analizinde ve yüksek kalp hızlarında yeterli temporal çözünürlük için oldukça kullanışlı bir yöntemdir (18).

Aynı kardiyak siklusta, farklı miyokardiyal segmentlerdeki doku velositelerin eşzamanlı olarak kayıt edilebilmesi dissenkroni değerlendirmesi için önemlidir (18).

2.3.3. Pulsed Dalga Doku Doppler

Triküspit ve mitral kapak PW doku Doppler ekokardiyografi yöntemi ventriküler diyastolik doluşu değerlendiren invaziv olmayan bir yöntemdir. Pulse wave doku Doppler ekokardiyografi geleneksel ekokardiyografik yöntemlerle değerlendirilmesi zor olan her iki ventrikülün uzun eksen fonksiyonlarını analiz etmede kullanılabilir. Bu teknik kullanılarak yenidoğan ve çocukluk döneminde triküspit ve mitral akım paternlerindeki değişiklikler ile ilgili çalışmalar da yapılmıştır (24,25).Kalbin solunumsal hareketi nedeniyle örneklem hacminin yer değiştirmesini önlemek için ölçümler ekspiriyum sonrası dönemde yapılmalıdır. Doppler kürsörü ile incelenen miyokard segmentinin hareket yönünün paralel olması gerekir.

Pulse wave doku Doppler tekniği ile miyokarda ait sistolik ve diyastolik dalgalar ve zaman aralıkları elde edilir. Kardiyak zaman süreleri miyositlerin fonksiyonları tarafından hatasız şekilde düzenlenmektedir. Bu fonksiyonlar kardiyak fonksiyonların iyi bir göstergesidir (10). Pulse wave doku Doppler prensibine göre transdusere doğru olan hareket pozitif, uzaklaşan hareket ise negatif dalga oluşturur. Bu nedenle longitüdinal planda sistole ait S dalgası, diyastolde ise erken dolum evresine ait erken diyastolik E' dalgası ve atriyal kontraksiyonu gösteren geç diyastolik A' dalgası oluşur (26).S dalgası, sistolik miyokardial velositedir. Kalbin longitüdinal eksende bazalinden apeksine doğru olan hızını gösterir. E' dalgası erken diyastolde, atriyoventriküler kapakların açılması ile oluşan erken hızlı doluş fazında meydana gelen hareketin oluşturdugu dalgadır. Yani, erken diyastolik miyokardiyal

relaksasyon velositesidir. İzovolümik gevşemeyi takiben başlar. Elektrokardiyografide T dalgasından sonra kaydedilir. Pulse wave doku Doppler'de ilk dominant negatif dalgadır. E' sonrasında ventriküler doluşun durduğu veya oldukça yavaşladığı diyastaz fazında oluşur. Bu dönemde miyokardda herhangi bir hareket oluşmadığı için Pulse wave doku Doppler ile herhangi bir dalga görülmez. A' dalgası, atriyumların miyokartta neden olduğu relaksasyon velositesidir. A' dalgası, geç diyastolde izlenir. Diyastaz fazından sonra ventrikül doluşunun son dönemi olan atriyal kontraksiyona ait doluş başlar. Bu dönem Pulse wave doku Doppler ile ikinci negatif dalga olarak görülür. A' dalgası elektrokardiyografide P dalgasından sonra gelmektedir (27,36,37).

Lateral mitral anülüsün doku Doppler görüntülemesi ile elde edilen sistolik ve diyastolik dalgalar İzovolemik kontraksiyon zamanı: EKG'deki Q dalgasından doku Doppler görüntülemesindeki S dalgasının başlangıcına kadar olan süredir. A' dalgasının bitimi ile S dalgasının başlangıcı arasındaki mesafe süre olarak ölçülerek hesaplanır (36,37).

IVRZ: Sistolik hareketin sonunda başlar ve erken diyastolik akım öncesinde sonlanır. S dalgasının sonu ile E' nin başlangıcı arasındaki mesafe süre olarak ölçülerek hesaplanır.

MPİ: Sistolik ve diyastolik zaman aralıklarını kullanarak global olarak miyokardiyal performansını gösterir. Kontraksiyon ve relaksasyon aynı kardiyak siklusta hesaplanabilir (36).

Doku Doppler ekokardiyografi miyokardın diyastolik performansı hakkında ön yükten bağımsız olarak bilgi vermektedir. Diyastolik fonksiyonların incelenmesi ile sol ventrikül relaksasyonunu, katılığı ve doluş basıncı değerlendirilerek hem tanı hem de prognoz ve tedavinin etkinliğinin değerlendirilmesi yapılabilir (18,38).

Normal miyokardiyal relaksasyonu olan kalplerde erken diyastolik dolum süresince sol atriyumdan sol ventriküle doğru kan geçişi olur. Mitral giriş akımının başlangıcı (E), mitral erken diyastolik akım hızı (E') ile eş zamanlı olmaktadır

(relaksasyon). Gecikmiş miyokardiyal relaksasyon ve artmış dolum basıncı durumlarında ise diyastolik doluş, E' dalgasından daha erken oluşur.Sistolik fonksiyonlardaki bozulmalar, izovolemik kontraksiyon zamanında uzama ve ejeksiyon zamanında kısalmaya neden olur. Sistolik ve diyastolik fonksiyonların her ikisinin birlikte bozulması ise miyokard relaksasyonunda anormallik oluşturarak izovolemik relaksasyon süresini uzatır (36).

İskemide veya miyokard gevsemesinde bozulma varlığında, E' amplitüdünde azalma, E'/A' oranında tersine dönme, IVKZ'da uzama saptanır (36). Diyastolik fonksiyonların değerlendirilmesi için E' dalgasının tek başına degerlendirilmesinden çok E'/A' oranına bakılması daha güvenilir bilgi verir. Sağlıklı genç bireylerde E'/A' oranı 1'den büyüktür. Yaşlanma ile birlikte E' ve E'/A' küçüldüğü, bölgesel IVKZ'nin uzadığı gösterilmiştir (30).

Doku Doppler inceleme yöntemi ile yapılan ölçümlerin ön yüke bağımlılığı daha azdır. Patent duktus arteriyozus ve ventriküler septal defekt gibi kronik sol ventrikül volüm yükü olan çocuklarda normal pediayatrik popülasyon ile karşılaştırıldığında doku velositelerinde yalnızca minimal değişiklikler olduğu gösterilmiştir (21, 50). Ardyükte ani artışların doku Doppler velositelerde ani düşmeye neden olduğu, konsantrik hipertrofi ile seyreden kronik süreçlerde ise remodeling sürecinde longitidunal velositelerde azalma olduğu gösterilmiştir (31).

Konjenital kalp hastalıklarında sağ ventrükül de etkilendiğinden, DDE, sağ ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar dasistolik velositeler ile sağ ventrikül EF arasında güçlü korelasyon saptanmıştır (39).Doku velositeleri mekanik dissenkroni değerlendirmesinde de kullanılmaktadır. Kardiyomiyopatili hastalarda, sol ventrikül disfonksiyonunun derecesi ile doku Doppler velositeleri korele bulunmuştur (40,41).

Doku Doppler ekokardiyografi ile hesaplanan MPI, standart pulse Doppler ekokardiyografi ile iyi bir korelasyon göstermektedir. Doku Doppler ekokardiyografi ile sistolik ve diyastolik ölçümlerinin aynı anda yapılabilmesi özellikle sağ ventrikülün değerlendirmesi ve dissenkroni tanısı için oldukça yararlıdır (35-40).

Doku Doppler ekokardiyografi kullanımının bazı kısıtlamaları bulunmaktadır. Pulse wave doku Doppler yöntemi diğer Doppler yöntemleri gibi açıya bağımlıdır ve miyokardiyal hareket tek yönlü (longitidunal, sirkumferansiyal ya da radiyal) olarak değerlendirilebilmektedir. Yöntemin bir diğer kısıtlaması da ön yükten kısmen etkilenmesidir. Ayrıca DDE yöntemi ile ölçülen hızlar kalbin yatayda ki hareketinden etkilenmektedir. Bu nedenle, kardiyak siklus sırasında tüm kalbin global olarak yer değiştirmesi sonucu itme-çekme etkisi ile komşu segmentler birbirini etkileyebilir. Akinetik segmentin komşu normal segmentin çekmesiyle hareket etmesi nedeniyle bölgesel disfonksiyon maskelenebilir ya da normal segmentin hızında azalma görülebilir (36-42).

2.3.4. Strain ve Strain Rate Görüntüleme

Doku Doppler görüntülemenin bir miyokardiyal segmentin aktif hareketiyle, dokunun pasif hareketini birbirinden ayırt edememesi (tethering etkisi) ve kalbin rotasyonel hareketlerinin pik velosite ölçümlerini etkilemesi gibi kısıtlamaları olması nedeni ile S ekokardiyografi geliştirilmiştir. S ve strain rate (SR) görüntüleme miyokardiyal performansın değerlendirilmesinde ve bölgesel deformasyonunun ölçülmesinde yeni bir metod olarak gündeme gelmiştir (42-43).

S ve SR ekokardiyografi, doku Doppler prensibine dayalı noninvaziv bir kardiyak görüntüleme yöntemidir. S ve SR ekokardiyografi ilk kez Mirsky ve Parmley tarafından miyokardın mekanik özelliklerini göstermek amacıyla tanımlanmıştır (44). Heimdal ve ark.'da 1982'de longitudinal gerçek zamanlı S rate ölçümünü tanıtmışlardır (45).

