

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
NÜKLEER TIP ANABİLİM DALI

91906

SOL VENTRİKÜL DUVAR HAREKETLERİNİN GATED PLANAR
TEKNESYUM- 99M TETROFOSMİN MYOKARD PERFÜZYON
SİNTİGRAFİSİ İLE İNCELENMESİ: RADYONÜKLİD VENTRİKÜLOGRAFİ
VE EKOKARDİYOĞRAFİ İLE KARŞILAŞTIRMA

T.C. YÖKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

TEZ YÖNETİCİSİ
DOÇ.DR.TARIK BAŞOĞLU

Hazırlayan
Dr.Fevziye CANBAZ

SAMSUN / 2000

TEŞEKKÜR

Asistanlığımın her döneminde olduğu gibi, tez çalışmam sırasında da benden destek ve yardımlarını esirgemeyen başta tez danışmanım, bölüm başkanımız sayın Doç. Dr. Tarık Başoğlu'na teŐekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca çalışmamı birlikte yürüttüğüm kardiyoloji ABD öğretim üyesi sayın Doç Dr. Özcan Yılmaz ve araştırma görevlisi Dr. Mustafa Yazıcı'ya; çalışmam sırasında bana büyük anlayış gösteren bölümümüz diğer öğretim üyesi sayın Doç Dr. Murathan şahin'e, araştırma görevlisi arkadaşlarıma , bölümümüz ve kardiyoloji servisi personeline ; başta eşim olmak üzere tüm aile bireylerime sonsuz teŐekkürler.

Dr.Fevziye CANBAZ

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

Teşekkür	i
İçindekiler	I
Tablo Dizini	VIII
Şekil Dizini	XI
Özet	XIII
Anahtar Sözcükler	XV
Abstract	XVI
Key Words	XVIII
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. KALBİN ANATOMİSİ:	4
2.1.1. Kalbin Boşlukları:	4
2.1.1.1. Sağ Atrium:	4
2.1.1.2. Sağ Ventrikül:	5
2.1.1.3. Sol Atrium:	6
2.1.1.4. Sol Ventrikül:	7
2.2. KALBİN İLETİ SİSTEMİ:	8
2.3. EPİKARDİAL KORONER ARTERLER:	9
2.3.1. Ana Epikardiyal Arterlerin Dalları:	10
2.3.1.1.Sol İnen Arterin Dalları :	10
2.3.1.2.Sol circumflex'in dalları:	10
2.3.1.3.Sağ Koroner Arter'in dalları:	11
2.3.2.Koronere Arter Dağılımı ve Myokardiyal Beslenme	11
2.3.3.Koronere Arter Patofizyolojisi:	12
2.3.3.1.Koronere arter çapı ve kesitsel alan:	12
2.4. KORONER VENLER	12
2.5. KALBİN İNNERVASYONU	13
2.6. KARDİOVASKÜLER SİSTEMİN NORMAL FİZYOLOJİSİ	13
2.6.1.Myokardiyal Performans:	14
2.6.1.1.Kalp Pompalanmasının İntrensek Regülasyonu	14

-Kalbin Frank-Starling Yasası (preload)ve afterload	14
2.6.1.1.1.Frank Starling Yasasının Mekanizması:	15
2.6.1.1.2.Kalbin Atım Hızının Etkisi	15
2.6.1.1.3.Arteryal Basınç Yükündeki Değişmelerin Kalp Debisi Üzerinde Etkisiz Kalması:	15
2.6.1.1.4.Ventrikül Hacminin Ventrikül Basıncıyla İlişkisi	16
2.6.1.1.5.Preload (Önyük) Ve Afterload (Artyük) Kavramları	16
2.6.1.2.Kontraktilite yada İnotropik Durum	17
2.6.1.3. Diastolik Komplians (Distansibilite) ve Lusitropik Durum:	17
2.6.1.4. Kalp hızı	18
2.6.2.Ventrikül Fonksiyon ve Kontraktiliteyi Etkileyen Diğer Etmenler	18
2.6.2.1.Ventrikül Kontraksiyon Sekansı:	18
2.6.2.2.Ventrikül Çekiş (Emme)	19
2.6.2.3.Atrial fonksiyon	19
2.6.2.4.Sinirsel Kontrol	20
2.6.2.5. Kardiyak Renin Anjiyotensin Sistemi	20
2.6.2.7. İlaçlar ve hormonlar	21
2.6.2.8.Postekstrasistolik Potensializasyon	21
2.7. KARDİYAK FONKSİYONLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	22
2.7.1.Kardiyak Fonksiyonun Değerlendirilmesinde Kardiyak Outputun Limitasyonları:	22
2.7.2.Kardiyak output ve kontraktilite arasındaki ilişki	23
2.7.3.Myokardiyal Kontraktilitenin Değerlendirilmesindeki Gereksinim	23
2.7.4.Kardiyak Performansın Basınç Akım Hacim Ve Boyutlara Göre Değerlendirilmesi	23
2.7.4.1.Kardiyak Output	23
2.7.4.2. Arteriovenöz Oksijen Farkı	24
2.7.4.3. İntrakardiyak Basınçlar	24
2.7.4.4. Ventrikül Volümünün Ölçülmesi	25
2.8. VENTRİKÜLOANJİOGRAFI	25
2.8.1.Ventrikül kontür anomalileri	26

2.8.2.Sol ventrikül fonksiyon anomalileri	27
2.8.3.Ventrikül duvar hareketlerinin incelenmesi:	27
2.9.KARDİYAK FONKSİYONLARIN VE KONTRAKTİLİTENİN	
DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN NONİNVAZİF YÖNTEMLER	28
2.9.1.EKOKARDİYOĞRAFI	28
2.9.1.1.Ekokardiyografi Yöntemleri	28
2.9.1.1.1.İki Boyutlu inceleme	29
2.9.1.1.2.M-Mod Yöntemi	30
2.9.1.1.3.Doppler Yöntemleri	30
2.9.1.1.4.Kontrast Ekokardiyografi	30
2.9.1.1.5.Transözofajiyal inceleme (TEE)	30
2.9.1.1.6.Stres Ekokardiyografi	31
2.9.1.2.Sol Ventrikülün İncelenmesinde Ekokardiyografik Ölçümler:	31
2.9.1.2.1.Sol Ventrikülün Duvar Kalınlığı:	31
2.9.1.2.2.Sol Ventrikülün Arka Duvarının Hareketi	31
2.9.1.2.3.Sol Ventrikülün Arka Duvarının Sistolik Hızı:	32
2.9.1.2.4.Ventriküllerarası Septumun Kalınlığı	32
2.9.1.2.5. Ventriküllerarası Septumun Hareketi ve Kalınlaşma Hızı	32
2.9.1.2.6. Sol Ventrikül İç Çapları	33
2.9.1.2.7. Sol Ventrikül Kitlesi	33
2.9.1.2.8. Ortalama dairesel lif kısalması ("mean circumferential fiber shortening") ve hıza göre düzeltilmiş ortalama dairesel lif kısalması	33
2.9.1.2.9. Sol Ventrikülün Volümleri	34
2.9.1.2.10. Sol Ventrikül Ejeksiyon Fraksiyonu:	34
2.9.1.2.11. Fraksiyonel Lif Kısalması	35
2.9.1.2.12. Sol Ventrikülün Duvar Hareketleri Tetkiki	35
2.9.1.2.13. Sol Ventrikül Zaman İntervalleri	36
2.9.1.2.14. Sol Atrium Boyutları	36
2.9.1.2.15. Sol Atriumun Boşalma İndeksi	36
2.9.1.2.16. Mitral Kapağın M Mod Kaydı	36

2.9.1.2.17. Akım Hızları Ve Sol Ventrikül Diyastolik Fonksiyonları	36
2.9.1.2.18. Kalp Debisinin Hesaplanması	37
2.9.2. KALBİN BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİSİ	37
2.9.2.1. Teknoloji	37
2.9.2.2. Görüntüleme protokolleri	38
2.9.3. MAGNETİK REZONANS İNCELEME	41
2.9.3.1. Görüntü çekimi	41
2.9.3.1.1. Kesit oryantasyonu:	41
2.9.3.1.2 Ölçümler:	42
2.9.3.2. İskemik Kalp Hastalığı:	42
2.9.3.2.1 Stres ile indüklenmiş Segmental Disfonksiyon	42
2.9.3.2.2. MRI Kontrast Ajanları Kullanarak Myokardiyal Perfüzyon Görüntüleme	43
2.9.3.2.3. Myokard Enfarktüsü	43
2.9.3.2.4. Global ve Bölgesel fonksiyon	43
2.9.3.3. Myokard Enfarktüsü Komplikasyonları	44
2.9.3.4. Koroner Arter Hastalığı	44
2.10. KALP FONKSİYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE NÜKLEER TIP YÖNTEMLERİ	45
2.10.1. First-Pass RNA	45
2.10.1.1. Görüntüleme tekniği:	45
2.10.1.2. Klinik uygulamaları	48
2.10.1.2.1. Koroner Arter Hastalığının Tanısı	48
2.10.1.2.2. Koroner Arter Hastalığında Prognozun Belirlenmesi	48
2.10.1.2.3. Kalp Kapak Hastalıklarının Değerlendirilmesinde	49
2.10.1.2.4. Doğumsal Kalp hastalıklarının değerlendirilmesi	49
2.10.1.2.5. Kronik Akciğer Hastalıklarının Değerlendirilmesi	49
2.10.2. MUGA (MULTIGATED ANJIOSİNTİGRAFI) (EQUILIBRIUM-GATED RADYONÜKLİD VENTRİKÜLOGRAFI)	50

(GATED BLOOD POOL CARDIAC STUDY)	50
2.10.2.2.Görüntülerin yorumlanması	50
2.10.2.3. Klinik Uygulaması:	54
2.10.3. VENTRİKÜLER FONKSİYONLARIN PERFÜZYON AJANLARI İLE ANALİZİ	58
2.10.3.1. Myokard Perfüzyon Sinigrafisi	58
2.10.3.1.1.Myokard perfüzyon ajanları:	59
2.10.3.1.1.1.Thallium-201(TI-201)	59
2.10.3.1.1.2.Tc-99m Sestamibi	60
2.10.3.1.1.3.TC-99m Tetrofosmin	61
2.10.3.1.1.4.Tc-99m Teboroxime	62
2.10.3.1.1.5..Tc-99m Q3 ve Q12	63
2.10.3.1.2.Tc-99m işaretli perfüzyon ajanları ile first pass çalışmaları	63
2.10.3.1.3. Gated Planar ve Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) Myokardiyal Perfüzyon Çalışması	64
3. GEREÇ ve YÖNTEM	66
3.1. Hasta Grubu	66
3.2. Multi-Gated Radyonüklid ventrikülografi (MUGA)	66
3.3.Tc-99m Tetrofosmin SPECT ve Gated Planar Çalışmaları	68
3.4.Negatif (Inverted) Tetrofosmin Görüntüleri:	68
3.5.RADYONÜKLİD ÇALIŞMALAR	68
3.5.1.2 .Vizüel Değerlendirme	69
3.5.1.2.1- SPECT perfüzyon sintigrafisi	69
3.5.1.2.2. Gated planar Tetrofosmin çalışması:	69
3.5.1.2.2.1.Sine İnceleme:	69
3.5.1.2.2.2. Parametrik İmaj Analizi	70
3.5.1.2.3. Gated kan havuzu çalışması	71
3.5.1.2.3.1.Sine İnceleme:	71
3.5.1.2.3.2. Parametrik İmaj Analizi	71

3.5.1.3 .Kantitatif değerlendirme	71
3.5.1.3.1. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF	71
çalışmalarında amplitüd ve faz değerleri	71
3.5.1.3.2. Ejeksiyon fraksiyonu	71
3.5.2.EKOKARDIYOGRAFIK İNCELEME	72
3.5.2.1.Duvar kinetiği	72
3.5.2.2.Ejeksiyon Fraksiyonu	72
4. BULGULAR:	73
4.1.VİZÜEL DEĞERLENDİRME :	74
4.1.1. SPECT perfüzyon bulguları	74
4.1.2. Frekans Tabloları	75
4.1.2.1. Sine modunda MUGA, I-GPTF, NI-GPTF	
ve EKOKG yöntemlerinin uyumluluk	
karşılaştırması	76
4.1.2.2. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında	
sine inceleme ve fonksiyonel görüntülerin	
uyumluluk karşılaştırılması	78
4.1.2.3. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında	
fonksiyonel görüntülerin uyumluluk	
karşılaştırılması	
4.1.3. Korelatif İstatistik Sonuçları	80
4.1.3.1. Sine modunda MUGA, GpTF ve EKOKG	81
yöntemlerinin korelasyon istatistik sonuçları	81
4.1.3.1.1. Genel	81
4.1.3.1.2. Segmental	82
4.1.3.2. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında	
sine inceleme ve fonksiyonel görüntüleri arasındaki	85
korelasyon istatistik sonuçları	85
4.1.3.2.1. Genel	85
4.1.3.2.2. Segmental	85
4.1.3.3. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında	

fonksiyonel görüntülerin korelasyon istatistik sonuçları	87
4.1.3.3.1. Genel	87
4.1.3.3.2. Segmental	87
4.2. KANTİTATİF DEĞERLENDİRME:	89
4.2.1. Amplitüd ve faz görüntülerinde MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmaları arasındaki korelasyon istatistik sonuçları	89
4.2.1.1. Genel	90
4.2.1.2. Segmental	90
4.2.2. MUGA (PAGE ve SAGE) ve EKO arasındaki EF değerleri korelasyon istatistik sonuçları	91
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	93
5.1. Çeşitli GTF metodlarının karşılaştırılması	96
5.2. Inverted Gated Tetrafosmin (I-GPTF) Görüntüsü	97
5.3 . Avantaj ve Sınırlamalar	98
6. KAYNAKLAR	102

TABLO DİZİNİ

	SAYFA NO
Tablo : I- Hasta Grubu	67
Tablo : II- Parametrik görüntülerin yorumu ve skorlanması	70
Tablo : III- Tüm hastalarda myokardiyal segmentlere göte SPECT perfüzyon skor dağılımı	75
Tablo : IV- Tüm hastalardaki segmental perfüzyon dağılımı	74
Tablo : V- SİNE modunda MUGA ile I-GPTF çalışmasının segmental düzeyde karşılaştırılması	76
Tablo : VI- SİNE modunda MUGA ile NI-GPTF çalışmasının segmental düzeyde karşılaştırılması	76
Tablo : VII- SİNE modunda MUGA ile EKO çalışmasının segmental düzeyde karşılaştırılması	76
Tablo : VIII- SİNE modunda I-GPTF ile NI-GPTF metodlarının segmental düzeyde karşılaştırılması	77
Tablo : IX- SİNE modunda I-GPTF ile EKO çalışmasının segmental düzeyde karşılaştırılması	77
Tablo : X- SİNE modunda NI-GPTF ile EKO çalışmasının segmental düzeyde karşılaştırılması	77
Tablo : XI- SİNE değerlendirmede İstatistik sonuçları	78
Tablo : XII- MUGA çalışmasında SİNE inceleme ve FONKSİYONEL görüntü karşılaştırması	78
Tablo : XIII- I-GPTF çalışmasında SİNE inceleme ve FONKSİYONEL görüntü karşılaştırması	78
Tablo : XIV- NI-GPTF çalışmasında SİNE inceleme ve FONKSİYONEL görüntü karşılaştırması	79
Tablo : XV- SİNE -FONKSİYONEL karşılaştırma İstatistik sonuçları	79
Tablo : XVI- MUGA ile I-GPTF'nin FONKSİYONEL incemede Karşılaştırılması	80
Tablo : XVII- MUGA ile NI-GPTF'nin FONKSİYONEL incemede Karşılaştırılması	80
Tablo : XVIII- I-GPTF ile NI-GPTF metodlarının FONKSİYONEL incemede Karşılaştırılması	80