S bir cismin normal şekline oranla deformasyonunu ifade eder. Bu nedenle, bölgesel S hesaplamaları ile sadece boyutsal değişiklikler ölçülebilir, duvar kalınlıkları değerlendirilemez. S bir cismin önceki boyutuna göre değişimini ifade ettiğinden birimsizdir ve genellikle % olarak ifade edilir. Tek boyutlu bir objede oluşan deformasyon longitidunal planda uzama-kısalma, radiyal planda ise kalınlaşma-incelme şeklindedir. Objenin orijinal haline göre uzaması pozitif, kısalması ise negatif S olarak tanımlanır. S sembolü olarak S veya epsilon (ε)

kullanılır (44,46).Objenin ilk uzunluğu biliniyor ve deformasyon doğrusal ise S aşağıda belirtilen langrangian formülle hesaplanır ve "Langrangian S" adını alır (Şekil 8) (44-47). Objenin ilk uzunluğunun bilinmediği durumlarda (kalp kası deformasyonunda olduğu gibi) belli zaman aralığında (to–t) objenin boyutlarında meydana gelen anlık değişim oranı hesaplanır ve "Eularian ya da natural S" olarak adlandırılır. Natural S εN şeklinde sembolize edilir (44,47).

Lagrangian S ve Natural S arasındaki ilişki sabit (non–lineer) 'dir. Küçük S değerlerinde (%5–10) Lagrangian ve Naturel S değerleri birbirine yakındır. Ancak, kardiyak ejeksiyon veya hızlı dolum sırasında meydana gelen büyük deformasyonlar için ikisi arasında önemli farklar bulunur. Kardiyak ölçümlerde, başlangıç boyutuna daha az bağımlı olan naturel S ölçümleri tercih edilir (44-47).

İki ve üç boyutlu cisimlerdeki deformasyon, tek boyutlu cisimlerdeki gibi yalnızca uzama-kısalma ile sınırlı değildir. Miyokard gibi 3 boyutlu cisimler x, y, z akslarında deformasyona uğrayabilirler. Ayrıca shear S olarak adlandırılan ve alt-üst sınır veya sağ-sol sınıra paralel olacak şekilde yer değişimi gösterebilirler. Bu nedenle 3 boyutlu objelerde x,y,z akslarında üç normal ve xy, xz, yz, yx, zx ve zy yönlerinde ise 6 ''shear S'' olmak üzere, toplam 9 farklı yönde deformasyon tanımlaması mümkündür (44,45).Normal sol ventrikül miyokardında siklus boyunca longitidunal, radiyal ve sirkumferansiyal olmak üzere üç düzlemde deformasyon (S) tanımlanmıştır. Uzun eksende (longitudinal) sistolde kısalma, diyastolde uzama, transvers eksende (radiyal) sistolde kalınlaşma, diyastolde incelme olurken, sirkumferansiyel eksende sistolde kısalma, diyastolde uzama olur. Her üç boyuttaki deformasyon birbiri ile ilişkilidir (44,45).S rate ise lokal deformasyon hızını gösterir. S rate değerleri ultrason ışını yönündeki sabit mesafedeki 2 nokta arasındaki doku velositelerinden hesaplanır. S rate'nin sembolü SR veya ε' birimi ise s-1 dir (46,48).

Bir boyutlu iki cismin başlangıç yani "Langrangian S" değerleri eşit olmasına karşın SR değerleri farklı olabilir.S ve SR ekokardiyografinin doku Doppler temelli ve gri skala temelli olmak üzere iki farklı şekilde kullanımı mevcuttur (47,49).

2.3.5. Doku Doppler Temelli Strain

Miyokardın hareket hızı doku Doppler teknikleri ile kaydedilebilir ve daha önceden kaydedilmiş renkli doku Doppler görüntüler üzerinden diğer görüntü modaliteleri türetilir. Bu yöntemde temelde iki boyutlu gri skala görüntüleri ile eş zamanlı kaydedilmiş doku Doppler görüntüleri incelenir. Strain rate görüntü elde etmek için RDD tekniği ile iki boyutlu görüntü alanındaki her bir pikselin hız ve vektör bilgisi kullanılarak sabit uzunluktaki iki nokta arasındaki SR hesaplanır.

Sarı renk spektrumu negatif deformasyon (kısalma-incelme), mavi ise pozitif deformasyon hızı (uzama-kalınlaşma) 'yı göstermektedir. Deformasyon olmayan miyokard bölümleri ve/veya zaman aralıkları yeşil renk ile gösterilir. SR görüntü elde etmek için RDD tekniği ile 2 boyutlu görüntü alanında sabit uzunluktaki iki nokta arasında velosite gradiyenti hesaplanır. Renkli doku Doppler temelli SR verilerinin zaman integrali alındığında strain değerleri elde edilir (45-49).

2.3.6. Gri Skala Temelli Strain (Speckle Tracking)

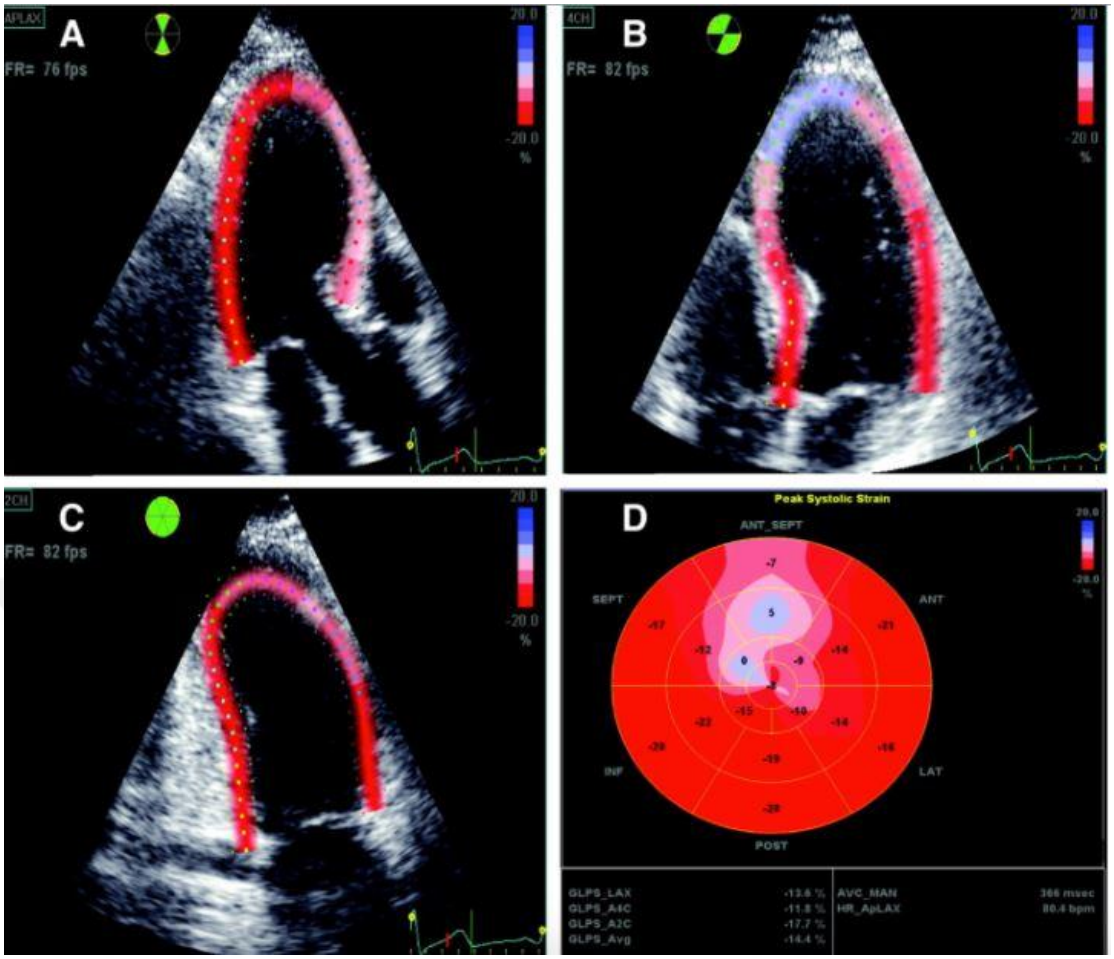
Kalp kasından yansıyan ultrason dalgaları rastgele ve düzensiz parlak noktalar (speckle) oluşturur. Bu parlak noktalar miyokardın hareketi ile kısmen şekillerini koruyarak farklı konumlara geçerler. Bu nedenle bir siklus boyunca parlaklıkların yavaş yavaş takip edilmesi ile hareket-zaman eğrisi oluşturulur. Buradan ilgi alanının hızı, hareket eğrisinin zaman türevi alınarak veya hareket miktarının frame zaman aralıklarına bölünmesiyle bulunabilir. Segment sınırlarına otomatik olarak yerleştirilen ilgi alanları sayesinde, istenilen segmentin deformasyonu ve böylece strain değeri hesaplanabilir. Bu yöntem açı bağımlı değildir ve aynı uzun eksen görüntüde hem longitudinal hareketi hem de transvers hareketi gösterebilir. Ancak bu yöntem kullanılırken bazı teknik ayrıntılara dikkat edilmelidir. Yöntemin lateral rezolüsyonu düşüktür ve kare hızı arttıkça bu durum belirginleşir. Lateral çözünürlüğü arttırmak için düşük frame hızı kullanıldığında ise özellikle yüksek kalp hızlarında ilgi alanlarının takibi zordur. Bu nedenle, teknik günümüzde en iyi 50-70 kare/sn hızlarında kullanılabilmektedir.Ancak bu da tekniğin temporal rezolüsyonunu kısıtlamaktadır. Bir ilgi alanı doğru takip

edilemediğinde o segmentin strain ve SR değerleri olduğundan düşük ölçülürken doğru takip edilen komşu segmentte ise olduğundan yüksek bulunur (48-50).

2.3.7. Ölçüm Tekniği

Strain ve SR ölçümlerinde hastanın hereketsiz olduğu, ekspiryum sonunda ve en az 3 siklusu içeren görüntülerin alınması gereklidir. Optimal srain ve SR ölçümleri için miyokardiyal duvarların açık olarak belirlenmesi, miyokard ve çevre yapıların ayırt edilmesi gereklidir. Transduser ekseni ile hedef miyokard duvarı parelel olmalıdır.