Tablo : XIX- FONKSİYONEL görüntülerin İstatistik sonuçları	81
Tablo : XX- Sine MUGA inceleme ile diğer metodların korelasyonları	81
Tablo : XXI- Sine I-GPTF inceleme ile diğer metodların korelasyonları	82
Tablo : XXII- Sine NI-GPTF inceleme ile diğer metodların korelasyonları	82
Tablo : XXIII- Sine MUGA inceleme ile diğer metodların segmental düzeyde Korelasyonları	83
Tablo : XXIV- Sine I-GPTF inceleme ile diğer metodların segmental düzeyde Korelasyonları	84
Tablo : XXV- Sine NI-GPTF inceleme ile diğer metodların segmental düzeyde Korelasyonları	84
Tablo : XXVI- MUGA ve GPTF çalışmalarında sinesonuçları ile fonksiyonel imaj sonuçları arasında saptanan korelasyonlar	85
Tablo : XXVII- MUGA ve GPTF çalışmalarında SINE sonuçları ile FONKSİYONEL imaj sonuçları arasında saptanan korelasyonlar	86
Tablo : XXVIII- MUGA fonksiyonel inceleme ile GPTF fonksiyonel analiz korelasyonları	87
Tablo : XXIX- MUGA ile GPTF çalışmaları arasındaki fonksiyonel inceleme korelasyon değerleri	88
Tablo : XXX- MUGA'daki total ve ortalama faz değerleri ile GPTF çalışmasında elde edilen faz sonuçları arasındaki korelasyon değerleri	89
Tablo : XXXI- MUGA'daki total ve ortalama amplitüd değerleri ile GPTF çalışmasında elde edilen faz sonuçları arasındaki korelasyon değerleri	89
Tablo : XXXII- MUGA ile , I-GPTF ve , NI-GPTF kantitatif ortalama faz ve standart deviasyon (SD) korelasyonları (SAO'dan)	90
Tablo : XXXIII- MUGA çalışmasında AMPLİTÜD ve FAZ imajlarından elde edilen total sayım değerlerinin GPTF çalışması ile korelasyon sonuçları	91
Tablo : XXXIV- MUGA çalışmasında AMPLİTÜD ve FAZ imajlarından elde edilen ortalama sayım değerlerinin GPTF çalışması ile korelasyon sonuçları	91
Tablo : XXXV- EKO, SAGE, PAGE yöntemleri arasındaki EF korelasyon sonuçları (EF= Ejeksiyon Fraksiyonu)	92

Tablo : XXXVI- Nakajima ve arkadaşları ile çalışmamızda sine ve fonksiyonel incelemede saptanan asinerjik segment sayıları ve toplam incelenen segment sayılarına oranları.	96
Tablo : XXXVII- SİNE ve FONKSİYONEL incelemelerde I-GPTF ve NI-GPTF metodlarının MUGA korelasyonlarına göre üstün oldukları segment dağılımları	100



ŞEKİL DİZİNİ

Şekil : I - Kalbin Anatomisi	8
Şekil : II - Sol anterooblik (A) ve sol lateral projeksiyondan (B) elde edilen 24 karelik MUGA ham data görüntüleri	A1
Şekil : III - Sol anterooblik (A) ve sol lateral projeksiyondan (B) elde edilen 24 karelik GPTF ham data görüntüleri	A2
Şekil : IV -SAO projeksiyonunda, sine incelemede kullanılan, NI-GPTF(A) , GPTF (B) ve MUGA (C) görüntüleri	A3
Şekil : V -SLT projeksiyonunda, sine incelemede kullanılan NI-GPTF (A) , I- GPTF (B) ve MUGA (C) görüntüler	A4
Şekil : VI – Rest myokard perfüzyon tomo- sintigrafisi rekonstrüksiyonu sonucu oluşturulan normal Vertikal (A), Horizontal (B) ve Koronal kesitler (C)	A5
Şekil : VII – Fonksiyonel incelemede kullanılan sırasıyla (soldan sağa) MUGA, I- GPTF ve NI-GPTF , sol anterooblik (SAO) amplitüd (A) ve faz (B); sol lateral (SLT) amplitüd (C) ve faz (D) görüntüleri	A6
Şekil : VIII – MUGA (A), I-GPTF (B) ve NI-GPTF (C) incelemelerinde , sırasıyla SAO ve SLT faz histogram görüntüleri	A7
Şekil : IX – Amplitüd (A) ve faz görüntüleri (B) kantitasyonunda kullanılan sırasıyla (soldan sağa) SAO ve SLT segmental ilgi alanı dağılımı	A8
Şekil : X – MUGA çalışmasında SAO projeksiyonundan ejeksiyon fraksiyonu hesabı	A8
Şekil : XI.I- Stunned myokardium düşünülen bir olguda (OLGU-1) MUGA (A) çalışmasında lateral duvarda akinezi (SAO). I-GPTF (B) ve NI-GPTF (C) metodlarında aynı olguda lateral ve inferolateral duvarlarda akinezi . (sırasıyla , soldan sağa SAO ve SLT projeksiyonları)	A9
Şekil : XI.II- OLGU-1 myokard perfüzyon SPECT çalışmasında , Vertikal (A) , Horizontal (B) ve Koronal kesitlerde (C) infero-lateral ve lateral duvarların midventriküler-bazal düzeyinde minimal hipoperfüzyon bulguları	A10

- Şekil : XI.III-** OLGU-1' in sine incelemesinde kullanılan MUGA (A), I-GPTF (B) ve NI-GPTF (C) metodlarında SAO projeksiyonu görüntüleri. **A11**
- Şekil : XII.I-** İnferoapikal bölgede anevrizması olan bir hastada (OLGU 2) rest-miyokard perfüzyon SPECT bulguları : Anteroseptal, septal ve inferior duvarların apikal-midventriküler kesimlerinde perfüzyon defekti.
(A-Vertikal ,B-Horizontal ,C-Koronal) **A12**
- Şekil : XII.II-** OLGU 2'de MUGA çalışmasında (SAO) inferoapikal duvarda anevrizmayı gösteren faz ve faz histogram görüntüleri (A). I-GPTF (B) ve NI-GPTF (C) incelemelerinde anevrizmal alanda defektif amplitüd bulgularına karşın, normal sınırlarda izlenen faz görüntüleri. **A13**
- Şekil : XII.III -** İnferoapikal bölgede anevrizması olan bir hastada (OLGU 2) rest-miyokard perfüzyon SPECT bulguları : Anteroseptal, septal ve inferior duvarların apikal-midventriküler kesimlerinde perfüzyon defekti.
(A-Vertikal ,B-Horizontal ,C-Koronal) **A14**
- Şekil : XIII -** SİNE MUGA inceleme ile her segmentte en iyi korelasyonu gösteren metodların LAO ve LLT projeksiyonlarında grafiksel dağılımı. **83**
- Şekil : XIV-** SİNE inceleme ile FONKSİYONEL inceleme arasında her segmentte en iyi korelasyonu gösteren metodların LAO ve LLT projeksiyonlarında grafiksel dağılımı. **86**
- Şekil :XXV-** FONKSİYONEL incelemede MUGA ile her segmentte en iyi korelasyonu gösteren metodların SAO ve SLT projeksiyonlarında grafiksel dağılımı. **88**

ÖZET

Çalışmamızda, sol ventrikül duvar hareketlerinin değerlendirilmesinde , radyonüklid ventrikülografi (RVG/MUGA) , ekokardiografi (EKOKG) ve gated planar tetrafosmin (GPTF) myokard perfüzyon sintigrafisi ile saptanan parametreler arasındaki korelasyon ve uyumu değerlendirmek amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM: 44 hastada (15 Kadın, 29 Erkek ;ortalama yaş 54 ± 8.8) 424 myokard segmenti değerlendirmeye alındı. Çalışma grubunu , 20 kesin tanı almış myokard infarktüsü (MI) (19 akut MI, 1 eski MI), 2 EKG de inferior duvar MI tanısı almış, 6 USAP tanısı almış ve 16 KAH kuşkusu olan hasta oluşturdu. Tüm hastalarda, 925 MBq teknesyum-99m (Tc-99m) Tetrafosmin kullanarak yapılan rest perfüzyon tomo-sintigrafisini (SPECT) takiben sol anterior oblik (SAO) and sol lateral projeksiyonlarda (SLT) rest GPTF çalışması yapıldı. Bunu takip eden iki gün içerisinde in vivo teknesyum-99m eritrosit işaretleme yöntemi ve 925 MBq aktivite kullanılarak , GPTF çalışması ile aynı projeksiyonlarda, MUGA çalışması ve sonrasında da EKOKG çalışması yapıldı. GPTF çalışmaları, normal (negative dönüştürülmemiş) şekilde (NI-GPTF) ve negative dönüştürülmüş, MUGA benzeri, (I-GPTF) şekilde ayrı ayrı değerlendirildi. NI-GPTF, I-GPTF (vizüel sine-skorlama ve fonksiyonel imaj kantitasyonu) ve EKOKG (vizüel skorlama) global olarak ve segment bazında (10 myokardial segment) çalışmanın standardı kabul edilen MUGA ile karşılaştırıldı. Sine modunda duvar hareketi analizi 5 dereceli bir sistem kullanılarak değerlendirildi (0= normal, 1=hipokinezi, 2=ağır hipokinezi, 3=akinezi, 4= diskinezi) .GPTF çalışmasında fonksiyonel imajların kantitatif değerlendirilmesi iki projeksiyonda toplam 10 ilgi alanı (4X4 piksel) kullanılarak yapıldı. MUGA ve EKOKG çalışmalarında tüm hastalar için ejeksiyon fraksiyonu saptandı. GPTF çalışmalarında literatürde bildirildiği ve bilinen teknik yetersizlikler nedeni ile ejeksiyon fraksiyonu hesaplaması yapılmadı.

SONUÇLAR: Genel sine-mod değerlendirmesinde, NI-GPTF($r=0,77$, $p=0,000$, tam uyum (TU) = % 84) metodu , MUGA ile karşılaştırıldığında, I-GPTF ($r=0,73$, $p=0,000$; TU= %82) ve EKOKG ($r=0,39$, $p=0,000$, TU= %0,78) metodlarından üstün bulundu. Bölgesel olarak, NI-GPTF metodu ,

inferoapikal, midinferior ve midanterior segmentler dışında, en iyi MUGA korelasyonlarını gösterdi. **Fonksiyonel imajların vizüel analizinde**, en iyi MUGA uyumu I-GPTF ($r=0,72$, $p=0,000$, $CA=\% 77$) metodu için saptandı. **Bölgesel olarak**, I-GPTF metodu , posterolateral, midinferior, midanterior ve anterobazal segmentler dışında, en iyi MUGA korelasyonlarını gösterdi. **Genel kantitatif değerlendirmede**, amplitüd değerleri I-GPTF($r=0,76$, $p=0,000$) ve NI-GPTF($r=0,75$, $p=0,000$) çalışmalarında MUGA ile iyi derecede korele bulundu. En iyi faz -MUGA korelasyonu I-GPTF metodunda saptandı ($r=0,59$, $p=0,000$). **Segmental kantitasyonda** , I-GPTF metodundaki tüm segmentlerin amplitüd değerleri MUGA ile NI-GPTF metodunun MUGA korelasyonundan daha iyi idi. **SONUÇ:** Myokardial duvar hareketlerinin değerlendirilmesinde GPTF metodu EKOKG'den anlamlı derecede MUGA ile daha iyi korele bulundu. MUGA ile en iyi korelasyon sonuçlarını almak için NI-GPTF ve I-GPTF metodları birlikte uygulanmalı ve yorumlanmalıdır. GPTF perfüzyon sintigrafisi myokardiyal duvar hareketlerinin değerlendirilmesi için, tek bir enjeksiyonla her SPECT incelemenin ardından uygulanabilecek, invazif olmayan ve pratik bir tekniktir. Metodun tanısıl değerini artırmak için, vizüel sine-mod yorum ve fonksiyonel görüntü değerlendirmesi birlikte uygulanmalıdır.

ANAHTAR KELİMELEER

- 1. Gated planar myokard perfüzyon sintigrafisi**
- 2. Tetrofosmin**
- 3. Radyonüklid ventrikülografi**
- 4. Ekokardiyografi**
- 5. Duvar hareketi**



ABSTRACT

The aim of this study was to determine the correlation and agreement between the left ventricular wall-motion evaluation parameters assessed by radionuclide ventriculography (RVG), echocardiography (ECHO) and gated planar tetrofosmin (GPTF) myocardial perfusion scintigraphy.

MATERIALS and METHODS : 424 myocardial segments in 44 patients including 15 women and 29 men (mean age 54 ± 8.8) were evaluated. 20 patients with myocardial infarction (MI) (19 acute MI and 1 old MI) , 2 patients with inferior MI diagnosed in electrocardiography , 6 patients with unstable angina pectoris and 16 patients with suspected ischemic heart disease were examined. Rest GPTF study with 925 MBq Technetium-99m(Tc-99m) Tetrofosmin in left anterior oblique (LAO) and left lateral projections(LLT) was performed after rest perfusion tomo-scintigraphy (SPECT) in all patients. Within two days, the patients underwent RVG examination with 925 MBq of in vivo technetium-99m red blood cell labelling, in GPTF -identical projections and hereafter ECHO. GPTF studies were interpreted in normal, non-inverted (NI-GPTF) and in image inverted, RVG-like form, (I-GPTF). NI-GPTF, I-GPTF (visual Cine-scoring and functional image quantitation) and ECHO (visual scoring) results were compared globally and separately , in 10 myocardial segments, to those of RVG , the accepted standard of the investigation. Wall motion analysis in cine mode display was realized using a 5- grading score system (0= normal, 1=hypokinesis, 2=severe hypokinesis, 3=akinesis, 4=dyskinesis) . Quantitative evaluation of functional images of GPTF studies were performed with a total of 10 regions of interest (4X4 pixels) in two projections. Ejection fraction values were obtained in RVG and ECHO. Ejection fraction calculations in GPTF studies were not performed because of already reported and technically proven unreliability.

RESULTS: In global cine-mode evaluation, NI-GPTF($r=0,77$, $p=0,000$, complete agreement (CA) = % 84) was superior to I-GPTF ($r=0,73$, $p=0,000$; CA= %82) and ECHO CG ($r=0,39$, $p=0,000$; CA= %0,78), compared to RVG. Regionally, NI-GPTF showed the best RVG-correlations except for inferoapikal, midinferior and midanterior segments. In visual analysis of functional images, the best RVG-agreement was observed in I-GPTF ($r=0,72$, $p=0,000$; CA=% 77). Regionally, I-GPTF showed the best RVG-correlations except for posterolateral, midinferior, midanterior and anterobasal segments. In global quantitative evaluation, amplitude values in both I-GPTF($r=0,76$, $p=0,000$) and NI-GPTF($r=0,75$, $p=0,000$) studies were well correlated with RVG amplitude. I-GPTF gave the best RVG-correlation of phase ($r=0,59$, $p=0,000$). The mean phase and standart deviation RVG-correlations of I-GPTF were $r=0,92$, $p=0,000$ and $r=0,53$, $p=0,000$ respectively. In segmental quantification amplitude values of all segments in I-GPTF were better RVG-correlated than in NI-GPTF.

CONCLUSION: In the evaluation of myocardial wall-motion , GPTF was significantly better RVG-correlated than ECHO CG. NI-GPTF and I-GPTF methods should both be performed and interpreted to obtain the best RVG-correlated results. GPTF perfusion scintigraphy is a non-invasive practical technique that can be performed after each SPECT examination to evaluate the myocardial wall motion with a single injection. The visual cine-mode interpretation and functional image evaluation should both be performed to improve the diagnostic value of the method.

KEY WORDS:

1. Gated planar myocardial perfusion scintigraphy
2. Tetrofosmin
3. Radionuclide ventriculography
4. Echocardiography
4. Wall Motion



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Koroner arter hastalığı (KAH), ülkemizde ve gelişmiş ülkelerde ölüm nedenlerinin başında gelen en önemli sağlık sorunudur. Günümüzde kullanılan ,invazif ve non -invazif, bir çok radyolojik ve radyonüklid yöntemlerin tanı ve takibe olan katkılarıyla KAH'ın morbidite ve mortalite oranı önemli ölçüde azaltılmaya çalışılmaktadır.

İnvazif yöntem olarak ventriküler fonksiyonların analizinde, ventrikülografi altın standart olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemde kateterizasyon riskinin yanısıra hasta yüksek düzeyde radyasyon dozu almaktadır. Non invazif yöntemler arasında ise klinik rutinde en sık olarak ekokardiyografi kullanılmaktadır. Adı geçen her iki yöntemin değerlendirilmesi sırasında ventriküler parametre ölçümlerinde karşılaşılan zorluklar, diğer non invazif tetkiklerin gelişimine ve klinik kullanımlarının yaygınlığına neden olmuştur.

Noninvazif yöntemler arasında bulunan ultrafast bilgisayarlı tomografi ve magnetik rezonans inceleme prosedürlerinde ventriküler fonksiyonların değerlendirilmesinde önemli yol katedilmesine rağmen, henüz rutin kullanım açısından yeterli deneyim mevcut değildir.

Nükleer tıp yöntemleri KAH' da prognozun belirlenmesinde ana determinantlar olan, myokardiyal perfüzyon ve ventriküler fonksiyon değerlendirmesindeki tanısal güçleri açısından diğer non invazif metodlardan ayrılır.

80'li yılların başına kadar, ventriküler fonksiyon ve myokardiyal perfüzyonu teknik olarak aynı radyofarmasötik ile değerlendirmek mümkün değildi. Ventriküler fonksiyon, Tc-99m ile işaretli eritrositler veya Tc-99m Human Serum albümin ile ; myokardiyal perfüzyon ise günümüzde de halen oldukça yaygın olarak kullanılan ve önemini koruyan TI-201 kullanılarak incelenmekteydi.

Yaklaşık otuz yıl süresince, EKG-ile senkronize olarak kardiyak siklus boyunca ventriküler fonksiyonu inceleyen radyonüklid ventrikülografi (RVG) ,diğer adıyla **MULTI-G**Ated radionuclide equilibrium ventriculography (MUGA) , kesinliği, doğruluğu ve klinik yararlılığı ile kardiyak sistolik ve diastolik

fonksiyonun dökümantasyonunda standart yöntem haline gelmiştir. Ayrıca kontrast ventrikülografi ile karşılaştırıldığında düşük düzeyde radyasyon dozu vermektedir. Ventrikülografide alınan 5 rad'a karşılık 925 MBq Tc-99m ile işaretli eritrosit kullanımıyla tüm vücudun aldığı doz 375 mrad'dır (1).

1982 yılında Tc-99m ile işaretli yeni katyonik isonitril komplekslerinin tanımlanması ile Tl-201 molekülüne rakip olabilecek bir radyofarmasötik grubunun ortaya çıkışı myokard perfüzyon sintigrafisinde yeni bir çığır açmıştır. Günümüzde Teknesyum-99m (^{99m}Tc) myokardiyal perfüzyon ajanlarının (^{99m}Tc-MIBI ve ^{99m}Tc-Tetrofosmin) koroner arter hastalığında iskeminin, riskli myokardiyal alanların ve viabilitenin değerlendirilmesinde oldukça faydalı olduğu kabul görmüştür. Günümüz rutininde her iki ajan da myokardiyal perfüzyon sintigrafisinde kullanılmaktadır (2-9). Thallium-201 ile karşılaştırıldığında daha yüksek dozların uygulanabilmesi, yüksek foton akışının olması ve gama kamera görüntülemesi için uygun enerjiye sahip olmaları, ^{99m}Tc radyofarmasötiklerinin değerini bir kat daha artırmaktadır. Bu özellikleri sayesinde, Teknesyum-99m ajanları ile EKG senkronize GATED tomosintigrafi (SPECT) çalışmaları da yapılabilmektedir (10-12). MIBI ile hemen hemen aynı tutulum mekanizmalarına sahip olan Tetrofosmin, kardiyak tutulum ve hepatik ekskresyonunun hızlı olması ve radyofarmasötiğin enjeksiyona hazırlanmasındaki pratikliği nedeniyle daha avantajlıdır.

Myokardiyal perfüzyon sintigrafisi ile birlikte duvar hareketi analizinin iskemik kalp hastalıklarında tanı doğruluğunu artırdığı bilinmektedir. 80' li yılların başına kadar Tl-201' in yetersiz enerji düzeyi nedeniyle hem perfüzyon hem de fonksiyonu aynı anda değerlendirebilen GATED SPECT çalışması teknik olarak mümkün değildi. Günümüzde ise yeterli sayıda gamma-kamera bulunan her nükleer tıp servisinde bu değerli çalışma yapılabilmektedir. Bu metod ile EKG-gated görüntüleme ve tek bir enjeksiyonla hem duvar hareketi hem de myokard perfüzyonunun değerlendirilmesi yapılabilir (13-17). Elektrokardiyografi (EKG)-gated SPECT çalışmasında gated görüntülerdeki total sayım oranını artırmak için uzun çekim zamanı tercih edilmektedir. Verilerin kaydedilmesi ve işlenmesi bilgisayar hafızasında oldukça fazla yer tutmaktadır. Yurdumuzda ve dünyanın bir çok ülkesinde cihaz yetersizliği

nedeniyle bu metod klinik rutinde kullanılamamaktadır. Bu nedenle, tomografik çalışma gerektirmeyen ve dolayısı ile teknik olarak uygulanması her nükleer tıp servisinde mümkün olan iki boyutlu PLANAR GATED metodu , pratik nükleer tıp uygulaması olarak geliştirilmesi gereken bir metoddur.

Planar gated perfüzyon görüntüleme yöntemi yeni bir metod olmamakla birlikte, sol ventrikül fonksiyonlarının kantifikasyonu ilk kez Nakajima ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir (18). Literatürde planar gated myokard perfüzyon sintigrafisi ile ilgili az sayıda çalışma (19,20) mevcut olup ekokardiyografi (EKOKG) karşılaştırmalı sadece bir çalışmaya (21) çalışmaya rastlanılmıştır. Ancak her üç metodun (MUGA, GPTF ve EKOKG) karşılaştırmalı incelemesine rastlanılmamıştır.

Çalışmamızda klinik rutinde pratik bir yöntem olan gated planar perfüzyon sintigrafisi kullanarak ventriküler fonksiyonları global olarak ve segmental düzeyde inceledik ve ventriküler fonksiyonların değerlendirilmesinde standart bir yöntem olan multigated-anjiosintigrafi (MUGA) ve rutinde çok sık kullanılan Ekokardiyografik yöntem ile karşılaştırdık. Amacımız myokardiyal perfüzyon tomosintigrafisinin ardından, ek bir enjeksiyon gerektirmeden, yapılabilen GPTF metodunun duvar hareketleri analizinde MUGA çalışması ile uyumluluğunu belirlemek ve klinik yararlılığını araştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. KALBİN ANATOMİSİ:

Kalp piramidal şekilde musküler bir organ olup orta mediastende uzun eksenini sağ omuzdan sol üst abdominal kadrana oryante olacak şekilde yer alır. Bazal kısmında büyük damar yapılarıyla bağlı olmakla birlikte perikard içerisinde serbestçe lokalizedir. Kalbin üç yüzü bulunur: Sternokostal (anterior), diafragmatik (inferior) ve bazal (posterior).

Sternokostal yüz başlıca vertikal olarak atrioventriküler olukla birbirinden ayrılan sağ atrium ve sağ ventrikülden meydana gelir. Sağ kenar sağ atrium, sol kenar ise sol ventrikül ve sol aurikulanın bir kısmı tarafından oluşturulur. Sağ ventrikül sol ventrikülden anterior interventiküler olukla ayrılır.

Kalbin diafragmatik yüzü, posterior interventiküler olukla birbirinden ayrılan sağ ve sol ventrikülden oluşur. Inferior Vena Kava'nın da açıldığı sağ atriumun inferior kısmı, aynı zamanda bu yüzün bir parçasını oluşturur.

Kalbin bazali ya da posterior yüzünde başlıca dört pulmoner venin boşaldığı sol atrium bulunur. Sağ atrium da küçük bir oranda bu yüze katılım gösterir.

Aşağıya, öne ve sola doğru yönelim gösteren apeks, sol ventrikül tarafından oluşturulur. Orta hattın yaklaşık dokuz santimetre solunda beşinci interkostal aralıkta yer alır.

2.1.1. Kalbin Boşlukları:

Kalp vertikal septa ile sağ, sol atrium ve sağ, sol ventrikül olmak üzere dört boşluğa ayrılmıştır. Sağ atrium sol atriumun, sağ ventrikül ise sol ventrikülün önünde yer alır. Kalbin duvarları dışarıdan epikardium olarak adlandırılan seröz perikardiyum, içten ise endokardiyum denilen endotel tabakası ile sarılmış olan kompozit kalp kası myokardiumdan oluşur.

2.1.1.1. Sağ Atrium:

Sağ atrium ana bir kavite ve aurikuladan meydana gelmiştir. Bu iki bölümün dış bileşke yerinde "sulcus terminalis" diye adlandırılan vertikal bir oluk bulunur, iç tarafındaki kabarıklık ise "crista terminalis" adını alır.

Kabarıklığın posteriorunda uzanan atriumun ana bölümü, yumuşak

duvarlı olup embriyolojik olarak " sinus venosus " dan gelişmiştir. Ön bölüm ise crista terminalisten auriculaya uzanan muscoli pectinati adı verilen trabeküler kas liflerinden oluşur. Bu ön bölüm embriyolojik olarak primitif atriumdan gelişmiştir.

Sağ atrial duvar yaklaşık 2 mm kalınlığındadır. Süperior vena kava sağ atriumun üst bölümüne açılır . Valvi yoktur. Daha geniş olan inferior vena kava sağ atriumun alt kısmına açılır; rudimanter, fonksiyon görmeyen bir valve sahiptir. Koroner sinüs sağ atriuma inferior vena cava ve atrioventriküler oluğun arasından açılır; rudimanter fonksiyon görmeyen bir kapağı vardır. Sağ atrioventriküler delik inferior vena kava açıklığının önünde yer alır ve triküspit kapak tarafından muhafaza edilir. Bu oluşumlardan başka kalbin duvarına drene olan ve direkt sağ atriuma açılan birçok küçük ven bulunur.

Inferior vena kavanın rudimanter kapağından başka, fossa ovalis ve anulus ovalis diğer sağ atrial fetal kalıntılardır. Bu oluşumlar sağ atriumu sol atriumdan ayıran atrial septumda yer alır. Fossanın tavanı embriyonal kalbin persistan septum primumunu temsil eder . Anulus ise " septum secundum " un alt kenarı tarafından oluşturulmuştur.

2.1.1.2. Sağ Ventrikül:

Sağ ventrikül direkt olarak sternumun arkasında yer alan kalbin en önünde yerleşik olan bölümdür. Sağ ventrikülün büyümesi veya hiperaktivitesi sternumun ya da alt sol sternal kenarın palpasyonu ile saptanabilir. Sağ ventrikül sağ atriumun kısmen aşağısında, önünde ve medialinde yer alırken, sol ventrikülün anterior ve medialinde bulunur. Yüksek dirençli sistemik damarlara karşı uygun olan sol ventrikül elipsoid şekilde olup rölatif olarak kalın kas (otopside 8-10 mm) tabakasına sahiptir. Normalde çok düşük rezistansa karşı kontraksiyon göstermek durumunda olan sağ ventrikülün yarım ay şeklindeki kavitesini 4- 5 mm kalınlığındaki kas tabakası çevreler. Ventriküler septum her ne kadar iki ventrikülün de medial duvarını oluşturuyor gözükse de normal kişilerde öncelikle sol ventrikülün fonksiyonuna katılır.

Sağ ventrikül sağ atriumla atrioventriküler, truncus pulmonalisle ise pulmoner pencere aracılığı ile ilişkilidir. Triküspit kapak atrioventriküler açıklığı korur. Endokardiumun kıvrımları tarafından oluşturulan ve bazı fibröz doku

tarafından çevrilen anterior, septal ve inferior olmak üzere üç yapraktan meydana gelir. Chordae tendineae'ler yaprakçıkları papiller kaslara birleştirirler. Ventrikül kontraksiyonu ile birlikte papiller kaslar da kontrakte olurlar ve yaprakçıkların atriuma girmesine engel olurlar. Bu işleme yardımcı olmak için, bir papiller kasın chordae tendineae'sı iki yaprakçığın komşu kesimi ile bağlantılıdır.

Pulmoner kapak pulmoner açıklığı korur. Endokard ve etrafını saran fibröz dokudan oluşan üç adet semilunar kapakçıktan oluşmuştur. Kapakçıklar sağ, anterior ve posteriora yer alırlar. Ventriküler kavite pulmoner pencereye yaklaştıkça huni şeklini alır ve bu noktaya infundibulum denir. Infundibulum giren kan pulmoner trunkusa, superior ve posteriora fırlatılır.

Sağ ventrikülün duvarları kas demetleri tarafından oluşturulan kabarıklıklar gösterir. Bu kabarıklıklar ventrikül duvarına "trabeculae carneae" adı verilen süngerimsi bir görüntü verir. Trabeculae carneae üç tipten oluşmuştur. İlkinin içe doğru projekte olan, bazal kısmı ile ventriküler duvara tutunan, apikal kısmı ile fibröz kordlara (chordae tendineae) bağlı olan papiller kaslar oluşturur. İkinci tipini uç kısımlarından ventriküler duvara tutunan, ortasından ise serbest olan ventriküler kaviteyi septalden ön duvara doğru kateden moderatör band oluşturur. Moderatör band, kalbin iletim sisteminin bir parçası olan atrioventriküler his demetinin sağ branşını taşır. Üçüncü tip ise belirgin kabarıklardan oluşmuştur.

2.1.1.3. Sol Atrium:

Sol atrium ana bir kavite ve auriculadan oluşur. Sol atrium sağ atriumun arkasında yer alıp kalbin bazal yada posterior yüzünün en büyük kısmını meydana getirir. Arkada yer alması masif dilate olmadıktan sonra dıştan palpe edilmesini olanaksız kılar. Sol atrium genelde mitral stenoz ve yetmezlikte posterior ve laterale doğru büyür. Arkasında seröz perikardiumun oblik sinüsü yer alır, fibröz perikard sol atriumu yemek borusundan ayırır. Sol atriumun duvarı yaklaşık 3 mm olup sağ atriumdan biraz daha kalındır. Her bir akciğerden iki adet olmak üzere gelen dört pulmoner ven kapaksız olarak posterior duvara açılırlar. Eldiven şeklinde sol atrial kas pulmoner ven çevresine 1 veya 2 cm. uzanım gösterirler ve parsiyel sfinkter etkisi göstererek

atrial sistol sırasında reflüü veya mitral regürjitasyonu önlemeye yardımcı olurlar.

Sol atrium sol ventrikülün sistolü sırasında rezarvuar görevi yapar ve sol ventrikülün doluşu esnasında kanal vazifesi görür. Ek olarak sol atrium kontraksiyonu sol ventrikül kan volümünde anlamlı artışa neden olur. Bu olay bazen atrial vuruş ya da ventriküler doluşun atrial komponenti olarak bilinir.

Sol atriumun endokardı yumuşak olup opak görünümündedir. Anterolateral sol atriumdan projekte olan ve pulmoner arter boyunca uzanan pectinate kaslar sadece sol atrial apendajda bulunurlar.

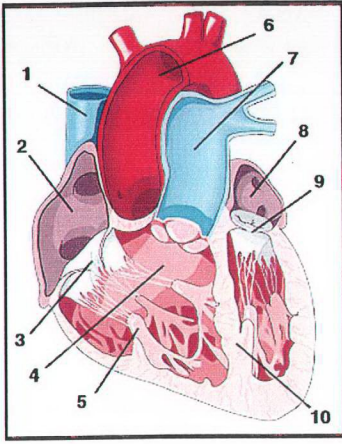
Sol atrioventriküler orifisde mitral kapak bulunur.