Elde edilen miyokardiyal velosite ve deformasyon eğrileri değişik frame rate'lerde farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle strain ve SR kayıtlarının en yüksek frame rate değerlerinde alınması gereklidir. Ölçümlerde tavsiye edilen minimum frame rate, 70 frame/sn olup, sıklıkla 200 frame/sn kullanılmaktadır. Doku derinliğinin ve sektör açısının azaltılması frame rate'nin arttırılmasına olanak sağlar. Görüntü sektörü ölçüm yapılacak miyokard segmentini içerecek kadar görüntü penceresi daraltılmalıdır. Örneklem genişliğinin arttrılması sinyal/gürültü oranını arttırır ve çözünürlüğü azaltır. Strain ekokardiyografinin önemli bir dezavantajı ultrason dalgaları ile incelenen miyokard alanları arasındaki açıdır. Bu nedenle, açı 10-20°arasında tutulmalı ve 25°'yi aşmamalıdır. Açı 25° ve üzerinde olduğunda strain ve SR pik değerlerinde % 50 'lere varan azalmalar olmaktadır. Açı ile ilişkili hataları azaltmak için, görüntü image sektörün merkezine alınarak, ölçüm yapılacak seçilmiş duvar segmentini içeren duruş pozisyonu ve açıya göre transduser paralel olacak şekilde düzenlenmelidir (42-50). (Şekil-6)



Şekil 6. Sol ventriküler strain ölçümünün gösterilmesi

Strain kayıtlarının alınması ve ölçüm yapılması geleneksel ekokardiyografik incelemelere göre daha fazla zaman almaktadır. Teknik olarak eş zamanlı ölçüm yapılamamaktadır. Bu nedenle, görüntüler optimize edilir ve digital ortamda (cineloop formatında) depolanır.

Strain ve SR ile elde edilen dalga formları DDE'de elde edilen dalga formlarına benzerlik gösterir. Strain eğrilerinde pik sistolik strain oluşan ana dalgadır ve değerlendirmede bu dalga incelenir. Diyastolik dalgalar ise ihmal edilir. Strain rate için ise sistolik ve diyastolik dalgalar negatif ve pozitif değer alabilirler (51,52).

2.3.8. Strain ve Strain Rate Görüntülemenin Klinik Kullanım Alanları

Son dönemlerde, doku Doppler ve S görüntüleme teknikleri yararlı özellikleri nedeniyle konjenital kalp hastalıklarında ventriküler fonksiyonların belirlenmesi için ilgi odağı olmuştur. Miyokardiyal S görüntüleme günümüzde klinik çalışmalarda giderek artan bir sıklıkta kullanılmaya başlamıştır.S ve SR ile ilgili günümüzde erişkinlerde yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. SR tekniği temelde bölgesel işlev bozuklunu görüntüleme ile ilgiliolduğundan erişkinlerdeki başlıca kullanım alanı iskemik kalp hastalığıdır. Garot ve arkadaşları akut miyokard enfarktüslü segmentlerin kısa eksen SR değerlerinin kontrol segmentlere göre belirgin olarak azaldığını göstermişlerdir (53). Kukulski ve arkadaşları koroner iskemi sırasında hem uzun segment hem de transmural pik sistolik miyokardiyal hız, S ve SR değerlerinin belirgin şekilde azaldığını bildirmişlerdir (54) .S ve SR görüntüleme teknikleri kardiyak resenkronizasyon tedavisinin yönlendirilmesinde, miyokard hastalıklarının değerlendirmesinde de önemli bilgiler sağlamaktadır (55,56).

Bu tekniğin amiloidozis, diyabetik kalp hastalığı gibi hastalıklardaki kardiyak tutulumun gösterilmesinde ve hipertansiyona sekonder hipertrofi ile kardiyomiyopati ayrımında (57-59) oldukça faydalı olduğu gösterilmiştir.Ağır aort stenozu olan 8 hastada perkutan aort kapak replasmanından 24 saat sonra sonra sol ventrikül sistolik fonksiyonlarında belirgin düzelme ve bölgesel ve global S ve SR değerlerinde artış olduğu bildirilmiştir (60).Yuda ve arkadaşlarının yaptığı klinik çalışmada S ve SR görüntülemenin normal ve hipertansif hastalarla ve diastolik disfonksiyonu olan ve olmayan hipertansif hastaların ayırıcı tanısında yol gösterici olduğu öne sürülmüştür (61). Bir başka çalışmada diyastolik disfonksiyonda pik SR'nin azaldığı gösterilmiştir (62).Hipertrofik kardiyomiyopatili hastalarda velosite, S ve SR indeksleri ilgili çalışmalar da yayımlanmıştır. Hipertrofik kardiyomiyopatili hastalarda erken diyastolik SR'nin azaldığı ve bunun global diyastolik disfonksiyon ile korele olduğu bildirilmiştir (63).S ve SR gibi yöntemler ventriküler geometriden bağımsız olmaları nedeniyle farklı morfolojideki venttriküllerin değerlendirilmesi için faydalıdır (64).

S ve SR ile ilgili erişkinlerde çok sayıda çalışma yapılmış olmasına karşın

çocuklarda yapılan çalışmalar azdır. Çocuklarda farklı yaş gruplarındaki normal değerler ile ilgili çalışmalar yayınlanmıştır. Ancak yaş gruplarına göre normal dağılım ile ilgili veriler kısıtlıdır (64-66).

2.3.9. Doku Doppler Görüntüleme ile Sistolik Fonksiyonların Değerlendirilmesi

Doku Doppler görüntüleme hem global hem bölgesel sistolik fonksiyonların değerlendirilmesinde kullanılabilir.46 Ventriküler bazal bölgelerin apekse doğru yerdeğiştirmesi normal sistolik fonksiyonun bir özelliğidir. Mitral anülüsün yer değiştirme mesafesi M-Mod ekokardiyografi ile kantifiye edilebilir. Mitral anüler yer değiştirme hızı da sol ventrikül sistolik fonksiyonu yansıtan diğer bir parametre olup doku Doppler ile ölçülen mitral anüler yerdeğişim hızı (MADV) bunu doğrular. Global sol ventrikül sistolik fonksiyon değerlendirmesi birçok segmentten ölçüm yapılıp ortalamasının alınması ile yapılır. Uzun eksen ölçümlerle sadece longitudinal hareket değerlendirildiği için bu ölçümlerin global sistolik fonksiyonu tam olarak yansıttığı söylenemez. Bölgesel sistolik fonksiyon analizinde örnek volüm endokard ve epikard sınırlarından eşit uzaklığa konur. Renkli 2-D doku Doppler görüntüleme de bölgesel sistolik fonksiyonlar hakkında bilgi verir. Akinetik alanlar, düşük hızı gösteren koyu renkli izlenirken, diskinetik alanlar normal dokunun zıt renginde görülür. Fakat miyokard segmenti komşu segment hareketlerinden etkileneceği için akinetik bir segment komşu hiperkinetik dokuya bağlı olarak normal gözükebilir.

3. METOD

3.1. Çalışma Tasarımı

Bu tez çalışması, retrospektif olarak Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul onayı ve katılan hastalardan aydınlatılmış onam formları alındıktan sonra, 01 Ekim 2015 – 01 Mart 2016 tarihleri arasında, Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesinde SAP ve NSTEMI tanısıyla koroner anjiyografi yapılması planlanan çalışmaya alınma ve dışlanma kriterlerine uygun, toplam 62 hasta üzerinde yapılmıştır.

Çalışmaya alınma kriterleri:

18 yaş üzeri SAP ve NSTEMI tanısıyla ekokardiyografi yapılması planlanan ve çalışmaya alınmayı kabul eden hastalar çalışmaya alınmıştır.

Atrial fibrilasyonu olan hastalar, kötü ekojenitisi olan hastalar çalışma dışı bırakılmıştır.

3.2. Tanımlamalar

Çalışmaya alınan tüm hastalarda yaş, cinsiyet, hipertansiyon, diyabet, hiperlipidemi, sigara kullanımı, aile öyküsü gibi klinik risk faktörleri kaydedilmiştir. Ayrıca tüm hastaların işlem öncesi kan basınçları, kalp hızları, Killip sınıfları, eski kullandığı ilaçları, kaydedilip serum kreatinin, kan glukozu, lipid düzeyleri ve hematolojik indeksleri ölçüldü. Hematolojik indeksler (hemoglobin, beyaz küre sayısı, platelet sayısı), Coulter LH 780 Hematology Analyzer (Beckman Coulter Ireland Inc., Mervue, Galway, Ireland) adlı cihazda alınan kayıtlardan ölçüldü. Başvuru sonrası en az iki kere alınan ölçümlerde sistolik kan basıncı 140mmHg üzerinde ve/veya diyastolik kan basıncı 90 mmHg üzerinde olan ve/veya daha önceden hipertansiyon (HT) tanısı alıp antihipertansif ilaç kullanan hastalar hipertansif hasta olarak kabul edildi. En az iki kez ölçülen açlık kan glukozu 126 mg/dL üzerinde veya oral antidiyabetik / insülin kullanan hastalar diyabetik hasta

olarak kabul edildi. Halen sigara içenler ve/veya son 1 ay öncesine kadar en az 1 paket / yıl sigara içenler sigara öyküsü olan hasta olarak kabul edildi.