2.1.1.4. Sol Ventrikül:

Sol ventrikül atrioventriküler pencere aracılığı ile sol atriuma, aortik pencere aracılığı ile ise aorta açılır. Sol ventrikülün duvarları sağ ventrikülün duvarlarından üç kez daha kalındır (8-15mm). (Sol intraventriküler basınç sağ intra ventriküler basınçtan altı kat fazladır). Sol ventriküler apeksin ucu sıklıkla incedir. Bazen 2 mm ve daha az olabilmektedir. İyi gelişmiş trabeculae carneae, iki büyük papiller kas içerir. Moderotör bandı yoktur. Aortik pencerenin altındaki ventriküler kısım aortik vestibül olarak adlandırılır. Kabaca üçgen şeklinde olan septum (üçgenin tabanı aort kapağı seviyesindedir) superiorda yerleşik küçük membranöz septum dışında tamamen musküler yapıdadır. Septumun üst üçte biri yumuşak endokarddan oluşmuştur.

Mitral kapak atrioventriküler pencereyi korur. Yapısı triküspit kapağa benzeyen anterior ve posterior olmak üzere iki kapakçıktan oluşur. Anterior kapak daha büyük olup, atrioventriküler ve aortik pencere arasına girer. Chordae tendinaların kapakçıklara ve papiller kaslara tutunması triküspit kapaktakine benzer şekildedir.

Aortik kapak aortik pencereyi muhafaza eder ve tam olarak pulmoner kapağın yapısına benzer. Bir kapakçık anteriorda (sağ), ikisi posterior duvarda (sol ve posterior) yerleşiklerdir. Her kapakçığın arkasında aort duvarı aortik sinüsü yapmak için bombe yapar. Sağ koroner arter anterior aort sinüsünden, sol koroner arter sol posterior sinüsten çıkar(22,23).



- 1-Vena cava superior
- 2-Sağ atrium
- 3-Triküspit kapak
- 4-Sağ ventrikül
- 5-Papiller kas
- 6-Aorta
- 7-Pulmoner arter
- 8-Sol atrium
- 9-biküspit kapak
- 10-İnterventriküler septum

Şekil:1-Kalbin Anatomisi

2.2. KALBİN İLETİ SİSTEMİ:

Normal insan kalbi istirahatteki bir erişkinde dakikada 70 atım olacak şekilde kontraksiyon gösterir. Ritmik kontraktıl ürün spontan olarak ileti sisteminden kaynaklanır ve impuls kalbin çeşitli bölgelerine yayılır. İlk olarak atriumlar daha sonra ventriküller kasılır. Atriumlardan ventriküllere çok kısa bir süre ileti gecikmesi, ventriküller kasılmadan önce atriumlardaki kanın ventriküllere geçmesine olanak verir.

Kalbin ileti sistemi sinoatrial node (Pacemaker, Keith Flack düğümü), atrioventriküler node (Aschoff-Tawara düğümü), atrioventriküler demet (His demeti) ve onun sağ ve sol terminal kolları ile birlikte Purkinje liflerinin subendokardial ağından meydana gelir. Sinoatrial düğüm kalp kası kontraksiyonlarının başlatıldığı yer olup sıklıkla "pacemaker" olarak adlandırılır. Oval bir yapı gösteren düğüm yaklaşık 10-20 mm uzunluğunda, 5 mm kalınlığındadır. Sulcus terminalis'in üst kısmında, Superior Vena Kava'nın sağ atriuma açılma noktasının hemen sağında, subepikardiyal bölgede yer alır. Beslenmesi % 50-60 sağ koroner arterden , % 40-45 oranında ise sol circumflex arterden köken alan sinüs nodu arteri tarafından sağlanır. Yüzde 11

vakada dual beslenme mevcuttur. İmpuls başladıktan sonra atrioventriküler düğümüne ulaşmak için tüm atrial myokardiuma yayılır. Sinüs ve atrioventriküler düğüm arasında anterior internodal (Bachmann–James'), orta internodal (Wenckebach's), posterior internodal yol (Thorel's) 'lar bulunmaktadır. Atrioventriküler düğüm atrial septumun alt kesiminde, triküspit kapağın septal kısmının birleşim yerinin hemen yanındadır. Erişkinde ovoid şekilde olan AV düğüm 1x3x5 mm boyutlarındadır. Beslenmesi % 85-90 olguda sağ koroner arterden, %10-15 olguda ise sol circumflex arterden köken alan AV nodal arterden sağlanır. Kardiyak impuls buradan ventriküllere atrioventriküler demet aracılığıyla ulaştırılır. His demeti kordal bir yapıda olup, yaklaşık 20 mm uzunluğunda, 2 mm çapındadır. Atrioventriküler demet ventriküler septumun membranöz kısmının alt kenarına ulaşmak için triküspitin septal kapakçığının arkasından aşağıya doğru iner. Septumun muskuler kısmının üst kesiminde her iki ventrikül için iki parçaya ayrılır. Sağ dal ventriküler septumun sağ tarafından aşağıya doğru inerek moderatör banda ulaşır, sağ ventrikülün ön duvarını çaprazlar ve burada Purkinje pleksusunun liflerine katılır. His demetinin sol kolu septumu deler ve septumun sol kenarından subendokardiyal yoluna devam eder. Genelde iki kola ayrılıp sol ventrikülde Purkinje lifleri ile devamlılık gösterir. Görüldüğü gibi kalbin ileti sisteminin görevi sadece ritmik kardiyak uyarıları oluşturmak değil, aynı zamanda impulsları myokard boyunca hızlı bir şekilde iletmektir. His demetinin sol kolunun kanlanması sol anterior inen arter (SAİA) ve posterior inen (sağ) arter (PİA) tarafından sağlanır. Sol demetin ön ve orta dalları başlıca SAİA'nin septal perforan dalları tarafından beslenirler. Sağ demet sağ ve sol anterior inen koroner arter tarafından beslenir. İleti sisteminin aktivitesi kalbin otonom sinir sistemi tarafından etkilenebilir. Parasempatik sinirler ritmi azaltıp, impulsun ileti oranını düşürürken sempatik sinir sistemi zıt yönde etki gösterir (23,24)

2.3. EPİKARDİYAL KORONER ARTERLER:

Epikardiyal koroner arter sistemi (25) normalde Valsalva sinüsünün ostiumundan çıkan sol ve sağ koroner arterlerden oluşur. İnsanların % 50 sinde üçüncü bir koroner arter ("conus arteri") sağ sinüste ayrı bir ostiumdan çıkar. Ek

olarak multipl sağ ventriküler dallar veren küçük ostiumlar sağ sinüste bulunabilir.

Sol ana koroner arter (SAKA) sol anterior inen arter (SAİA) ve sol circumflex (SC) artere ayrılmadan önce 1-25 mm uzunluğundadır. Sol inen arter 10-13 cm. uzunluğunda olup dominant olmayan sol circumflex koroner arter 6-8 cm. kadardır. Dominant sağ koroner arter (SKA) posterior inen arter (PIA)'i vermeden önce yaklaşık 12-14 cm uzunluğundadır. Adultta ana koroner arterlerin luminal çapları: SAKA, 2.0 - 5.5 mm (ortalama 4 mm); SAİA, 2.0 - 5.0 (ortalama 3,6 mm) ; SC, 1.5 - 5.5 mm (ortalama 3.0 mm) ; ve SKA 1.5 - 5.5 mm (ortalama 3,2 mm) dir. SAİA ve SC arterlerin çapları ana bifurkasyon noktasından sonra genelde giderek azalırken, SKA 'nın çapı posterior desandan dalı verene kadar sabit kalır. Subepikardiyal koroner arterler değişen miktarlarda supepikardiyal yağ tabakasına gömülü olarak kalbin yüzeyinde ilerlerler. Epikardiyal koroner arterlerin bazı bölümleri myokard içine dalabilirler ("mural arter" veya "tünel arter") ve değişen uzunluklarda (1 mm den birkaç mm'ye kadar) ventriküler kas ile çevrilebilirler (myokardiyal köprü). Mural arterler normal bir varyasyon olarak kabul edilirler ve % 86' ya varan oranlarda damarlarda görülebilirler.

2.3.1. Ana Epikardiyal Arterlerin Dalları:

2.3.1.1.Sol İnen Arterin Dalları :

Sol anterior inen arterin dalları sırasıyla birinci diagonal, birinci septal perforatör, sağ ventriküler (normal kalpte her zaman izlenmez), diğer septal perforatörler ve diğer diagonal dallardır. Diagonal arterlerin sayısı 2 ile 6 arasında değişmektedir, birinci diagonal ayrı olarak sol ana trunkustan orijin alabilir. Diagonal dallar SAİA ve SC' in açısı arasında sol ventrikülün serbest duvarında lateralde yer alırlar. Sayıları 3 ile 5 arasında değişen , SAİA'yi dik bir açıda terkeden ve ventriküler septuma giren septal dallar bulunmaktadır.

2.3.1.2.Sol circumflex'in dalları:

Sol circumflex' in dalları değişkendir ve sinüs node arteri (%40-50), sol atrial circumflex dal, anterolateral marjinal, distal circumflex, bir veya daha fazla posterolateral marjinal dal ve posterior inen arter (%10-15) den oluşur. Genelde

en büyük damar olan anterolateral marjinal dal anterolateral duvar boyunca apekse doğru yönelmiştir.

2.3.1.3.Sağ Koroner Arter'in dalları:

Sağ koroner arterin dallarını konus arteri (% 40-50 oranında sağ koroner sinüsten ayrı bir ostiumdan köken alabilir), sinüs node arteri (%50-60), çeşitli anterior sağ ventriküler dallar, sağ atrial dallar, akut marjinal dal, AV düğüm arteri , proksimal his dalları, posterior inen arter , sol ventrikül ve sol atrium terminal dalları oluşturur.

2.3.2.Koroner Arter Dağılımı ve Myokardiyal Beslenme:

Sol anterior inen arter interventriküler septumda ilerler ve posteroapikal ve distal posterior septal duvarları beslemek için apeksi çaprazlar. Yüzde 90 olguda apeksi sarar. Sol ventrikülün anterior, anterolateral duvarını (diagonal dallar), apeksi (hastaların büyük bir kısmında), interventriküler septumun ön 2/3' ünü, septuma yakın olan sağ ventriküler bölgeyi besler. Sol anterior inen arterin proksimal stenozu sonucu septum ve anterior duvarı içine alan perfüzyon defekti oluşurken, distal bir lezyon, anterior duvarda defekt oluşturacaktır. Sol anterior inen arterin diagonal dallarındaki stenoz apeks ve septumu kapsamayan perfüzyon defekti oluşturur. Dominant sağ koroner arter anterior, lateral ve posterior sağ ventriküler myokardiyumu besler. Posterior koroner arter (sıklıkla SKA'dan çıkar) ventriküler septumun arka 1/4 'ünü ve posterior sol ventrikül serbest duvarını kanlandırır. Sol circumflex arter genelde sol ventrikülün lateral duvarını (anterolateral ve posteromedial papillar kaslar arasında kalan ventriküler myokardiyumu) besler. Ventriküler septumun bazal kısmı genelde PIA'nın dalları tarafından beslenir. Posterior sol ventrikülün apikal 1/3'ü başlıca SAIA tarafından beslenir. Sol anterior inen arter ve dallarının sol ventrikülün apikal duvarını, sağ ve sol his demetinin büyük bir kısmını ve anterolateral papillar kasları beslediği kabul edilmektedir. Eğer PIA circumflex arterden çıkarsa tüm ventriküler septum, sol koroner sistemden vaskülarize olmaktadır. Kogel arteri proksimal SKA veya SC'den nadiren de SAKA'dan orijin alır. Atrial septumun arkasından dolanır ve AV nodal arter ile anastomoz yapar .

Koroner arter dağılımındaki varyasyonlara oldukça sık rastlanır. En sık varyasyon her iki ventrikülün de diafragmatik yüzünün beslenmesinde ortaya

çıkarak. Posterior interventriküler arter (PIA)' in orijini, büyüklüğü ve dağılımı değişkenlik gösterir. Sağ dominant olgularda PIA, sağ koroner arterin dalı olup sol dominant olgularda sol koronerin dalıdır. Posterior inen arter % 85 olguda SKA'dan % 8 olguda ise SC'den köken alır. Kodominans % 7 olguda SKA ve SC birlikte PIA'yı oluşturduğunda ortaya çıkar.

Koroner arterlerin terminal dalları arasında anastomozlar olabilsede geniş bir dal bloklandığında myokardiyal beslenmeyi sağlayabilecek kadar yeterli değildir (22,23).

2.3.3.Koroner Arter Patofizyolojisi:

2.3.3.1.Koroner arter çapı ve kesitsel alan:

Koroner arter çapındaki % 50 daralma kesitsel alanda (KSA) % 70 azalmaya; çaptaki % 70 daralma KSA'da % 90 azalmaya; çaptaki % 90 daralma ise KSA'da % 99 azalmaya neden olmaktadır. Kritik stenoz damarın kesitsel alanında % 90 kayıp olduğunda meydana gelir ve arterin beslediği dokularda iskemi oluşur. Dinlenme halinde SAKA'nın çapında % 50, SAIA, SC veya SKA'nın'nin %90 (egzersizde %70) darlık hemodinamik olarak anlamlı kabul edilmektedir. Anjiyografik olarak değerlendirildiğinde minimal (<%50) ve ciddi (>%80) darlıklarda, değerlendirenler arasında görüş birliği vardır. Ancak orta derecede (%40-%80) stenozlarda görsel kantifikasyonda % 20 'lere varan değişkenlik olabilir (26).

2.4. KORONER VENLER:

Kalbin venöz drenajını sağlayan yaygın bir ven ağı bulunur. Üç venöz drenaj sistemi gösterilmiştir: Koroner sinüs ve dalları, anterior sağ ventriküler venler ve Thebesian venleri.

Kalbin crux'unun yanında posterior atrioventriküler olukta yerleşik olan koroner sinüs büyük orta ve küçük kardiyak venlerden, sol ventrikülün posterior venlerinden ve sol atrial oblik venden venöz (Marshall'ın) kanı alır. Koroner sinüs başlıca sol ventrikülün kanını drene eder. Anterior interventriküler ven, anterior interventriküler septumda SAIA' ye paralel olarak seyreder. Sol ana koroner arterin bifurkasyon noktasına kadar çıkar sol atriumun altında, sol atrioventriküler sulcusta büyük kardiyak ven adını alır. Posterior yolculuğu

boyunca büyük marjinal ve posterior sol ventriküler dallardan venöz kan alır ve sol atriumun posterior kenarında koroner sinüse katılır. Posterior interventriküler ven (orta kardiyak ven), apeksin posteriorundan çıkar ve P1A' nın yanında posterior interventriküler olukta yukarıya doğru ilerler ve sağ atriuma direkt olarak yada koroner sinüs aracılığıyla boşalır. Marshal'ın oblik veni sol ventrikülün posteriorunda yer alır ve koroner sinüse katılır.

Koroner sinüs posterior atrioventriküler olukta triküspit kapak ile vena cava inferiorun arasında sağ atriuma açılmadan önce 2-3 cm. yol alır. Koroner venöz kanın % 85'ini ventriküler septum, sol ventrikül, her iki atrium ve sağ ventrikülün drenajı oluşturur. Sayıları iki ile dört arasında değişen anterior kardiyak venler anterior sağ ventrikülden köken alıp, drene olurlar; yukarı doğru uzanıp sağ atriuma açılırlar. Sağ ventrikül ve sağ atriumdan bazı dallar alan küçük kardiyak ven koroner sinüs veya sağ atriumda sonlanır. *Thebesian* venleri başta sağ atrium ve sağ ventrikül olmak üzere kardiyak boşluklara direkt olarak çıkan ince venlerdir (22).