3.3. Ekokardiyografik Değerlendirme

Ekokardiyografik değerlendirme çalışma verilerinden habersiz iki deneyimli kardiyolog tarafında yapıldı. Ölçümler sol lateral yatar pozisyonda standart prekordiyal pozisyonlardan Vivid 7 GE ekokardiyografi cihazı ile Amerikan Ekokardiyografi Derneğinin önerilerine göre yapıldı

Tüm olgulara, 2B (iki boyutlu), PW Doppler, renkli akım Doppler ve M-mod ekokardiyografiden oluşan standart ekokardiyografik değerlendirme yapıldı. Görsel EF değerlendirmesi apikal dört, iki boşluk, parasternal uzun aks ve kısa aks görüntüler en az üç siklus boyunca değerlendirilerek hesaplandı. Parasternal uzun eksen pozisyonunda M-mod ekokardiyografide (mitral kapak düzeyinde ventrikül uzun aksına dik olarak) sol ventrikül diyastol sonu çapı, sol ventrikül sistol sonu çapı, interventriküler septum kalınlığı ve parasternal uzun aks görüntülerde posterior duvar kalınlığı ölçüldü. Bu değerlerden Teicholtz yöntemi kullanılarak ejeksiyon fraksiyonu hesaplandı (*EF (Teichholz) = (SV Diastolik Çap) -(*SV Sistolik Çap) / *(SV Diastolik Çap)).* Epikardiyal sınırlar apikal 4 ve 2 odacık görüntülerden diyastol ve sistol sonunda çizildi. Diyastol ve sistol sonu hacimleri, ejeksiyon fraksiyonu modifiye Simpson metoduna göre hesaplandı (*EF (Simpson)* = (SV Diastolik Volüm) -(SV Sistolik Volüm) / (SV Diastolik Volüm))

SVGS ve SVGSr görüntüleme için hastalar sırtüstü yatar pozisyonda iken, normal ritim sağlandıktan sonra düzgün elektrokardiyografi sinyalleri eşliğinde, 7,5-10 MHz transduser ile doku hız görüntüleme modunda sol ventrikül için apikal 4 boşluk, 2 boşluk, 3 boşluk pozisyonlarında longitudinal ve parasternal kısa eksende sirkumferansiyel strain ve SVGSr ölçümleri için görüntü kayıtları,apikal 2, 3 ve 4 boşluk ve parasternal kısa eksen görüntülerden 2B görüntü kayıtları (video klip) her birinde 3 kardiyak siklusu içerecek şekilde ve 50-75 kare/sn hızında olmak üzere alınarak bilgisayar ortamında analiz için depolandı. Her bir görüntü için görüntü açısı daraltılarak görüntü kalıtesi arttırıldı. Vivid 7 GE cihazında depolanan video

kliplerin off-line analizi WindowsTM temelli bilgisayar çalışma alanı'na yüklü, EchopackTM software (GE, USA) ile yapıldı. Endokardiyal sınır aynı uygulayıcı tarafından tek kare üzerinde birbirini izleyen noktalar üzerinden belirlendi. Herbir hasta için endokardiyal sınırın en iyi izlendiği klip seçilerek değerlendirildi: Başlama karesi endokardiyal sınır daha iyi belirdiğinden şart olmamakla birlikte genellikle diyastol sonunda seçildi. Sol ventrikül için apikal 4 boşluk görüntülemede mitral anülüsün septal tarafından başlanarak işaretleme yapıldı ve her segment için 3 nokta işaretlendi. Apikal 2 boşluk görüntü noktaları inferiyor duvar seviyesindeki mitral anulüsten başlanarak işaretlendi. SVGS apikal 4, 3, 2 boşluk görüntülerdeki strain ölçümlerinin toplamıyla elde edildi.

3.4. İstatisksel Analiz

Normal dağılan değişkenler ortalama ve standart sapma ile,normal dağılmayan değişkenler ortanca ile ifade gösterildi.Kategorik değişkenler yüzdelik olarak ifade edildi. İstatistiksel analizler SPSS yazılım programının "Windows" için 22. Sürümü (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) ve MedCalc yazılım programının "Windows" için 16. Sürümü (MedCalc Software, Ostend, Belgium) kullanılarak yapıldı. Devamlılık gösteren değişkenler ortalama±standart sapma olarak ifade edildi. Bütün p değerleri "iki yönlü" olup $p < 0,05$ önemlilik düzeyi olarak belirlendi. Grupların normal dağılım gösterdikleri "Kolmogorov-Smirnov testi" ile doğrulandı. Devamlı değişkenlerin karşılaştırılmasında "Student T testi" ve uygun durumda "Man whitney U testi"kullanıldı. Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında "X^2" testi kullanıldı. Gruplar arasındaki korelasyon ise "Pearson korelasyon" katsayısı belirlenerek saptandı. Korelasyon değerleri r değeri ile gösterildi. Ayrıca her üç yöntem ile hesaplanan sayısal parametreler arasındaki uyum ve güven aralıkları "Bland-Altman analizi" ile değerlendirildi. Median değere göre strain değerleri iki gruba ayrılarak EF yöntemleri için "ROC Curve analizi" yapıldı. ROC Curve eğrileri karşılaştırılarak hangi yöntemin strain değerlerini en iyi öngörebildiği araştırıldı.

4. BULGULAR

Çalışmaya alınma ve dışlanma kriterlerine uygun olarak toplam 62 hasta alınmıştır (yaş ortalaması 61.0±12.6 yıl, %56'sı erkek). Hastaların temel klinik, biyokimyasal ve ekokardiyografik özellikleri tablo-1 de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmaya alınan hastaların bazal demografik biyokimyasal ve ekokardiyografik özellikleri

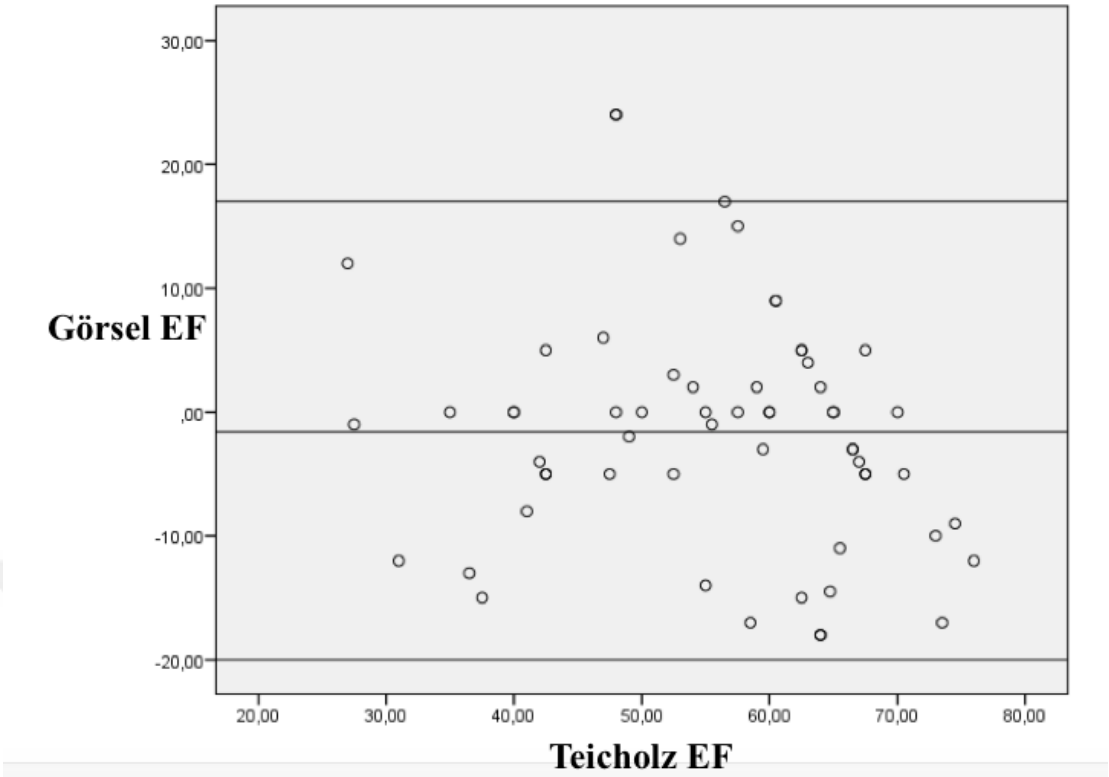
Değişkenler		**N**
Tanı (sap)		73,3
Yaş (yıl)		62,7±10,7
Cins (erkek%)		75,4
Fonksiyonel kapasite	1	55
	2	35
	3	10
Kilo		75,3±12,5
Boy		166±7,9
KAH		48,4
DM (%)		19,7
HT (%)		63,9
HL (%)		32,8
Sigara (%)		36,1
Glukoz		117±48,4
Cr		0,91±0,27
Ua		5,32±1,7
HGB		14,5±2,13
HDL		40,8±9,49
LDL		125±36,9
TG		180±148
TSH		2,14±3,85
T3		3,03±0,67
T4		1,07±0,49
Albumin		4,09±0,41
Kalp Hızı		72,9±12,3
Septum Kalınlığı		1,14±0,13
Posterior Duvar Kalınlığı		1,07±0,108
Edd		4,88±0,64
Esd		3,33±0,84
Görsel EF		54,48±11,83
Teicholz EF		56,34±13,8
Simpson EF		53,1±14,4
LVGS		19,71±5,46

Tablo 1. (devam)

Değişkenler	**N**
Tapse	1,96±0,43
Mapse	1,33±0,221
La area	16,33±4,33
E	0,61±0,159
A	0,77±0,21
Dec time	235,8±78,9
Ejec time	270,2±38,4
Rotasyon	10,5±7,3
Twist	14,8±8,02
Lenght	8,1±1,8

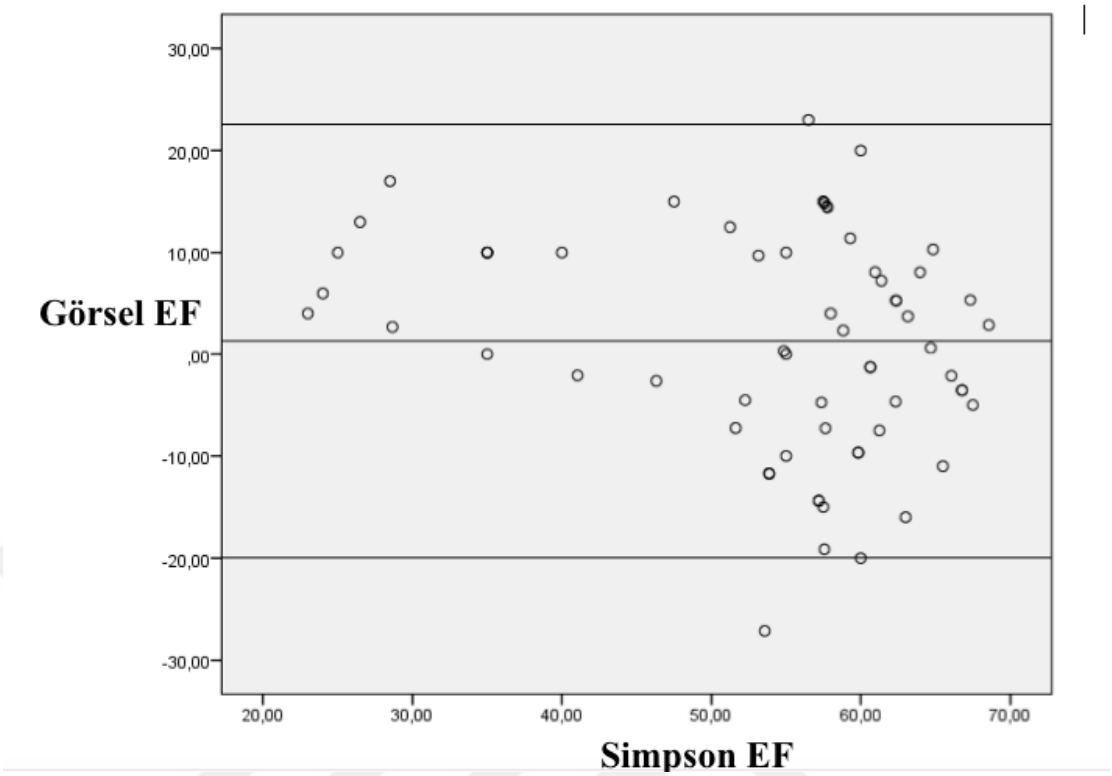
EF ölçümlerinin SVGS ölçümleri ile korelasyonları incelendiğinde, Görsel EF ölçümleri ile SVGS parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu ($p<0,001$) ve orta düzeyde korelasyon gösterdiği ($r=0,44$), Teicholz EF ölçümleri ile SVGS parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu ($p<0,001$) ve orta derecede korelasyon gösterdiği ($r=0,287$), Simpson EF ölçümleri ile SVGS parametreleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu ($p<0,001$) ve iyi düzeyde korelasyon gösterdiği saptanmıştır ($r=0,710$)

Görsel ve Teicholz metodu ile hesaplanan EF ölçümleri arasındaki uyum Bland Altman analizi ile incelendiğinde; iki yöntem arasındaki farkın ortalaması ve standart sapması (-1,6±9,5) olarak hesaplanmış olup, sistematik bias olmadığı izlenmiştir ($p=0,19$). Ortalama farkın alt ve üst uyum sınırlarının 17,02-20,23 olduğu ve dolayısıyla aradaki uyumun zayıf olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Görsel ve Teicholz EF için Bland-Altman eğrisi şekil-7'de sunulmuştur. Bu şekile göre Görsel ve Teicholz metodu ile hesaplanan EF değerleri arasındaki uyum iyi olmayıp EF hesaplamak için birbirlerinin yerine kullanılmasının pek uygun olmadığı değerlendirilmiştir.



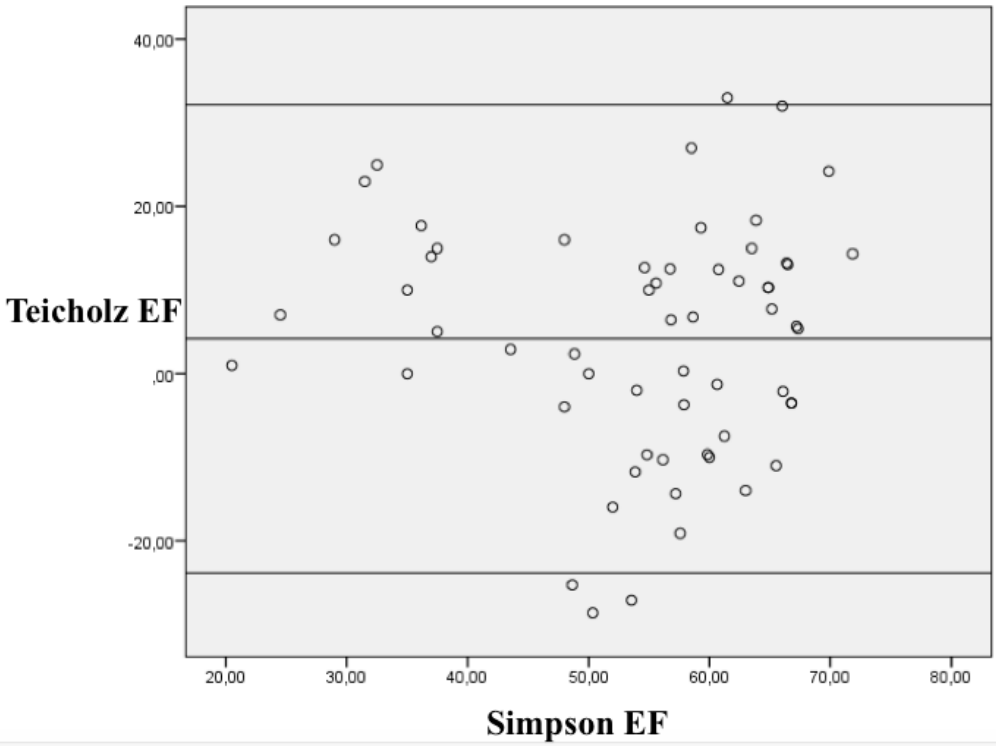
Şekil 7. Görsel ve Teicholz metodu ile hesaplanan EF ölçümleri arasındaki uyumun Bland Altman analiz grafiği

Görsel ve Simpson metodu ile hesaplanan EF ölçümleri arasındaki uyum Bland Altman analizi ile incelendiğinde; iki yöntem arasındaki farkın ortalaması ve standart sapması (1,31±10,85) olarak hesaplanmış olup, sistematik bias olmadığı izlenmiştir (p=0,336). Ortalama farkın alt ve üst uyum sınırlarının -19,5-22,5 olduğu ve dolayısıyla aradaki uyumun zayıf olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Görsel ve Simpson EF için Bland-Altman eğrisi şekil-8'de sunulmuştur. Bu şekile göre Görsel ve Simpson metodu ile hesaplanan EF değerleri arasındaki uyum iyi olmayıp EF hesaplamak için birbirlerinin yerine kullanılmasının pek uygun olmadığı değerlendirilmiştir.



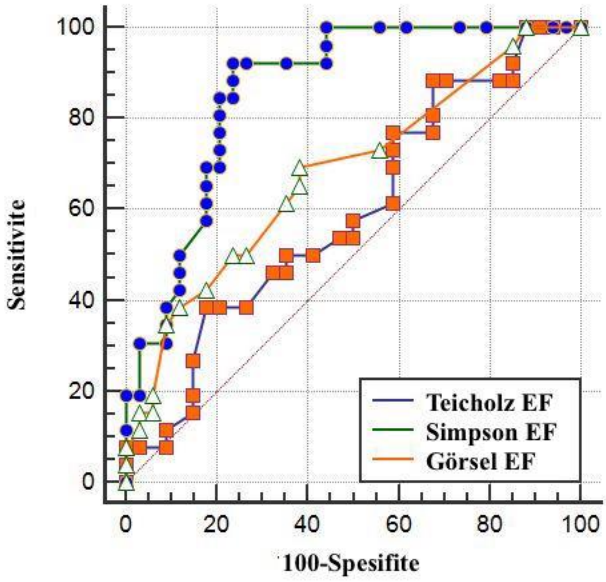
Şekil 8. Görsel ve Simpson metodu ile hesaplanan EF ölçümleri arasındaki uyumun Bland Altman analiz grafiği

Simpson ve Teicholz metodu ile hesaplanan EF ölçümleri arasındaki uyum Bland Altman analizi ile incelendiğinde; iki yöntem arasındaki farkın ortalaması ve standart sapması 4,17±14 olarak hesaplanmış olup, sistematik taraf tutma olmadığı izlenmiştir (p=0,2). Ortalama farkın alt ve üst uyum sınırlarının -23,8-28 olduğu ve dolayısıyla aradaki uyumun zayıf olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Simpson ve Teicholz EF için Bland-Altman eğrisi şekil-9'de sunulmuştur. Bu şekile göre Simpson ve Teicholz metodu ile hesaplanan EF değerleri arasındaki uyum iyi olmayıp EF hesaplamak için birbirlerinin yerine kullanılmasının pek uygun olmadığı değerlendirilmiştir.



Şekil 9. Simpson ve Teicholz metodu ile hesaplanan EF ölçümleri arasındaki uyumun Bland Altman analiz grafiği

Median değere göre strain değerleri iki gruba ayrılarak EF yöntemleri için ROC Curve analizi yapıldı (Şekil-10).



Şekil 10. Strain grubuna göre EF ölçüm metodlarının ROC Curve eğrileri

Global strain değeri median 19 değerine göre kategorize edildiğinde, farklı EF yöntemleri için uygulanan ROC Curve analizinde sırayla Görsel Teicholz ve Simpson için AUC değerleri ve güven aralıkları tablo-2 de özetlenmiştir.

Tablo 2. Çalışmaya alınana hastaların strain grubuna göre EF ölçüm yöntemlerine göre ROC Curve analizi

Değişkenler	Area (95 % CI)	Sensitivite	Spesifite
Görsel EF	0,68 (0,54-0,81)	64	62
Teicholz EF	0,59 (0,45-0,74)	58	50
Simpson EF	0,86 (0,76-0,95)	88	57

ROC Curve'lerin karşılaştırılması neticesinde Görsel ve Teicholz arasında fark yokken Simpson diğer iki yönteme göre daha iyi prediktivite sağlamaktaydı (Tablo-3).