2.5. KALBİN İNNERVASYONU:

Kalp kardiyak plexus aracılığıyla otonom sinir sisteminin sempatik ve parasempatik lifleri tarafından innerve edilir. Sempatik lifler servikal ve üst torakal liflerden gelir. Parasempatik innervasyon nervus Vagus tarafından sağlanır. Postganglionik efferent lifler sinoatrial ve atrioventriküler düğümlerden geçerler ve koroner arterler çevresindeki plexuslar aracılığıyla kalbin diğer kısımlarına yayılırlar. Kemoreseptörler ve mekanoreseptörlerden gelen afferent uyarılar sempatik plexustan periferel sensoral axonlar aracılığıyla geçerler ve torasik dorsal ganglionlara ulaşırlar. Ventral spinotalamik traktus yoluyla talamusun posteroventral nukleusunda sonlanırlar. Vagus sinirinde yer alan afferent lifler kardiovasküler reflekslerde rol oynarlar (Bezold –Jarisch refleksi) (27-29)

2.6. KARDİOVASKÜLER SİSTEMİN NORMAL FİZYOLOJİSİ

Kardiovasküler sistemin üç ana fonksiyonu bulunmaktadır. 1.) Hücrelere oksijen ve diğer besin maddelerinin transportu 2.) Hücreleri metabolizma

sonucu oluşan artık ürünlerden arındırmak 3.) Hormon gibi maddeleri vücudun bir yerinden diğerine taşımak. Ek olarak kalbin ve kan damarlarının nörohumoral fonksiyonları da bulunmaktadır (30).

2.6.1.Myokardiyal Performans:

Her bir atımda kalbin performansı aşağıda bahsedilen birbiriyle ilişkili dört ana faktör tarafından belirlenir:

- 1-Preload (Kalbin Starling Kanunu) ve afterload
- 2-Kontraktilite (inotropik durum)
- 3-Diastolik komplians (lusitropik durum)
- 4-Kalp hızı veya kontraksiyonların frekansı

Kardiyak performansı etkileyen diğer faktörler arasında ventriküler kontraksiyonların senkronisitesi, atrial fonksiyon, nöronal kontrol, ilaçlar, hormonlar, metabolik ürünler ve perikardiyal özellikler yer almaktadır (22).

İstirahat durumundaki bir kişide kalp dakikada ancak 4-6 litre kadar kanı pompalar. Şiddetli egzersiz sırasında bu miktarın 4-7 katını pompalaması gerekebilir. Kalbin pompalama faaliyetini düzenleyen iki temel mekanizma 1) Kalbe gelen kan miktarındaki değişimlere cevap olarak pompalamanın intrinsek regülasyonu, 2) Otonom sinir sistemi tarafından kalbin refleks kontrolüdür (24).

2.6.1.1.Kalp Pompalanmasının İntrensek Regülasyonu-Kalbin Frank-Starling Yasası (preload)ve afterload

Kalp tarafından bir dakikada pompalanan kan miktarını belirleyen başlıca faktörlerden birisi, venöz dönüş denen venlerden kalbe akan kanın hızıdır. Vücudun periferik dokuları kendi kan akışlarını kontrol ederler ve bütün periferik dokularda geçen kan miktarı ne kadar olursa olsun venlerle sağ atriuma döner. Kalp kendisine gelen kanı otomatik olarak sistemik arterlere pompalar, sonuç olarak kan tekrar dolaşıma katılır. Böylece kalp her an kendisine gelen değişik kan miktarına uyum yapmak zorundadır. Dakikada kalbe gelen kan 2-3 lt.'ye düşebileceği gibi 25 lt.'ye ya da daha fazla miktara çıkabilir. Kalbin değişik miktarlarda gelen kanla yüklenmelere gösterdiği intrinsek uyum yeteneğine *Frank-Starling kalp yasaı* denir. Temel olarak Frank Starling yasaı diyastol sırasında kalp ne kadar fazla dolarsa, sistolde o kadar fazla kanın aortaya

pompalanacağını bildirir. Bu yasa şöyle de tanımlanabilir: Fizyolojik sınırlar içinde kalp, venlerde aşırı bir birikmeye olanak vermeyecek şekilde kendisine gelen büyük kanı pompalar.

2.6.1.1.1.Frank Starling Yasasının Mekanizması:

Kalbin değişen kan akımına uyumunu sağlayan temel mekanizma şöyledir. Kalp boşluklarına fazla miktarda kanın girmesinde olduğu gibi kalp kası fazla gerilirse, kas çok daha büyük bir güçle kasılarak otomatik bir şekilde daha fazla kanı arterlere pompalar. Gerilmiş kasın daha güçlü kasılma yeteneği yalnız kalp kasının değil, bütün çizgili kasların ortak özelliğidir. Kontraksiyon gücünün böylece artmasının nedeni büyük bir olasılıkla bu koşullarda aktin ve miyozin filamentlerinin kontraksiyon için daha optimal bir bağlanma (kenetlenme) derecesine getirilmiş olmasıdır.

2.6.1.1.2.Kalbin Atım Hızının Etkisi

Kalp hacminin artması ile pompa etkinliğinin yükselmesinde, kalp kasının önemli olan gerilme derecesine ek bir faktör daha vardır. Sağ atrium çeperinin gerilmesi direkt olarak kalp hızını %10-30 artırır; katkısı Frank Starling mekanizmasından daha az olmakla birlikte bu mekanizma da dakikada pompalanan kan miktarının artmasına yardım eder.

2.6.1.1.3.Arteryal Basınç Yükündeki Değişmelerin Kalp Debisi Üzerinde Etkisiz Kılması:

Kalbin Frank Starling yasaının en önemli yönlerinden birisi belirli sınırlar içinde kalbin pompa gücü karşısındaki arteryal basıncın yükünde ortaya çıkan değişikliklerin kalbin dakika hacmi (kalp debisi) üzerine hemen hemen hiç etkili olmamasıdır. Bu etkinin önemi şudur: Kalp tarafından pompalanan kanın miktarını belirleyen faktör arteryal basınca bağlı olmaksızın, kalbe kanın giriş hızıdır. Arteryal basınç yaklaşık 170 mmHg 'nın üzerinde çıktığı zaman, arteryal basınç yükü kalp yetersizliğinin başlamasına neden olur. Günlük normal arteryal basınç sınırları 80-170 mmHg arasında olup, normal çalışma sınırları içinde kalp dakika hacmi, arteryal basınçtan bağımsızdır.

Kalp debisinin arteryal basınç yükündeki değişimlerden bağımsız olması kısmen, kalbin iki aşamalı bir pompa olmasından ileri gelir. Sol ventrikülde orta derecede bir yetersizliğin başlaması bile sağ atrium basıncında birkaç mm.Hg

lik bir yükselme yapacaktır. Çünkü sol atrium basıncı anormal şekilde yükselmedikçe, geriye akciğerlere geniş ölçüde yansımaz. Böylece sağ ventrikül karşısındaki yükte bir değişme olmaz; sağ ventrikül normal miktarlardaki kanı akciğerlere pompalamaya devam ederek , sol ventrikülü (hatta yetersizliğin başlangıcında olsa bile) normal kalp debisini pompalamaya zorlar.

2.6.1.1.4.Ventrikül Hacminin Ventrikül Basıncıyla İlişkisi

Ventrikül hacmi ile ventrikül basıncı arasındaki ilişkinin araştırılmasıyla, kalbin fonksiyonel yeterliği hakkında bilgi edinilebilir. Ventrikül hacmi 150 ml.nin üzerine çıkıncaya kadar diyastolik basınç fazla yükselmez. Bu hacmin üzerinde kısmen kalpte fibröz dokunun daha çok gerilememesi, kısmen de kalbi saran perikardın gerilme sınırlarına varması nedeniyle, diastolik basınç hızla yükselir. Ventrikül kontraksiyonu sırasında ventrikül hacmi 150-170 ml olduğu zaman maksimum değerine ulaşır. Daha sonra hacim artmaya devam etse de bazı koşullarda sistolik basınç düşer. Çünkü bu çok geniş hacimde kalp kası liflerinin aktin ve miyozin filamentleri, optimal kontraksiyondan çok daha küçük bir gerim yaratacak şekilde birbirinden uzaklaşmıştır. Normal ve uyarılmamış durumdaki sol ventrikülden maksimum sistolik basınç 250-300 mmHg dir. Normalde sağ ventrikül basıncı ise 60-80 mmHg arasındadır.

2.6.1.1.5.Preload (Önyük) Ve Afterload (Artyük) Kavramları

Kasın kontraktıl niteliklerini değerlendirirken kasın önyük denen kontraksiyona başladığı andaki gerilme derecesini belirlemek çok önemlidir. Aynı şekilde kasın kasılma gücü karşısındaki yükü belirleme de önemlidir, buna da artyük adı verilir.

Kalp kasılması için önyük, "diyastol sonu" hacmi denen diyastol sonunda ventrikülden bulunan kanın hacmi olarak kabul edilir. Bu nedenle bazen önyük ventrikülü dolduran diyastol-sonu basınç ile de ifade edilir.

Ventrikül artyükü de ventriküllerden çıkan arterlerdeki basınçtır. Kalp ve dolaşım ile ilgili birçok anormal fonksiyonel durumlarda ventriküllerin dolma derecesi (önyük) ve/veya ventrikül kontraksiyonu karşısındaki arteriyal basınç (artyük) , normalden aşırı sapmalar gösterir (24).

2.6.1.2. Kontraktilite yada İnotropik Durum

Myokardiyal fonksiyonun preload veya afterloaddaki değişikliklerden bağımsız olarak etkilendiği üçüncü ana mekanizma kalp kasının kontraktilitesindeki değişimdir (31-41). Kontraktilitenin artışına neden olan biyokimyasal olaylar hala araştıma konusudur. Kasın kontraktıl durumundaki artış, sıfır hızda ve izometrik durumlarda, P_0 (izometrik güç) daki değişiklikle birlikte ya da değişiklik olmadan V_{max} (maksimal kas lifinin kısalma hızı) daki artış ile ilgilidir.

Kontraktilitedeki değişiklik kalp hızındaki artış ile ilişkili olup güç-frekans ilişkisi olarak tanımlanmış ve Bowdick etkisi olarak adlandırılmıştır. Birçok durumda kalp hızındaki artış myokardiyumun sempatik stimülasyonunun artışı ile birlikte. Sempatik stimülasyon sonucu adenilat siklaz aktive olur ve siklik adenozin-3',5'-monofosfat (cAMP) üretimi sonucu L-tipi kalsiyum kanallarından Ca girişi olur; myokardiyal kontraktilite artar. Sempatik stimülasyon sonucu kalp hızı artımıyla birlikte kontraktilite de arttığından sadece kontraksiyon güçlü ve hızlı hale gelmez aynı zamanda ventrilüler kasın relaksasyonu da daha hızlı duruma geçer. Daha güçlü kontraksiyon ve relaksasyon sonraki atımın atım volümünü artırır. Kontraksiyonun güçlenmesi sonucu artan ventriküler boşalma bir sonraki diastolün başlangıcında fiber uzunluğunun küçük olacağı anlamına gelir. Bu kısa lif uzunluğu ventrikülün distansibilitesini artırır ve daha düşük dolma basınçlarında daha fazla hacimde dolma sağlar (30).

2.6.1.3. Diastolik Komplians (Distansibilite) ve Lusitropik Durum:

Kalbin lusitropik durumu, herhangi bir diastolik basınçta dolma yeteneğini gösterir ve kalp duvarlarının sadece pasif viskoelastik özellikleri tarafından değil aynı zamanda kardiyak kontraktıl proteinlerden de etkilenir. Ventrikül doluşunun en önemli fizyojik determinantı beta adrenerjik stimülasyondur. Beta adrenerjik stimülasyon kontraktıl proteinleri kalsiyuma karşı desensitize eder; sarkoplazmik retikulumun kalsiyum pompasındaki kalsiyumun sensitivitesini artırır . Bu değişiklikler birlikte relaksasyonu artırır ve diastol süresince etkili olan kalsiyuma bağlı gerilimi azaltarak , diastolik basıncın herhangi evresinde doluşu artırabilir. İskemik ve yetmezlikteki kalpte olduğu gibi enerji yoksunluğu, muhtemelen diastolik komplianstaki değişikliğin en önemli

patolojik nedenidir ve myokard enfarktüsünü takiben diastolik kompliansın azalmasında önemli bir rol oynar. Normal diastolik kompliansın kaybına neden olan diğer etmenler arasında, extrasellüler matriksteki değişiklikler (fibrozis), anormal geometri (hipertrofi) ve perikardiyal konstriksiyon veya tamponad yer alır (30).

2.6.1.4.Kalp hızı

Egzersiz veya orta derecede artmış ihtiyaç periyodları sırasında kardiyak output artışının muhtemelen majör mekanizmasıdır. Kalp hızındaki artış aynı zamanda kontraktilete ve relaksasyonu artırarak diastolik performansı güçlendirir(30).

Genelde dakikadaki kalp atım sayısı ne kadar yüksekse kalp o kadar fazla kanı pompalayabilir, fakat bu etkinin kesin sınırları vardır. Kalp frekansı kritik bir düzeyin üzerine çıktığı zaman, kalp kasında metabolik substratların aşırı kullanımı sonucu , kalbin pompalama gücü düşer. Ayrıca kasılmalar arasındaki diyastol periodu o kadar kısalır ki kanın atriumlardan ventriküllere akımı için yeterli zamanı olamaz. Bu nedenle elektriksel uyarı ile kalp frekansı suni olarak yükseltirse kalbin en büyük pompalama yeteneği atım sayısı dakikada 100-150 iken görülür. Öte yandan sempatik stimülasyonla kalp hızlandığı zaman en yüksek pompalama gücüne frekansı dakikada 170-250 olduğu zaman ulaşır. Bu farkın nedeni sempatik stimülasyonun sadece kalbin dakikadaki atım sayısını artırmakla kalmayıp kalbin kasılma gücünü de yükseltmesi ve aynı zamanda sistol süresini kısaltarak, diyastolde kalbin dolması için daha fazla zaman sağlamasıdır (24).

2.6.2.Ventriküler Fonksiyon ve Kontraktileteyi Etkileyen Diğer Etmenler

2.6.2.1.Ventriküler Kontraksiyon Sekansı:

Ventriküler myokardiyal lifler ard arda kasıldıklarından daha sonra kontrakte olan myokardiyal liflerin kontraksiyon gücü bir önceki liflerin gücü, hızı ve sekansından etkilenir (32-34). Bu fenomen “ idioventriküler vuruş ” olarak bilinir (35).

Ventriküler kontraksiyonun anormal sekansı veya dissinerjisi mekanik olarak daha az etkili olup özellikle akinetik veya diskinetik bölgeler olduğunda relatif olarak enerji kaybına neden olur (30).

2.6.2.2.Ventriküler Çekiş (Emme)

Artmış atrial basınç veya azalmış ventriküler diastolik basıncın etkisiyle ventriküler doluş, atrium ve ventrikül arasındaki basınç farkı ile artar. Artmış elastik geri çekilme ve ventrikül relaksasyonu ile oluşturulan sonraki fenomen diastolik emme olarak bilinir. Bir formu normalde erken diastol esnasında AV kapakların açılışını takiben olur ve ventriküler volüm ile ters orantılıdır. Hızlı ventriküler fazın erken doluşunda ventrikül içerisindeki basınç ventriküler volümdeki simultane hızlı artışa rağmen azalır. Bu fenomen özellikle end diastolik volüm küçük olduğunda ventriküler doluşu hızlandırır (46,47). Bu tür bir mekanizmanın egzersiz sırasında taşikardi olduğu zaman dolma zamanı sınırlandığında özel bir değeri olur. Ventrikül volümünün fazla olduğu yetmezlikte olan ventrikülden diastolik emme daha az olacak ve daha yüksek ortalama atrial basınçlar ventrikülü doldurmak için gerekecektir (30).