Tablo 3. Strain grubuna göre EF ölçüm metodları arasındaki ROC Curve değerlerinin karşılaştırılması

Değişkenler	P değeri
Görsel EF-Teicholz EF	0,139
Teicholz EF-Simpson EF	0,0003
Simpson EF-Görsel EF	0,0063

5. TARTIŞMA

Biz çalışmamızda farklı yöntemlerle ölçülen EF değerleri ile LVGS değerlerinin karşılaştırdık. SVGS Görsel EF ve Teicholz arasında orta derece, Simpson EF ile iyi derece korelasyon saptadık. Bilgimize göre bu farklı EF ölçüm metotları ile SVGS değerlerini karşılaştıran ilk çalışmadır.

Kardiyak boşluk, ventriküler kas kitlesi ve ventriküler fonksiyon hesaplanması ekokardiografik olarak klinisyenler tarafından en çok istenen parametrelerin başında gelir ve ASE tarafından çeşitli standardizasyonlar tanımlanmış ve klinik pratiğe sunulmuştur. Son 10 yıl içerisinde ekokardiyografik teknik ve yöntemler hızlıca gelişmiş ve klinik kullanıma girmiştir. Görüntü kalitesinin artmasını sağlayan yüksek frekanslı transducer kullanımı, harmonik görüntüleme imkanları, dijital çalışma alanı ve kontrast madde kullanımı bu yöntemlerin artışındaki önemli gelişmelerdir (1-3).

Ekokardiyografi kardiyak değerlendirmede gold standart teknik olarak kullanıma girmiş olmasına rağmen ekokardiyografik değerlendirmelerde standardizasyon diğer tekniklere göre daha düşüktür bu durumu aşmak için farklı ölçüm teknikleri klinik kullanıma sunulmuştur (1-3,68,69).

Bu teknikler içerisinde en sık olarak kullanılan ise EF ölçümüdür. EF geleneksel olarak kardiyovasküler hastalıkların tahmininde ve değerlendirilmesinde en sık kullanılan yöntemdir ve yapılan çalışmalarda kardiyovasküler olayları tahmin etme ve kötü sonlanım ile ilişkileri gösterilmiştir. Ayrıca diğer kardiyovasküler hastalık durumlarıyla da ilişkileri gösterilmiştir (2,70).

Miyokardiyal fonksiyon değerlendirilmesi geleneksel olarak görsel duvar hareket değerlendirilmesine yada Teichholz formülü ile yapılan M mode ölçümü yada disk yöntemi esasına dayanan modifiye Simpson yöntemi ile yapılır (70,71).

Gudmundssion ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Görsel EF ölçümü diğer EF ölçüm metodları ile iyi korelasyon gösterdiği ve bu yöntemin daha hızlı olduğu için avantajlı olduğu gösterilmiştir (72).

M mode ekokardiyogarfi ile Simpson EF radyonüklid ventrikülografi ile karşılaşıtırlmış M mode ekokardiyografi de olduğundan fazla tahmin etme % 10 diğer gruba göre fazla bulunmuştur. Başka bir çalışmada ise duvar hareket kusuru olmadığı zaman radyonüklid ventrikülografi ile iyi korelasyon gösterdiği saptanmıştır. Bizim çalışmamızda da M mod yöntemi en kötü korelasyona sahipti ve olduğundan fazla tahmin etme daha fazlaydı (70-76).

Başka bir çalışmada ise Görsel EF ile Simpson EF radyonüklid ventrikülografi ile karşılaştırılmış ve Görsel EF daha iyi korelasyon gösterdiği ekojenitenin kötü olduğu durumlarda ventrikül duvar sınırılarının seçilemediği durumlarda Simpson EF değeri yanlış hesaplanacağı sonucuna varılmıştır.Analizde Simpson metodu Görsel EF ölçümüne göre radyonüklid ventrikülografi ile daha iyi korelasyon göstermesine rağmen görüntü kalitesi ve ventrikül ölçümleri bazı hastalarda yapılmamış olması simspon metodunun dezavantajı olarak göstermektedirler. Bu bağlamda yapılan çalışmalarda bu yöntemlerin kendileriyle olan karşılaştırılmalı çalışmalarda Simpson metodunun diğer kardiyak belirteçler ve ölçüm yöntemleriyle en iyi korelasyon gösterdiği söylenebilir (69,70,77-80).

Ancak şu bilinmelidir ki segmenter duvar hareket değerlendirilmesi hangi yöntemi kullanılırsa kullanılsın, zor, tecrübe gerektiren ve gözlemsel değişkenliği yüksek olan bir durumdur ve bu değerlendirme sadece miyokardın radiyal deformasyonu hakkında bilgi verir. Ancak miyokardın hareketinin 3 kısmının olduğu bilinmektedir ve miyokard sistol sırasında kalınlaşma kısalma ve dönme haraketi yapar.Bunların her birinin ayrı ayrı miyokardın fonksiyonlarına katkısı vardır (2,81).

SVGS ekokardiyografi (SE) SV fonksiyonlarını değerlendirilmesinde yeni kullanıma girmiş bir parametredir SV fonksiyonlarını değerlendirmede hızlı ve doğru tanı koyma başlıca avantajlarıdır ve gözlemsel değişkenliği düşüktür. yüksek tekrarlanabilirlik, açıdan bağımsız olması ve otomatik tracking sistemi sayesinde klinik kullanımının yaygınlaşabileceği tahmin edilmektedir (82).

SE miyokardial disfonskiyonun sensitif bir göstergesidir. Bunlar arasında iskemi, hipertrofi, infiltrasyon, hipoksi, kardiyotoksik ilaç kullanımı, myokardiyal

rejeksiyon ciddi sistemik hastalık sayılabilir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda bilinen yada şüpheli koroner arter hastalığı olanlar yada kalp yetersizliği olan hastalar aort ve/veya mitral yetersizlikli hastalar, herhangi bir tür kardiyomyopatisi olan hastalar, diyabet, kemoterapi yada kardiyak transplant hastaları ile SVGS ekokardiyografi parametreleri arasında anlamlı ilişki saptanmış; tanı, klinik progresyon yada ileri olay tahmininde kullanılabileceği gösterilmiştir (82,83).

Tüm bu bilgiler ışığında SE in transtorasik ekokardiyografi de önemli bir metot haline gelmesi şüphesiz kaçınılmaz olacaktır çünkü duvar hareket değerlendirilmesi çok sübjektif bir kavramdır ve bundan dolayı EF ölçümü ve değerlendirilmesi bir çok sınırlılık içerir ve yüksek gözlemsel değişkenlik gösterir. Diğer taraftan SVGS direkt hipertrofi göstergesidir yada diğer bir çok parametreden etkilenmez daha az gözlemciler arasında değişkenlik gösterir. üstelik diğer kardiyak yapı ve boşlukların da eş zamanlı değerlendirilmesine olanak vererek tüm kalp yapı ve fonksiyonları hakkında bilgi vererek olaya bir bütün halinde yaklaşmamızı sağlayabilir.

Post MI hastalarında SV fonksiyonları değerlendirilmesinde SVGS ve SVGSr nin yüksek sensitiviteye ve spesifiteye sahip olduğu gösterilmiştir. Yine Suffoletto ve arkadaşlarının yapıtığı 64 kalp yetersizlikli hastalarda disenkroni ilişkisi araştırılmış resenkronizasyona cevap verme arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Fehske ve arkadaşları SVGS tekniği ile koroner anjiyografi ile doğrulanan koroner anatomiyle yakın bir korelasyon saptamışlardır. Son olarak da Serri ve arkadaşların yaptığı çalışmada hipertrofik kardiyomyopati hastalarında erken sistolik disfonskiyon ile SVGS parametreleri arasında anlamlı ilişki saptanmıştır (2,80-84).

Sonuç olarak kardiyovasküler hastalıkların prognozu EF ölçümüne dayanan sistolik fonskiyonla direk ilişkilidir ancak yapılan birçok çalışmada myokardiyal deformasyon ölçümüne dayanan SVGS parametresi kardiyovasküler olay tahmini ve mortalite açısından SVGS EF den üstün olduğu gösterilmiştir. Bizim çalışmamızda SVGS ile en iyi korelasyona modifiye Simpson metodu sahipti ve bu da literatür ile uyumlu idi bilgimize göre bu 3 yöntemin SVGS ile karşılaştırmalı ilk çalışmasıdır ve ileriki çalışmalara yol gösterici olabilir.

6. SONUÇ

EF ölçümü klinik pratikte en çok üzerinde durulan ve güncel klavuzların da önerdiği bir yaklaşımdır. Ancak yapılan çalışmalarda SVGS parametreleri EF ölçümüne göre tanı, evreleme, klinik takip ve prognoz hakkında daha iyi bilgi verir. Ve yakın gelecekte bu parametrelerin kılavuzlara girmesi beklenmektedir. Biz ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi gereken hastalarda SVGS parametresinin yanında EF ölçümü için modifiye Simpson metodu kullanılmasını önermekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Oh JK, Seward JB, Tajik AJ. How to obtain a good echocardiography examination: ultrasound physics, technique, and medical knowledge. In: Oh JK, Seward JB, Tajik AJ, eds. The echo manuel: Lippincott Williams Wilkins, 2006: 1-6.

2. Feigenbaum H. History of echocardiography. In: Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T, eds. Feigenbaum's echocardiography. 6th ed: Lippincott Williams Wilkins, 2005: 1-11.

3. Oh JK, Seward JB, Tajik AJ. Transthoracic echocardiography: M-mode, two-dimensional, and three-dimensional. In: Oh JK, Seward JB, Tajik AJ, eds. The echo manuel: Lippincott Williams Wilkins, 2006: 7-28.

4. Oh JK, Seward JB, Tajik AJ. Doppler echocardiography and color flow imaging: comprehensive noninvasive hemodynamic assessment. In: Oh JK, Seward JB, Tajik AJ, eds. The echo manuel: Lippincott Williams Wilkins, 2006: 59-98.

5. Oh JK, Seward JB, Tajik AJ. Assessment of systolic function and quantification of cardiac chambers. In: Oh JK, Seward JB, Tajik AJ, eds. The echo manuel: Lippincott Williams Wilkins, 2006: 109-19.

6. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. J Am Soc Echocardiogr. 2005; 18: 1440-63.

7. Schiller NB, Acquatella H, Ports TA, Drew D, Goerke J, et al. Left ventricular volume from paired biplane two-dimensional echocardiography. Circulation. 1979; 60: 547-55.

8. Feigenbaum H. Evaluation of sistolic and diastolic function of the left ventricle. In: Feigenbaum H, Armstrong WF, Ryan T, eds. Feigenbaum's echocardiography. 6th ed: Lippincott Williams Wilkins, 2005: 1-11.

9. Sutherland GR, Stewart MJ, Groundstroem KW, Moran CM, Fleming A, et al. Color Doppler myocardial imaging: a new technique for the assessment of myocardial function. J Am Soc Echocardiogr. 1994; 7: 441-58.

10. Gondi S, Dokainish H. Right ventricular tissue Doppler and strain imaging: ready for clinical use? Echocardiography. 2007; 24: 522-32.

11. Oh JK, Seward JB, Tajik AJ. Assessment of diastolic function and diastolic heart failure. In: Oh JK, Seward JB, Tajik AJ, eds. The echo manuel: Lippincott Williams Wilkins, 2006: 121-42.

12. Eidem BW, McMahon CJ, Cohen RR, Wu J, Finkelshteyn I, et al. Impact of cardiac growth on Doppler tissue imaging velocities: a study in healthy children. J Am Soc Echocardiogr. 2004; 17: 212-21.

13. Tei C, Ling LH, Hodge DO, Bailey KR, Oh JK, et al. New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: a simple and reproducible measure of cardiac function--a study in normals and dilated cardiomyopathy. J Cardiol. 1995; 26: 357-66.

14. Cahill JM, Horan M, Quigley P, Maurer B, McDonald K. Doppler-echocardiographic indices of diastolic function in heart failure admissions with preserved left ventricular systolic function. Eur J Heart Fail. 2002; 4: 473-8.

15. Isaaz K, Thompson A, Ethevenot G, Cloez JL, Brembilla B, Pernot C. Doppler echocardiographic measurement of low velocity motion of the left ventricular posterior wall. Am J Cardiol. 1989; 64: 66-75.

16. Vinereanu D, Ionescu AA, Fraser AG. Assessment of left ventricular long axis contraction can detect early myocardial dysfunction in asymptomatic patients with severe aortic regurgitation. Heart. 2001; 85: 30-6.

17. Derumeaux G, Ovize M, Loufoua J, Andre-Fouet X, Minaire Y, et al. Doppler tissue imaging quantitates regional wall motion during myocardial ischemia and reperfusion. Circulation. 1998; 97: 1970-7.

18. Dragulescu A, Mertens LL. Developments in echocardiographic techniques for the evaluation of ventricular function in children. Arch Cardiovasc Dis. 2010; 103: 603-14.

19. Edvardsen T, Gerber BL, Garot J, Bluemke DA, Lima JA, et al. Quantitative assessment of intrinsic regional myocardial deformation by Doppler strain rate echocardiography in humans: validation against three-dimensional tagged magnetic resonance imaging. Circulation. 2002; 106: 50-6.

20. Negrine RJ, Chikermane A, Wright JG, Ewer AK. Assessment of myocardial function in neonates using tissue Doppler imaging. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2010; 30.

21. Kowalski M, Kukulski T, Jamal F, D'Hooge J, Weidemann F, et al. Can natural strain and strain rate quantify regional myocardial deformation? A study in healthy subjects. Ultrasound Med Biol. 2001; 27: 1087-97.

22. Weidemann F, Herrmann S, Stork S, Niemann M, Frantz S, et al. Impact of myocardial fibrosis in patients with symptomatic severe aortic stenosis. Circulation. 2009; 120: 577-84.

23. Powell BD, Espinosa RE, Yu CM, Oh JK. Tissue Doppler imaging, strain imaging, and dyssynchrony assessment. In: Oh JK, Seward JB, Tajik AJ, eds. The echo manuel: Lippincott Williams Wilkins, 2006: 81-99.

24. Ekici F, Atalay S, Ozcelik N, Ucar T, Yilmaz E, et al. Myocardial tissue velocities in neonates. Echocardiography. 2007; 24: 61-7.

25. Weidemann F, Eyskens B, Sutherland GR. New ultrasound methods to quantify regional myocardial function in children with heart disease. Pediatr Cardiol. 2002; 23: 292-306.

26. Weidemann F, Jamal F, Sutherland GR, Claus P, Kowalski M, et al. Myocardial function defined by strain rate and strain during alterations in inotropic states and heart rate. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2002; 283: H792-9.

27. Boettler P, Hartmann M, Watzl K, Maroula E, Schulte-Moenting J, et al. Heart rate effects on strain and strain rate in healthy children. J Am Soc Echocardiogr. 2005; 18: 1121-30.

28. Rychik J, Tian ZY. Quantitative assessment of myocardial tissue velocities in normal children with Doppler tissue imaging. Am J Cardiol. 1996; 77: 1254-7.

29. Eidem BW, McMahon CJ, Cohen RR, Wu J, Finkelshteyn I, et al. Impact of cardiac growth on Doppler tissue imaging velocities: a study in healthy children. J Am Soc Echocardiogr. 2004; 17: 212-21.

30. Palka P, Lange A, Fleming AD, Fenn LN, Bouki KP, et al. Age-related transmural peak mean velocities and peak velocity gradients by Doppler myocardial imaging in normal subjects. Eur Heart J. 1996; 17: 940-50.

31. Eidem BW, McMahon CJ, Ayres NA, Kovalchin JP, Denfield SW, et al. Impact of chronic left ventricular preload and afterload on Doppler tissue

32. Oki T, Fukuda K, Tabata T, Mishiro Y, Yamada H, et al. Effect of an acute increase in afterload on left ventricular regional wall motion velocity in healthy subjects. J Am Soc Echocardiogr. 1999; 12: 476-83.

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

34. Edvardsen T, Gerber BL, Garot J, Bluemke DA, Lima JA, et al. Quantitative assessment of intrinsic regional myocardial deformation by Doppler strain rate echocardiography in humans: validation against three-dimensional tagged magnetic resonance imaging. Circulation. 2002; 106: 50-6.

35. Kowalski M, Kukulski T, Jamal F, D'Hooge J, Weidemann F, et al. Can natural strain and strain rate quantify regional myocardial deformation? A study in healthy subjects. Ultrasound Med Biol. 2001; 27: 1087-97.

36. Weidemann F, Herrmann S, Stork S, Niemann M, Frantz S, et al. Impact of myocardial fibrosis in patients with symptomatic severe aortic stenosis. Circulation. 2009; 120: 577-84.

37. Powell BD, Espinosa RE, Yu CM, Oh JK. Tissue Doppler imaging, strain imaging, and dyssynchrony assessment. In: Oh JK, Seward JB, Tajik AJ, eds. The echo manuel: Lippincott Williams Wilkins, 2006: 81-99.

38. Harada K, Orino T, Yasuoka K, Tamura M, Takada G. Tissue doppler imaging of left and right ventricles in normal children. Tohoku J Exp Med. 2000; 191: 21-9.

39. Roberson DA, Cui W, Chen Z, Madronero LF, Cuneo BF. Annular and septal Doppler tissue imaging in children: normal z-score tables and effects of age, heart rate, and body surface area. J Am Soc Echocardiogr. 2007; 20: 1276-84.

40. Wahl A, Praz F, Schwerzmann M, Bonel H, Koestner SC, et al. Assessment of right ventricular systolic function: Comparison between cardiac magnetic resonance derived ejection fraction and pulsed-wave tissue Doppler imaging of the tricuspid annulus. Int J Cardiol. 2011; 151: 58-62.

41. Labombarda F, Blanc J, Pellissier A, Stos B, Gaillard C, et al. Health-e-Child project: mechanical dyssynchrony in children with dilated cardiomyopathy. J Am Soc Echocardiogr. 2009; 22: 1289-95.

42. Friedberg MK, Silverman NH, Dubin AM, Rosenthal DN. Mechanical dyssynchrony in children with systolic dysfunction secondary to cardiomyopathy: a Doppler tissue and vector velocity imaging study. J Am Soc Echocardiogr. 2007; 20: 756-63.

43. Bussadori C, Moreo A, Di Donato M, De Chiara B, Negura D, et al. A new 2D-based method for myocardial velocity strain and strain rate quantification in a normal adult and paediatric population: assessment of reference values. Cardiovasc Ultrasound. 2009; 7: 8.

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

45. Mirsky I, Parmley WW. Assessment of passive elastic stiffness for isolated heart muscle and the intact heart. Circ Res. 1973; 33: 233-43.

46. Heimdal A, Stoylen A, Torp H, Skjaerpe T. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. J Am Soc Echocardiogr. 1998; 11: 1013-9.

47. Mirsky I, Parmley WW. Assessment of passive elastic stiffness for isolated heart muscle and the intact heart. Circ Res. 1973; 33: 233-43.

48. Marwick TH. Measurement of strain and strain rate by echocardiography: ready for prime time? J Am Coll Cardiol. 2006; 47: 1313-27.

49. Pena JL, da Silva MG, Faria SC, Salemi VM, Mady C, et al. Quantification of regional left and right ventricular deformation indices in healthy neonates by using strain rate and strain imaging. J Am Soc Echocardiogr. 2009; 22: 369-75.

50. Dağdeviren B. Strain görüntüleme. Eds: Erol Ç, Özkan M, Klinik ekokardiyografi ve diğer görüntüleme yöntemleri: MN Medikal, 2007: 71-94.

51. Bohs LN, Trahey GE. A novel method for angle independent ultrasonic imaging of blood flow and tissue motion. IEEE Trans Biomed Eng. 1991; 38: 280-6.

52. Gilman G, Khandheria BK, Hagen ME, Abraham TP, Seward JB, Belohlavek M. Strain rate and strain: a step-by-step approach to image and data acquisition. J Am Soc Echocardiogr. 2004; 17: 1011-20.