2.6.2.3.Atrial fonksiyon

Atriumların iki ana fonksiyonu bulunmaktadır. Transport yada pompalama fonksiyonu ve hızlı ventriküler doluş için rezervuar fonksiyonu (48). Ventriküllerde olduğu gibi atriumlar da fiberlerin gerilmesine artmış kontraksiyon gücü olarak cevap verir. Dijital veya Katekolaminler gibi inotropik ajanlar ile sempatik stimülasyon veya azalmış vagal stimülasyon ventriküllere doğru daha fazla kanın pompalanmasına neden olur. Sonuçta end diastolik fiber uzunluğu ve end-diastolik basınç (atrial vuruş) artar ve böylece ventrikülün kontraksiyon gücünün artmasına neden olur. Atrial transport fonksiyonu kaybolduğunda (atrial fibrilasyon) normal bir kalpte, normal dolaşım rezerv mekanizmaları dinlenme halinde kardiyak outputu normal limitlerde sürdürmeye yeter. Bununla birlikte kardiyak outputun egzersize verdiği cevap azalır. Ventriküler hastalığı olan bir kişide ventrikülün kompliansı azaldığında diastolik disfonksiyon sonucu ortalama diastolik basınç yükselebilir ve olay pulmoner konjesyon ile sonuçlanabilir. Bu tür atrial yetmezlik sonucu istirahat halindeki kardiyak atım azalabilir.

Atrium ve ventriküller aynı zamanda atrial natriüretik peptid (ANP) ve beyin natriüretik peptidleri (BNP) üretirler. Bu ürünlerin natriüretik ve diüretik etkileri vardır ve intestinal düz kasları relakse eder(49-53). Bazı ANP ve BNP'ler ayrıca vasküler kasları da gevşetir.

2.6.2.4. Sinirsel Kontrol

Miyokardiyal lifler arasında yer alan sempatik lif uçlarından norepinefrin(NE) sentezlenir ve granüllerde depolanır. Atriumlarda daha fazla olmak üzere atrium ve ventriküllerde beta1 ve beta2 reseptörleri bulunur. Beta2 reseptörler özellikle vasküler düz kaslarda veya SA veya AV nodde bulunur (54). Stimülasyon olduğunda sempatik lifler NE'nin lokal salınımına neden olurlar .

Özellikle iki atrium, bol miktarda sempatik ve parasempatik sinirlerle donatılmıştır, fakat ventriküller başlıca sempatik, çok az sayıda da parasempatik liflerle innerve edilmiştir. Bu sinirler kalbin çalışmasını iki şekilde etkiler. 1) Kalbin atım sayısını (frekansını) , 2) Kalbin kasılma gücünü değiştirerek. Parasempatikler kalp frekansını azaltırken, sempatik stimülasyon frekansını yükseltir. Kontrol sınırları maksimum vagal uyarı ile 20-30 olacak kadar küçük bir değerle, maksimum sempatik uyarı ile dakikada 250 atım olacak kadar yüksek değerler arasında değişmektedir. Genellikle sempatik stimülasyon kalp kasının kontraksiyon kuvvetini artırırken, parasempatik uyarı kontraksiyon gücünü azaltır.

Normal koşullarda sempatik sinir lifleri kalp kasına sürekli yavaş deşarjlar gönderirler. Böylece ventrikül kontraksiyon gücü sempatik stimülasyonun bulunmadığı durumlardakinin %20 kadar üzerinde tutulur. Maksimum sempatik uyarı ventrikül kontraksiyon gücünü yaklaşık %100'ü kadar artırabilir. Kalbin maksimal parasempatik uyarısı ise, ventrikül kontraksiyon kuvvetini %30 kadar azaltır. Parasempatik etki sempatik etkinin aksine rölatif olarak küçüktür(24)

2.6.2.5. Kardiyak Renin Anjiyotensin Sistemi

Renin Anjiyotensinojen , Anjiyotensin dönüştürücü enzim ve ürünleri Anjiyotensin I ve II myokardiyumda lokalizedir (55,56) . Ek olarak Anjiyotensin II reseptörleri kardiyak fibroblastları ve myositlerinde bulunurlar. Otokrin-parakrin teoriye göre Anjiyotensin II'nin lokal salınımı selüler hipertrofi gibi lokal cevabı

kontrol eder. Bu sistem aynı zamanda strese cevapta ve kalp yetmezliği varlığında önemli rol oynar (30).

2.6.2.7. İlaçlar ve hormonlar

Myokardiyal kontraktilite Ca^{++} iyonlarının hücreye girişi ile doğru orantılı olarak artar (57-59) Norepinefrin, Epinefrin Isoproterenol gibi katekolaminler myokardiyal hücreler üzerinde bulunan beta adrenerjik reseptörler üzerinden etki ederek kalp kasında güçlü ancak kısa süren kontraksiyonlara neden olurlar. Dijital glikozidler kontraktiliteyi Na^+ / K^+ , ATPaz enzimini inhibe ederek artırır. Kontraktilite aynı zamanda Glukokortikoidler, Aldakton, Anjiotensin II, Serotonin ve Glukagon tarafından da artırılır. Vasküler endotelial hücreler endotelin gibi myokardiyal kontraktiliteyi etkileyen substratlar salarlar. Endotelin aynı zamanda potent bir vazokonstriktördür (60-63). Endokardiyal hücreler aynı zamanda kontraktilite üzerinde etkili görülmektedir.

Tiroksinin myokardiyal kontraktilite üzerindeki etkileri kompleks olmakla birlikte genelde kontraksiyon ve relaksasyon oranını artırır.

Myokardiyal kontraktilite hipoksi, iskemi durumunda ve barbitütatlar, kinidin, prokainamid, disopyramid, lidokain, çoğu beta-blokerler ve Ca-kanal blokerler kullanımında deprese olur.

Asidoz özellikle sempato-adrenal sistem fonksiyonu bozulduğunda myokardiyel kontraktilite azalır (64). Morfinin izole myokardiyal liflerde negatif inotropik etkisi bulunur.

Halotan veya Pentobarbütal ile yapılan genel anestezi myokardiyal kontraktiliteyi belirgin derecede deprese eder.

2.6.2.8. Postekstrasistolik Potensializasyon

Normal atımlar arasında spontan olarak ekstrasistolik depolarizasyon oluştuğunda, gelen normal atım potansiyalize olur. Postekstrasistolik potensializasyonun büyüklüğü genelde bir önceki atıma yakınlığı ile ilişkilidir. Mekanizma muhtemelen aktin ve miyozin miyofilamanlarının kontraktil kısımlarıyla Ca iyonlarının artışı ile ilgilidir.

2.7. KARDİYAK FONKSİYONLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bilinen veya şüpheli kardiyak hastalığın değerlendirilmesinde ventriküler performansın, fonksiyonun ve kontraktilitenin değerlendirilmesi kritik önem taşır. Ventriküler performans ventrikülün basit pompalama fonksiyonu ile ilişkili olup kardiyak output veya kardiyak iş ile orantılıdır. Ventriküler fonksiyon ventriküler performansın parametreleri olan preload, end-diastolik volüm, boyut, basınç veya duvar stresi ile ilgilidir. Myokardial kontraksiyon da ayrıca kardiyak fonksiyonu önemli derecede etkileyen bir faktördür (65).

2.7.1.Kardiyak Fonksiyonun Değerlendirilmesinde Kardiyak Outputun Limitasyonları:

Kalbin primer fonksiyonu dokuların metabolik ihtiyaçlarını görebilmeleri için yeterli oksijen sağlamak olduğundan kardiyak outputun belirlenmesi kardiyak performans ve fonksiyonun belirlenmesinde önemli bir parametredir. Kardiyak hastalığı olan hastalardaki tedavi sonuçları çoğunlukla bu değişkenin üzerindeki etkiler ile değerlendirilir. Bununla birlikte kardiyak output preload, afterload ek olarak ta myokardiyal kontraktiliteye bağlıdır. Bu nedenle kardiyak outputun tek başına ölçümü ventriküler fonksiyon ve myokardiyal kontraktilite hakkında sınırlı bilgi verir (66).

Kontraktilitenin herhangi bir düzeyinde myokardiyal lif kısalması preload ile direkt, afterload ile ise ters orantılı olarak değişir (67). Sağlam bir organizmada afterload ventriküler ejeksiyona karşı gelen eksternal güçlerin toplamı olarak tanımlanan aortik impedans ile yakından ilişkilidir. Afterload değiştiği zaman kardiyak outputta ve ilişkili olduğu parametrelerde (atım volümü, ventriküler kas kısalması ve hız) myokardiyal kontraktilitedeki değişiklikleri yansıtmayan resiprokal değişiklikler meydana gelir. Örneğin kalp yetmezliği olan bir hastada ciddi aortik stenozun düzeltilmesi veya hipertansiyonun tedavisinden sonra kardiyak outputtaki artış afterloaddaki azalmaya, kontraktilitedeki artışa ya da her ikisine birden bağlı olabilir.

Preloaddaki basit değişikliklerin kardiyak output üzerine etkileri iyi bilinmektedir. Hipovolemi (hemorajik şok) kanın torakstan çekilmesi (pozitif

basıncı ventilasyon) veya kardiyak kompresyon (perikardiyal tamponad) da görülen kardiyak outputun depresyonu preloaddaki azalma ile açıklanabilir (25).

2.7.2.Kardiyak output ve kontraktilite arasındaki ilişki

Myokardiyal kontraktilite deprese olmadığı sürece kardiyak output periferel faktörlerden ve onların preload ve afterload üzerindeki etkilerinden daha az olarak kontraktiliteye bağlıdır. Örneğin dijital glikozidler ve elektrik stimülasyonu, normal kişilerde ve laboratuvar hayvanlarında kardiyak outputu artırmadan güçlü inotropik etki gösterirler. Myokardiyal yetmezlik durumunda ise bu uyarılar kardiyak atımda belirgin artışa neden olurlar (68). Bu nedenle kardiyak fonksiyonları değerlendirirken kardiyak output ölçümü mutlaka yapılmalıdır ancak incelemeler bununla sınırlı kalmamalı, kalbin yüklenme durumu ve kontraktilite de analiz edilmelidir.

2.7.3.Myokardiyal Kontraktilitenin Değerlendirilmesindeki Gereksinim

Myokardiyal kontraktiliteyi bazal durumunda değerlendirmek ve tedavi girişimlerinden sonra nasıl etkilendiğini belirlemek hastanın takibinde önemli rol oynar. Ancak kalbin performansını belirleyen faktörler birbiriyle ilişkili olduğundan ve kullanılan ilaçların çoğu birçok faktörü aynı anda etkileyebileceğinden parametreleri izole halde değerlendirmek çoğu kez mümkün olmamaktadır. Bu sınırlandırmalar göz önünde bulundurularak kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesinde metodoloji sol ventrikülün basit pompa fonksiyonuna ve indeksi olmasına rağmen myokardın bu özelliğini tesbitinde gold standart sayılabilecek hemodinamik veya mekanik bir ölçüm metodu yoktur (65).

2.7.4.Kardiyak Performansın Basıncı Akım Hacim Ve Boyutlara Göre Değerlendirilmesi

Birçok teorik sınırlamalara rağmen kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesinde en basit yöntem intravasküler ve intrakardiyak basınçları; stroke volümü, ventriküler volümü ve/veya boyutları ölçülerek ventriküllerin pompa fonksiyonlarını analiz etmektir.

2.7.4.1.Kardiyak Output

Bazal durumda kardiyak indeksin (kardiyak outputun vücut büyüklüğüne göre düzeltilmiş değer) sınırları 2.5 ile 4.2 litre/dak/m² arasında değişmektedir.

Normal deęer aralıęının geniř olması nedeniyle kardiyak fonksiyonların deęerlendirilmesinde sensitivitesi dūřuktur. Ayrıca kardiyak output normalin altına dūřtūęünde genelde dolařım performansında belirgin bozukluęa yol aęar ve bu durum klinik olarak ta tesbit edilebilir.

Kardiyak outputun strese olan cevabı ile hafif derecede kardiyak bozuklukar bazal durumdaki kardiyak output ölçümlerinden daha yüksek sensitivite ile tespit edilebilmektedir. En sık olarak egzersizin kardiyak atım üzerinde yaptığı değişiklikler kardiyak kateterizasyon sırasında hasta supine pozisyonda iken bisiklet ile efor verilerek yapılmaktadır. Oksijen kullanımı ve kardiyak output hem rest hem de efor anında ölçülebilmektedir. Treadmill egzersizi sırasında da aynı ölçümler yapılabilmektedir. Normalde dakikada ki her ml oksijen artışına karşı kardiyak atımdaki artış 6 ml dak yı geçer.

2.7.4.2. Arteriovenöz Oksijen Farkı

Adultlarda normal arteriovenöz O₂ farkı (AVO₂) bazal durumda 30-50 ml O₂ /lt (ortalama 40 ml O₂ / lt) olarak değişmektedir. Fick yöntemindeki eşitlik transpoze edildiğinde :

$$CO=VO_2/ AVO_2 \text{ (Fick Eşitliği)}$$

$$AVO_2=VO_2/CO \text{ eşitliği elde edilir.}$$

AVO₂= Arteriovenöz O₂ farkı , **VO₂**=Total O₂ kullanımı, **CO**=Kardiyak output,

Denklemden de anlaşılacağı gibi kardiyak yetmezlikte kardiyak outputun dūřmesine bağlı, egzersiz durumunda ise oksijen kullanımının artmasına bağlı AVO₂ değeri 120 ml't'ye kadar çıkabilir.

2.7.4.3. İtrakardiyak Basınęlar

Kardiyak performansın değerlendirilmesinde ventriküler doluş basıncının ölçümü kardiyak outputun yanında önemli bilgi verir. Bazal durumda ventriküler end diastolik volüm anormal olarak arttığında ve kardiyak performans (kardiyak stroke / indeks veya iş) deprese olduğunda myokardiyal kontraktilite bozulur. Ventriküler dolma basıncındaki artış ventriküler distansibiliteyi azaltabileceğinden her zaman end diastolik volümdeki artışı göstermez. Kompliansdaki azalma perikardiyal hastalık, restriktif endokardiyal veya myokardiyal hastalık, kardiyak hipertrofi , myokardiyal iskemi nedeniyle olabilir;

end diastolik volüm normal kalırken ventriküler dolma basıncı artabilir. Bu nedenle normal kardiyak indeks veya atım işi olduğunda sol ventrikül dolma basıncındaki artış her zaman kontraktilitedeki bozulmayı göstermez.

Ventriküler end diastolik basınç ve kardiyak output / işin birlikte değerlendirilmesi sıklıkla ventriküler fonksiyonları değerlendirmede yeterlidir. Örneğin normal kardiyak indeks ($> 2.5 \text{ lt/dk/m}^2$) ve normal ventriküler dolma basıncı (12 mmHg) olduğunda sıklıkla normal kontraktilitenin güçlü bir göstergesidir. Bu tür bir kombinasyonun limitasyonu sol ventrikül basıncı normal sınırlarda kalırken kardiyak output veya iş deprese olduğunda görülür.

2.7.4.4. Ventrikül Volümünün Ölçülmesi

Birçok durumda sol ventrikül pompa fonksiyonu analizinde ventrikül diastolik özelliklerindeki değişiklikler önemli olduğundan sol ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesinde dolma basıncına ek olarak ventrikül end diastolik volümünün de ölçülmesi önem taşır. Anjiyografik tetkikler duvar kalınlığında olduğu gibi ventriküler kavite volümleri ölçümlerinde de en fazla kabul edilebilir yöntemlerdir. Ventriküler volüm veya boyutlarının değerlendirilmesinde non invazif tetkikler yaygın olarak kullanılmakla birlikte uygulama alanları genelde ventriküler anjiyografi öncesi değerlendirmeye dayanmaktadır. Kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesine invazif olmayan yöntemlere geçmeden önce ventrikülografinin bu alanda kullanımına değinmekte fayda var.