53. Goebel B, Arnold R, Koletzki E, Ulmer HE, Eichhorn J, et al. Exercise tissue Doppler echocardiography with strain rate imaging in healthy young individuals: feasibility, normal values and reproducibility. Int J Cardiovasc Imaging. 2007; 23: 149-55.

54. Garot J, Derumeaux GA, Monin JL, Duval-Moulin AM, Simon M, et al. Quantitative systolic and diastolic transmyocardial velocity gradients assessed by M-mode colour Doppler tissue imaging as reliable indicators of regional left ventricular function after acute myocardial infarction. Eur Heart J. 1999; 20: 593-603.

55. Kukulski T, Jamal F, D'Hooge J, Bijnens B, De Scheerder I, et al. Acute changes in systolic and diastolic events during clinical coronary angioplasty: a comparison of regional velocity, strain rate, and strain measurement. J Am Soc Echocardiogr. 2002; 15: 1-12.

56. Yu CM, Fung JW, Zhang Q, Chan CK, Chan YS, et al. Tissue Doppler imaging is superior to strain rate imaging and postsystolic shortening on the prediction of reverse remodeling in both ischemic and nonischemic heart failure after cardiac resynchronization therapy. Circulation. 2004; 110: 66-73.

57. Sogaard P, Egeblad H, Kim WY, Jensen HK, Pedersen AK, et al. Tissue Doppler imaging predicts improved systolic performance and reversed left ventricular remodeling during long-term cardiac resynchronization therapy. J Am Coll Cardiol. 2002; 40: 723-30.

58. Koyama J, Ray-Sequin PA, Falk RH. Longitudinal myocardial function assessed by tissue velocity, strain, and strain rate tissue Doppler echocardiography in patients with AL (primary) cardiac amyloidosis. Circulation. 2003; 107: 2446-52.

59. Kato TS, Noda A, Izawa H, Yamada A, Obata K, et al. Discrimination of nonobstructive hypertrophic cardiomyopathy from hypertensive left ventricular hypertrophy on the basis of strain rate imaging by tissue Doppler ultrasonography. Circulation. 2004; 110: 3808-14.

60. Andersen NH, Poulsen SH, Eiskjaer H, Poulsen PL, Mogensen CE. Decreased left ventricular longitudinal contraction in normotensive and normoalbuminuric patients with Type II diabetes mellitus: a Doppler tissue tracking and strain rate echocardiography study. Clin Sci (Lond). 2003; 105: 59-66.

61. Bauer F, Eltchaninoff H, Tron C, Lesault PF, Agatiello C, Nercolini D, et al. Acute improvement in global and regional left ventricular systolic function after percutaneous heart valve implantation in patients with symptomatic aortic stenosis. Circulation. 2004; 110: 1473-6.

62. Yuda S, Short L, Leano R, Marwick TH. Myocardial abnormalities in hypertensive patients with normal and abnormal left ventricular filling: a study of ultrasound tissue characterization and strain. Clin Sci (Lond). 2002; 103: 283-93.

63. Stoylen A, Slordahl S, Skjelvan GK, Heimdal A, Skjaerpe T. Strain rate imaging in normal and reduced diastolic function: comparison with pulsed Doppler tissue imaging of the mitral annulus. J Am Soc Echocardiogr. 2001; 14: 264-74.

64. Goto K, Mikami T, Onozuka H, Kaga S, Inoue M, et al. Role of left ventricular regional diastolic abnormalities for global diastolic dysfunction in patients with hypertrophic cardiomyopathy. J Am Soc Echocardiogr. 2006; 19: 857-64.

65. Friedberg MK, Mertens L. Tissue velocities, strain, and strain rate for echocardiographic assessment of ventricular function in congenital heart disease. Eur J Echocardiogr. 2009; 10: 585-93.

66. Nestaas E, Stoylen A, Sandvik L, Brunvand L, Fugelseth D. Feasibility and reliability of strain and strain rate measurement in neonates by optimizing the analysis parameters settings. Ultrasound Med Biol. 2007; 33: 270-8.

67. Lorch SM, Ludomirsky A, Singh GK. Maturational and growth-related changes in left ventricular longitudinal strain and strain rate measured by two-dimensional speckle tracking echocardiography in healthy pediatric population. J Am Soc Echocardiogr. 2008; 21: 1207-15.

68. Nestaas E, Stoylen A, Brunvand L, Fugelseth D. Longitudinal strain and strain rate by tissue Doppler are more sensitive indices than fractional shortening for assessing the reduced myocardial function in asphyxiated neonates. Cardiol Young. 2011; 21: 1-7.

69. Group TTACW, Douglas PS, Khandheria B, Stainback RF, Weissman NJ, Panel TTACT, Brindis RG, Patel MR, Alpert JS, Fitzgerald D, Heidenreich P, Martin ET, Messer JV, Miller AB, Picard MH, Raggi P, Reed KD, Rumsfeld JS, Steimle AE, Tonkovic R, Vijayaraghavan K, Yeon SB, Group AACW, Hendel RC, Peterson E, Wolk MJ, Allen JM, American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working G, American Society of E, American College of Emergency P, American Society of Nuclear C, Society for Cardiovascular A, Interventions, Society of Cardiovascular Computed T, Society for Cardiovascular Magnetic R. ACCF/ASE/ACEP/ASNC/SCAI/SCCT/SCMR 2007 appropriateness criteria for transthoracic and transesophageal echocardiography: a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American Society of Echocardiography, American College of Emergency Physicians, American Society of Nuclear Cardiology, Society for Cardiovascular Angiography and

Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. Endorsed by the American College of Chest Physicians and the Society of Critical Care Medicine. Journal of the American Society of Echocardiography: official publication of the American Society of Echocardiography 2007;20:787-805.

70. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, Picard MH, Roman MJ, Seward J, Shanewise J, Solomon S, Spencer KT, St John Sutton M, Stewart W, American Society of Echocardiography's N, Standards C, Task Force on Chamber Q, American College of Cardiology Echocardiography C, American Heart A, European Association of Echocardiography ESoC. Recommendations for chamber quantification. European journal of echocardiography: the journal of the Working Group on Echocardiography of the European Society of Cardiology 2006;7:79-108.

71. Picard MH, Popp RL, Weyman AE. Assessment of left ventricular function by echocardiography: a technique in evolution. Journal of the American Society of Echocardiography: official publication of the American Society of Echocardiography 2008;21:14-21.

72. St John Sutton MG, Plappert T, Rahmouni H. Assessment of left ventricular systolic function by echocardiography. Heart failure clinics 2009;5:177-190.

73. Gudmundsson P, Rydberg E, Winter R, Willenheimer R. Visually estimated left ventricular ejection fraction by echocardiography is closely correlated with formal quantitative methods. International journal of cardiology 2005;101:209-212.

74. P, Deman P, Wackers FJ. Comparison and reproducibility of visual echocardiographic and quantitative radionuclide left ventricular ejection fractions. The American journal of cardiology 1996;77:843-850.

75. Akinboboye O, Sumner J, Gopal A, King D, Shen Z, Bardfeld P, Blanz L, Brown EJ, Jr. Visual estimation of ejection fraction by two-dimensional echocardiography: the learning curve. Clinical cardiology 1995;18:726-729.

76. Ali MT, Yucel E, Bouras S, Wang L, Fei HW, Halpern EF, Scherrer-Crosbie M. Myocardial Strain Is Associated with Adverse Clinical Cardiac Events in Patients Treated with Anthracyclines. Journal of the American Society of Echocardiography: official publication of the American Society of Echocardiography 2016.

77. Basilico FC, Folland ED, Karaffa S, Tow DE, Parisi AF. Non-invasive measurement of left ventricular function in coronary artery disease. Comparison of first pass radionuclide ventriculography, M-mode echocardiography, and systolic time intervals. British heart journal 1981;45:369-375.

78. Bellenger NG, Burgess MI, Ray SG, Lahiri A, Coats AJ, Cleland JG, Pennell DJ. Comparison of left ventricular ejection fraction and volumes in heart failure by echocardiography, radionuclide ventriculography and cardiovascular magnetic resonance; are they interchangeable? European heart journal 2000;21:1387-1396.

79. Jensen-Urstad K, Bouvier F, Hojer J, Ruiz H, Hulting J, Samad B, Thorstrand C, Jensen-Urstad M. Comparison of different echocardiographic methods with radionuclide imaging for measuring left ventricular ejection fraction during acute myocardial infarction treated by thrombolytic therapy. The American journal of cardiology 1998;81:538-544.

80. Marwick TH. The role of echocardiography in heart failure. J Nucl Med 2015;56 Suppl 4:31S-38S.

81. Shahgaldi K, Gudmundsson P, Manouras A, Brodin LA, Winter R. Visually estimated ejection fraction by two dimensional and triplane echocardiography is

closely correlated with quantitative ejection fraction by real-time three dimensional echocardiography. Cardiovasc Ultrasound 2009;7:41.

82. Smiseth OA, Torp H, Opdahl A, Haugaa KH, Urheim S. Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? European heart journal 2015.

83. Witkowski TG, Thomas JD, Debonnaire PJ, Delgado V, Hoke U, Ewe SH, Versteegh MI, Holman ER, Schalij MJ, Bax JJ, Klautz RJ, Marsan NA. Global longitudinal strain predicts left ventricular dysfunction after mitral valve repair. European heart journal cardiovascular Imaging 2013;14:69-76.

84. Kalam K, Otahal P, Marwick TH. Prognostic implications of global LV dysfunction: a systematic review and meta-analysis of global longitudinal strain and ejection fraction. Heart 2014;100:1673-1680.

85. Hayashi T, Yamada S, Iwano H, Nakabachi M, Sakakibara M, Okada K, Murai D, Nishino H, Kusunose K, Watanabe K, Ishizu T, Wakami K, Yamada H, Dohi K, Seo Y, Ohte N, Mikami T, Tsutsui H. Left Ventricular Global Strain for Estimating Relaxation and Filling Pressure-A Multicenter Study. Circulation journal: official journal of the Japanese Circulation Society 2016.