2.8. VENTRİKÜLOANJİOGRAFİ

Sol ventrikülografi bilinen veya şüpheli kardiyak hastalığı olan çoğu hastada kardiyak kateterizasyonunun ana bölümlerinden birini oluşturur. Segmental ve global myokardiyal fonksiyonların değerlendirilmesine olanak vermesinin yanısıra ventriküler boşluklar ve kapakların da demonstre edilmesini sağlar. Koroner arter hastalığı varlığında koroner obstrüksiyonun kontraktilite üzerine yaptığı etkileri ve myokardiyal enfarktüs sonucu komplikasyonlar hakkında bilgi verir. Sol ventrikülografi arteriyal yaklaşım ile aortik valvden kateterin geçmesiyle uygulanır. Radyografik kontrast maddenin myokardiyal fonksiyon üzerine depresan etkisinden dolayı ideal olarak koroner

arteriografiden önce uygulanmalıdır (69). Kontrast maddenin ventriküler enjeksiyonları myokardiyal kontraktiletiyi olumsuz etkiler ve çeşitli hemodinamik değişiklikler oluşturur (70-72). Ek olarak çoğu kontrast maddenin hipertonsitesi nedeniyle su ekstavasküler boşluktan vasküler sisteme geçerken intravasküler volüm hızlı bir şekilde expansiyona uğrar. Bu etkiler myokardiyal fonksiyonu ileri derecede bozulan ve ciddi aort stenozu olan hastalarda birtakım riskler oluşturur. Ventrikulografinin bu hemodinamik etkileri çok az miktarda kontrast madde kullanarak dijital görüntüleme yöntemiyle veya düşük osmaliteli ajanlar kullanarak azaltılabilir. Mural trombus embolizasyon veya valvüler vejetasyonlar muhtemel komplikasyonlardır. Kateterden kaynaklanan periferik embolizasyon daha sık görülmektedir. Özellikle prosedürün uzadığı durumlarda rutin heparinizasyon bu komplikasyon riskini azaltır.

2.8.1.Ventriküler kontür anomalileri

Myokardiyal hareketlerin analizi için ventriküler kontürler segmentlere bölünebilir. Sol ventriküler kavite normalde elipsoid veya oval görünümündedir. Septum trabekülasyon göstermez ve sol ventriküler kaviteye doğru konkavdır. Papiller kaslar en iyi sistol esnasında değerlendirilir ve sağ anterior oblik projeksiyonunda diafragmatik ve anterior ventriküler kontürlerde elonge dolma defektleri şeklinde izlenirler. Ventriküler kontürün lokalize anomalileri sıklıkla trombusü temsil eden dolma defektleri içerir.

Ventrikülografide gerçek ventriküler anevrizmanın klasik bulguları ince bir duvar içeren düzgün, iyi sınırlı ve sistol sırasında paradoksik hareket gösteren kabarılaşma şeklindedir. Gerçek ventriküler anevrizmanın duvarı myokardiyal duvarın rezidüel elemanlarından ve geçirilmiş myokardiyal enfarktüsün iyileşmesine bağlı fibröz dokudan meydana gelir. Bu tür anevrizmalar sıklıkla SAİA veya dallarının oklüzyonuna bağlı sol ventrikülün **anterolateral ve apikal** duvarında oluşur. Koroner arter oklüzyonundan sonra kollaterallerin iyi gelişmemesi anevrizma oluşumunda ana rol oynar (73).

Sol ventriküler kontüründe anormalliklere yolaçan diğer nedenler arasında myokardiyal divertikül, band anomalileri ve kardiyomyopatiler yer alır.

2.8.2.Sol ventrikül fonksiyon anomalileri

Segmental duvar hareketlerinin değerlendirilmesinde belirgin derecede değişkenlik bulunur (74,75). Kardiyak siklus boyunca rotasyon ve pozisyonel değişiklikler gibi çeşitli faktörler bu değişkenliklerden sorumlu olabilir. Segmental duvar hareketi her zaman koroner arter hastalığının tam belirleyicisi değildir. Ciddi koroner arter hastalığı olanlarda normal ventrikulografi bulguları saptanabilir. Bununla birlikte segmental duvar anomalileri normal koroner arter varlığında birçok durumda izlenebilir (76.78). Bölgesel myokardiyal disfonksiyon (hipokinezi, akinezi veya diskinezi) ventrikülografide koroner arter hastalığının ana bulgularıdır. Hipokinezi sistol sırasında kontraktilitenin azalması, akinezi kontraktilitenin olmaması, diskinezi ise paradoksik hareket olup genelde ventriküler anevrizmayla ilişkilidir. Hipokinezi myokardiyal infarktüste izlenebileceği gibi infarktüs olmadan iskemi durumlarında da görülebilir. Bu iki patolojinin ayırımı tedavi ve prognozda önemli bir faktördür. Diskinetik alanlar nadir olmakla birlikte belirgin miktarda canlı myokardiyum ile ilişkilidir.

Duvar hareket anomalilerinin reverzibilitesinin gösterilmesi perfüzyonu azalmış ancak canlı myokardiyumun myokardiyal skardan ayırımında oldukça önemli bir yoldur. Nitrogliserin uygulanması, postextrasistolik potansiyalizasyon, epinefrin infüzyonu myokardiyal fonksiyonu azalmış alanlarda myokardiyal viabiliteyi göstermek amacıyla kullanılmaktadır (79-80) .

Sol ventrikül volümleri ve global myokard fonksiyon ventrikülografinin önemli parametreleridir. Tedavi ne olursa olsun prognoz ve myokardiyal kontraktilitenin efektifliği arasında yakın ilişki bulunmaktadır. Ventriküler volümlerin doğru olarak hesaplanması atım volümü ve ejeksiyon fraksiyonu hesaplarında esastır. Ventriküler volüm hesapları elipsoid geometrik volum hesabı formüllerine dayanır (81).

2.8.3.Ventrikül duvar hareketlerinin incelenmesi:

Duvar hareketlerinin incelenmesi, özellikle kronik ve akut myokard iskemilerinde önemlidir. Sağ anterior oblik pozisyonda çekilen diyastol ve sistol sonu ventrikülografleri üstüste çizilerek duvar hareketlerinin durumu incelenir. Bölgesel duvar hareket bozukluklarını incelemek için çizilmiş silüet 8 bölgeye ayrılır. Sekiz bölge şöyle hesaplanmaktadır. Aort kapağının bulunduğu yerin

tam ortasından apekse bir çizgi çizilerek uzun aks bulunur. Sonra bu uzun aksa dik, 3 adet eşit aralıklı çizgiler çizilir. Böylece sekiz bölge elde edilmiş olur (82).

2.9.KARDİYAK FONKSİYONLARIN VE KONTRAKTİLİTENİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN NONİNVAZİF YÖNTEMLER

Kardiyak kateterizasyon ve kantitatif selektif anjiografi kardiyak fonksiyon ve kontraktilitenin değerlendirilmesinde standart yöntemlerdir. Ancak bu invazif yöntemlerin riskleri vardır; daha da önemlisi aynı hastada belirli zaman aralıklarında tekrarlamaya uygun değildir. Bu nedenle kardiyak performansın değerlendirilmesi amacıyla güvenilir noninvazif metodların gelişimi için araştırmalar devam etmektedir (83). Kardiyak performansın değerlendirilmesinde dört ana noninvazif metod sayılabilir.

1-Ekokardiyografi

2-Ultrafast komputarize tomografi

3-Gated magnetik rezonans görüntüleme

4-Nükleer Tıp Yöntemleri

a-First-Pass radyonüklid anjiografi (RNA)

b-Multigated anjiosintigrafi (MUGA)

c-Perfüzyon ajanları ile ventriküler fonksiyonların değerlendirilmesi

2.9.1.EKOKARDİYOĞRAFI

Ekokardiyografi (iki boyutlu ve M-mode) global ve bölgesel myokard fonksiyonlarının değerlendirilmesinde en sık kullanılan modalitedir. Çeşitli kalp hastalıklarının tanısı, kalp hastalıklarında (koroner arter hastalığı) prognozun belirlenmesi, uygun tedavi yönteminin seçimi (mitral darlığında), kardiyak tedavi sırasında (konjestif kalp yetmezliğinin medikal tedavisi) hasta takibi, cerrahi (koroner by-pass) ya da invazif cerrahi dışı girişimler (balon valvüloplasti) sonrası değerlendirme, kardiyak acil durumlarda (kalp travması) değerlendirme, nedeni açıklanamayan semptomların (dispne gibi) değerlendirilmesi, iskemik hastalıklarda kalp tutulumunun ortaya konması, tromboembolik olaylarda (serebro-vasküler gibi) emboli kaynağının belirlenmesi, kardiyak yan etkileri

olan ilaçların (sitostatikler gibi) kullanımı sırasında toksik etkinin ortaya konması (ejeksiyon fraksiyonundaki düşüş) başlıca endikasyonlardır.

Ayrıca bazı invazif tanı ve tedavi girişimleri sırasında da ekokardiyografiden (bazen transözofajial yöntemden) yararlanılmaktadır. Ekokardiyografi eşliğinde endomyokard biyopsisi, perikardiyosentez, balon valvüloplasti, kalp operasyonları sırasında ekokardiyografi bu yöntemler arasında sayılabilir. . Bu endikasyonlara giderek yenileri eklenmektedir. Yöntemin kolay uygulanabilmesi, invazif olmaması, uzun zaman almaması, herhangi bir yan etkisinin olmaması ve rahatlıkla tekrarlanabilmesi başlıca avantajlarıdır. Teknolojik gelişmeler elde edilen görüntü kalitesinin giderek daha sağlıklı olmasına (multiplan transözofajial ekokardiyografi, renkle kodlanmış doku Doppler ekokardiyografisi, akustik kantifikasyon ve üç boyutlu ekokardiyografi gibi) ve böylece ekokardiyografinin kardiyolojide en sık kullanılan tanı yöntemleri arasında yer almasına olanak tanımaktadır.

2.9.1.1.Ekokardiyografi Yöntemleri

2.9.1.1.1.İki Boyutlu inceleme

Çeşitli anatomik yapıları görüntülenmesinde önemli olan bir yöntemdir. Günümüzde ekokardiyografik incelemenin temel taşı niteliğini taşımaktadır. Bu yöntemle anatomik yapıların kolay uyum sağlanabilir görüntüleri elde edilir ve ardarda 'frame" (kare)'lerin izlenmesiyle kalp siklusunun çeşitli dönemlerinde oluşan anatomik ve fonksiyonel değişiklikler değerlendirilebilir. Bu amaçla en çok kullanılan kesitler uzun aks, kısa aks ve dört boşluktur. **Uzun aks** görüntüleri sol ventrikülün majör aksını gösterirler ve transdüserin parasternal yada apikal konuma yerleştirilmesiyle elde edilirler. **Kısa aks** görüntüleri sol ventrikülün minör aksını gösterirler ve ya parasternal yada subkostal transdüser yerleşimi ile elde edilirler. **Dört boşluk** görüntüleri sol ventrikülün majör aksını, sağ kalbin maksimum şekilde görüntülenebildiği konumda gösterirler ve elde edilmeleri için transdüserin apikal yada subkostal yerleşimi gerekir.

Substernal uzun aks aort kavsini, kısa aks ise aort kavsinin transvers görüntüsünü elde etme olanağı tanır.

2.9.1.1.2.M-Mod Yöntemi

Ekokardiyografinin tarihi gelişiminde önemli bir yapı taşı olan bu eski yöntem günümüzde çoğu zaman göz ardı edilse de hala özellikle bazı ölçümlerde M-Mode yönteminin kullanımından vazgeçilmemiştir. Ayrıca bazı durumlarda (kapak fonksiyonlarının değerlendirilmesi gibi) renkli M Mod yönteminden de yararlanılabilir.

2.9.1.1.3.Doppler Yöntemleri

Kanın akım yönü ve hızındaki değişiklikleri göstererek çeşitli kalp damar hastalıklarında çok değerli bilgiler veren doppler tekniği, kalp fonksiyonlarında, ventrikül diyastolik fonksiyonlarına, şant akımlarının değerlendirilmesinden, konstriksiyon, restriksiyon ayırımına kadar, çok geniş bir spektrumda kullanılan bir yöntemdir.

2.9.1.1.4.Kontrast Ekokardiyografi

Kan tarafından yansıtılan ultrason ışınlarının daha kaliteli görüntülere olanak vermesi amacıyla çeşitli ajanların IV yolla verilmesi ve böylece normalde iki boyutlu ekokardiyografi ile görüntülenemeyen kan akımının "eko bulutu" şeklinde izlenebilmesi kontrast ekokardiyografinin temel prensibidir.

2.9.1.1.5.Transözofajiyal inceleme (TEE)

Günümüzde kullanılan, gelişmiş, ekokardiyografi aletlerinin, çoğu hastada tanısal görüntülere olanak tanımaktadır. Bununla beraber transtorasik ekokardiyografinin (TTE) görüntü kalitesi bazı durumlarda (göğüs duvarı ve akciğerlerin etkisi) hala sınırlıdır. Keza apikal yaklaşımla uzak alanlar sub-optimal şekilde görüntülenir ve düşük frekansdaki transdüserler sınırlı rezolüsyona sahiptirler. Transözofajiyal ekokardiyografi ile göğüs duvarının rolü ekarte edilir , TTE'de uzak-alan olan bölgeler TEE'de yakın-alan durumundadır ve rezolüsyonu daha iyi olan yüksek frekansdaki transdüserler kullanılabilir. Böylece özofagusun hemen bitişiğindeki sol atriyumun ve desandan aortun, mitral kapağın, atriyal septumun ve aort kapağının kaliteli görüntüleri alınabilir. Çeşitli kalp içi örnekleri ayrıntılarıyla incelenebilir. Buna karşın TEE ile sol ventrikül boyutlarının ölçümleri pek güvenilir değildir.

2.9.1.1.6.Stres Ekokardiyografi

Koroner arter hastalığının tanısında ve prognozunun değerlendirilmesinde önem taşır. Dijital teknolojinin ve ekokardiyografik görüntü kalitesinin gün geçtikçe daha iyiye yönelmesi, bilgisayar yardımıyla verilerin çok daha kısa sürede toplanabilmesi, istirahat ve stress sırasındaki görüntülerin yan yana getirilebilmesi, olası değerlendirme hatalarını azaltmaktadır. Koroner arter hastalığının tanısı, koroner arter hastalarının prognostik yönden değerlendirilmesi, koroner revaskülarizasyonun değerlendirilmesi, miyokard canlılığının ("viabilite") yorumlanması endikasyonları arasında yer alır. Egzersiz ekokardiyografisi ve farmakolojik stres ekokardiyografisi olmak üzere iki şekilde uygulanabilir. Egzersiz ekokardiyografisinde treadmill tipi egzersiz, dikey yada yatar konumda bisiklet ergometri yöntemleri kullanılabilir. Hangi yöntem seçilirse seçilsin, istirahat konumunda ve egzersizin sonlanmasını izleyen 60-120 sn.lik süre içerisinde optimal ekokardiyografik yöntemlerin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Egzersiz yapamayan hastalarda miyokard iskemisi oluşturan dobutamin, dipiridamol, adenozin gibi farmakolojik ajanlar kullanılır. Hızı giderek artan infüzyon altında ekokardiyografik inceleme yapılır.

2.9.1.2.Sol Ventrikülün İncelenmesinde Ekokardiyografik Ölçümler:

2.9.1.2.1.Sol Ventrikülün Duvar Kalınlığı:

Endokard ile epikard arasındaki dikey uzaklıktır. Sol ventrikül arka duvarından, M Mod yöntemiyle ölçülür. Sol ventrikül kalınlığı 11 mm'den fazlaysa hipertrofi yapan çeşitli nedenler düşünülebilir. Myokard enfarktüsü ve/veya sol ventrikülün dilatasyonu, dilate kardiyomyopati gibi bir myokard hastalığı sol ventrikül duvarının ince bulunmasına yol açabilir. Normal sol ventrikül kalınlığı 7-11 mm (ortalama 9 mm) dir.

2.9.1.2.2.Sol Ventrikülün Arka Duvarının Hareketi

Endokardın sistol ile diyastol sırasındaki durumları arasındaki farkı ifade eder. M Mod yöntemiyle, endokardın sistol ve diyastol deki konumunun horizontal çizgilerle belirlenmesi sonrasında ölçülür. Bu uzaklık gerçek myokard kalınlaşmasını göstermez çünkü epikard da içe doğru hareket etmektedir. Ölçümün güvenilir olabilmesi için sol ventrikül arka duvarının sistol sırasındaki

hareketinin ultrason ışınına dik olması gerekir. Sol ventrikülün arka duvarının hareketi, arka mitral yaprakçığı ile papiller kas üstü düzeyi arasındaki, endokardın en derinde ve sistol sırasında en yüksekte olduğu pozisyonda değerlendirilir. Hareketin çok az olması myokard fonksiyonunun lokal ya da yaygın bozukluğuna işaret eder (infarktüs, iskemi, dilate kardiyomyopati, amiloidoz gibi).

Sol ventrikülün arka duvarının hareketinin normal değeri: 9-14 mm (ortalama 12 mm) 'dir.

2.9.1.2.3.Sol Ventrikülün Arka Duvarının Sistolik Hızı:

Myokardın "lokal sistolik kalitesi" ni gösterir. Tüm sol ventrikülün kalitesini yansıtmayabilir: Sol ventrikülün diğer bölümlerinde akinezi ya da hipokinezi varken , yada mitral yetersizliği mevcutken sol ventrikül arka duvarı hiperkinetik olarak kasılabilir. Keza posterior myokard enfarktüsü, sol ventrikülün diğer bölümleri iyi durumda iken lokal hipo-akineziye yol açabilir. Sol ventrikülün arka duvarının sistolik hızı M Mod yöntemiyle ölçülür.

2.9.1.2.4.Ventriküllerarası Septumun Kalınlığı

Sağ ve sol ventrikül endokardı arasındaki uzaklıktır. Ventriküller arası septumun ince olduğu durumlarda myokard enfarktüsü ya da dilate kardiyomyopati söz konusu olabilir; kalın olduğu durumlarda ise yaygın (hipertrofi yapan nedenler) yada lokal (subvalvüler kas kalınlaşması) bozukluklar düşünülmelidir. Ventriküllerarası septum kalınlığı için normal değer :7-11 mm (ortalama 9 mm)' dir.

2.9.1.2.5. Ventriküllerarası Septumun Hareketi ve Kalınlaşma Hızı

Ventriküllerarası septumun hareketini etkileyen faktörler sol ventrikül arka duvarından daha fazladır. Bu faktörlerden bazıları, ileti bozuklukları ve sağ ventrikülün basınç ve volüm yüklenmesidir. Ventriküllerarası septumun kalitesini yorumlamak için sistolik kalınlaşmayı değerlendirmek gerekir. Eğer hiç kalınlaşma yoksa myokard enfarktüsü yada hipertrofik kardiyomyopati söz konusu olabilir. İskemi hipertrofik kardiyomyopati ve amiloidde yeterince kalınlaşmama söz konusudur.

Ventriküllerarası septumun hareketi ile ilgili normal değerler :3-8 mm (ortalama 5 mm)'dir.

2.9.1.2.6. Sol Ventrikül İç Çapları

Sol ventrikülün büyüklüğünü ve kasılmasını değerlendirebilmek için diyastol ve sistol sırasındaki sol ventrikül iç çaplarının ölçülmesi gerekir. Bu ölçüm genellikle M Mod , bazan da iki boyutlu yöntemle yapılır.

2.9.1.2.7. Sol Ventrikül Kütlesi

Özellikle hipertansiyon ve hipertrofik kardiyomyopatilerde tedavinin takibinde sıkça başvurulan ölçümlerden biridir. Bu ölçüm için uzun yıllar M Mod yöntemi kullanılmışsa da bu yöntemin tek boyutlu olma niteliği önemli bir sınırlamadır. Sol ventrikül kütlesi (LVM) ölçümü için şu formül kullanılabilir.

$$LVM = 1,04 X (LVID+IVS+PW)^3 - (LVID)^3 - 13,6$$

LVID= Sol ventrikülün diastol sonu iç çapı

IVS=Ventriküllerarası septum kalınlığı

PW=Sol ventrikül arka duvar kalınlığı

Sol ventrikül kütlesi gr cinsinden hesaplanır ve beden yüzeyine göre LVMI (Sol ventrikül kitle indeksi) belirlenir. (LVMI=LVM / Beden yüzey alanı)

Normal değerler (M Mod ölçümlerine göre): Kadınlar için $76 \pm 18 \text{ gr/m}^2$, Erkekler için $93 \pm 22 \text{ gr/m}^2$ dir.

Halen toplum çalışmalarında M Mod yönteminden yararlanılıyorsa da sol ventrikül kütlesindeki seri değişikliklerin gösterilmesinde bu yöntemin yeri sınırlıdır. Bu nedenle iki boyutlu yöntemle sol ventrikül kütlesini ölçme yöntemleri geliştirilmiştir.

2.9.1.2.8. Ortalama dairesel lif kısalması ("mean circumferential fiber shortening") ve hıza göre düzeltilmiş ortalama dairesel lif kısalması

Eğer sol ventrikülün transvers kesitinin dairesel olduğu varsayılırsa ve eğer parasternal konumdan ölçülen çaplar bu dairenin göstergesi olarak kabul edilirse (herzaman doğru değil) ortalama dairesel lif kısalması ("mean circumferential fiber shortening":Vcf), şu formüle göre ölçülebilir:

(Diyastolik sol ventrikül çapı - sistolik sol ventrikül çapı) / (Diastolik sol ventrikül çapı x sol ventrikül ejeksiyon süresi)

Sol ventrikül çaplarının ölçümünde genellikle M Mod yönteminden yararlanılır. Ejeksiyon süresi M Mod yada Doppler yöntemleriyle ölçülebilir. Sol ventrikül performansı hakkında bilgi verebilen bu ölçüm, kalp hızı, kasılma ve ardyükten etkilenir, önyükten ise etkilenmez. Ölçümlerin kalp hızından etkilenmemesi için hıza göre düzeltilmiş ortalama dairesel lif kısalması (VCFc) ölçümü gündeme gelmiştir.

Normal Vcf :1,02-1,94 circ/sn (ortalama 1,3 circ/sn) dir.

2.9.1.2.9. Sol Ventrikülün Volümleri

Parasternal uzun aks konumunda M Mod yada iki boyutlu yöntem ile elde edilen sol ventrikül iç çaplarının sol ventrikül volümlerini yansıtacağı düşüncesi yanlıştır. Sol ventrikülün küçük bir bölümünden alınan yalnızca tek bir plandaki ölçüm tüm sol ventrikülün fonksiyonunu gösteremez. Eğer çeşitli kesitlerden elde edilen alanlar ölçülürse sol ventrikül volümleri ve böylece ejeksiyon fraksiyonu (EF) daha sağlıklı bir şekilde hesaplanabilir. Sol ventrikül volüm ölçümlerinde kullanılan diğer yöntemler arasında sferoid elips modeli, Simpson Modeli, Modifiye Simpson Modeli yada diğer adıyla diskler yöntemi (American Society of Echocardiography Committe” tarafından önerilmekte ve günlük pratikte sıkça kullanılmaktadır), Akustik kantifikasyon yöntemi, Kontrast ekokardiyografi (“sonicated albumin” yada saccharide partikülleri” ile) yer alır.

Normal diyastolik volüm : $95 \pm 19,4$ ml/m² normal sistolik volüm $38,6 \pm 9,5$ ml/m² dir. Bu normal değerler kullanılan yöntem ve cinsiyete göre önemli değişiklikler göstermektedir.

2.9.1.2.10. Sol Ventrikül Ejeksiyon Fraksiyonu:

Sol ventrikülün fonksiyonunu gösteren en iyi parametrelerden biri ejeksiyon fraksiyonudur: Diyastolik kan volümü içinden sistol sırasında ejekte edilen volümün oranı ile belirlenir.

$EF = \frac{\text{Diyastol sonu sol ventrikül volümü} - \text{Sistol sonu sol ventrikül volümü}}{\text{Diyastol sonu sol ventrikül volümü}}$

Ejeksiyon fraksiyonunun hesaplanabilmesi için klasik olarak diyastol sonu ve sistol sonu volümleri ölçülmelidir. Ayrıca volüm hesaplanmadan, çap ölçümlerine dayanan yöntemler de vardır. Bu yöntemin modifiye edilmiş bir şekli son yıllarda, TEE sırasında uygulanmakta, böylece endokard sınırlarını çizmeye

ve volüm ölçmeye gerek olmadan ve bölgesel duvar hareket bozukluklarından da etkilenmeden sağlıklı EF ölçümleri yapılabilir.

Ejeksiyon fraksiyonu değerleri, kalp hızı, kasılma, önyük ve ardyükten etkilenir. Ekokardiyografi ile EF ölçümlerinin birkaç kez tekrarlanıp ortalama değerlerin alınması uygun olur. Aynı laboratuarlarda ve aynı hastada ardarda ölçümlerde farklı gözlemcilerin farklı sonuçlar elde etmesi sıkça rastlanan bir durumdur.

Normal EF > 0,60 olarak kabul edilse de bu rakam kesin sınır değildir. Kullanılan yöntem ve cinsiyete göre farklı normal değerler söz konusudur.

İskemik kalp hastalığının yanısıra, sistemik hipertansiyon, miyokarditler, kardiyomyopatiler, hipotiroidi, nöromusküler hastalıklar (Friedrich'in ataksisi vb.) ve sistemik lupus eritematozus gibi çeşitli durumlarda sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu düşük bulunabilir.

2.9.1.2.11. Fraksiyonel Lif Kısalması

Aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanır.

(Diyastol Sonu Sol Ventrikül Çapı-Sistol Sonu Sol Ventrikül Çapı) / (Diyastol Sonu Sol Ventrikül Çap)

Çap ölçümlerinde iki boyutlu yöntem yada M Mode yöntemi kullanılabilir. Bu ölçümün sol ventrikülün yalnızca belli bir bölümünün fonksiyonunu yansıttığı unutulmamalıdır.

Normal fraksiyonel lif kısalması : 0,18-0,42' dir.

2.9.1.2.12. Sol Ventrikülün Duvar Hareketleri Tetkiki

İskemik kalp hastalığı tanısında ve iskemik yada nekroza uğramış segmentlerin belirlenmesinde duvar hareketleri tetkikinden yararlanılabilir.

Bu amaçla M Mod yöntemi kullanılabilirse de elde edilen kesitlerin sınırlı sayıda olması tüm segmentlerin görüntülenmesinde olanak tanımayabilir. Son yıllarda duvar hareket bozukluklarının değerlendirilmesinde genellikle iki boyutlu yöntemden faydalanılır. Farklı transdüser konumlarından elde edilen görüntülerde, sistol ve diastol sonunda endokard sınırları belirlenerek iki dönem arasındaki fark ortaya konur. Sol ventrikül segmentlere bölünerek değerlendirilir, farklı segmentler kasılma durumlarına göre hiperkinetik, normal, akinetik, diskinetik yada değerlendirilemiyor şeklinde yorumlanır. Toplam bir skor

belirlenir ve incelenen segmentlerin sayısına bölünerek "duvar hareket indeksi" hesaplanabilir. Segmentlerin kasılma durumlarına göre hangi koroner arterde daralma yada tıkanma olabileceği tahmin edilebilir. Endokard sınırlarının belirlenmesindeki güçlük ve bazı transdüser konumlarında tatmin edici görüntülerin alınamaması bu yöntemin tanısal değerini sınırlamaktadır. Dijital renkli ekokardiyografi ve bilgisayar yardımıyla daha sağlıklı yorumlar yapılabilmektedir. İstirahat durumunda saptanamayan duvar hareket bozuklukları stres ekokardiyografisi yöntemiyle ortaya konabilir.

2.9.1.2.13. Sol Ventrikül Zaman İntervalleri

Zaman intervalleri, sol ventrikülün sistolik fonksiyonu hakkında önemli bilgiler verir. Ölçümlerde M Mod ve Doppler yöntemlerinden yararlanılabilir.

2.9.1.2.14. Sol Atrium Boyutları

Mitral darlığı yada yetersizliği yoksa sol atrium boyutları sol ventrikülün diyastol sonu basıncı hakkında indirekt bilgi verebilir.

2.9.1.2.15. Sol Atriumun Boşalma İndeksi

Sol ventrikül dolumundaki kısıtlanma, sol atriumun boşalma indeksine dayanarak değerlendirilebilir. Bu her zaman sol ventrikül diyastolik fonksiyon bozukluğunu göstermez, mitral darlığı gibi durumlarda da olabilir.

2.9.1.2.16. Mitral Kapağın M Mod Kaydı

Sol ventrikül fonksiyonu hakkında indirekt bilgi verir.

2.9.1.2.17. Akım Hızları Ve Sol Ventrikül Diyastolik Fonksiyonları

Kapaklarla ilgili akım hızları Doppler ile ölçülür. Kapaklardan geçen akımın hızı ve şekli sol ventrikülün sistolik ve diyastolik fonksiyonları hakkında bilgi verir. Sol ventrikül kompliansı bozulduğunda erken diastolik akım hızlarında azalma saptanabilir. Sol ventrikül sistolik fonksiyonlarının henüz normal olduğu dönemde diastolik fonksiyon bozukluğunun ortaya çıkması dikkatleri çeşitli kalp hastalıklarında (iskemik kalp hastalığı, hipertansiyon, konstriktif perikardit, restriktif ve hipertrofik kardiyomyopati, kapak hastalıkları ve pulmoner hipertansiyon gibi) diyastolik fonksiyon bozukluklarının saptanması üzerine çekmiştir. Günümüzde diyastolik fonksiyonların değerlendirilmesinde Doppler en ideal yöntem olarak kabul edilmektedir. Sol ventrikül diyastolik fonksiyon bozukluğuna, iskemik kalp hastalığı, sistemik hipertansiyon, diabetes mellitus,

miyokarditler, kardiyomiyopatiler, akromegali, sistemik lupus eritamatosus, nöromusküler hastalıklar (Friedrich'in ataksisi vb.) çeşitli durumlarda rastlanabilir.

2.9.1.2.18. Kalp Debisinin Hesaplanması

Atım volümünün kalp hızıyla çarpımı, kalp debisini verir. Atım volümü her bir ventrikül kasılmasında ejekte edilen kan volümünü ifade eder. Aortttaki akım hızının aortun kesitsel alanıyla çarpılması ile atım volümü değeri elde edilebilir (82).

2.9.2. KALBİN BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİSİ

1983 yılında electron beam computed tomography (EBCT) (daha önceden ultrafast computed tomography olarak biliniyordu)'nin klinik kullanıma girmesiyle kardiyak görüntüleme yeni bir pencere açılmıştır. Daha önce kullanılan konvansiyonel X-Ray transmisyona göre kompüterize tomografinin değeri kardiyak kontraksiyon ve relaksasyona bağlı hareket artefaktından dolayı sınırlı kalmıştır.

2.9.2.1. Teknoloji

Electron beam computed tomography güçlü bir elektron demetini kullanan ve hareket etmeyen parçalardan oluşan bir modalitedir. Konvansiyonel tomografi kalbin değerlendirilmesinde sınırlıdır; çünkü X-Ray tüpü toraksın çevresinde döner ve bu dönüş esnasında 1-2 sn.'ye ihtiyacı vardır. Daha yeni bir teknoloji ürünü olan spiral CT saniyeden daha az süreli hıza sahip olsa da onun da rotasyon yapması gerekir ve kardiyak görüntüleme için yeterince hızlı değildir. Electron beam computed tomography incelemede elektron demeti magnetik bir koilden geçmek üzere projekte edilir; bu koil elektron demetinin odaklanıp kırılmasına neden olarak demetin sabit halde duran tungsten hedeflerine çarpmasını ve toraksı çevrelemesini sağlar. Demet tungsten hedefleri üzerinde magnetik olarak 210^0 ' lik bir açıda kayar. Tungsten hedefinden kaynaklanan X-Ray torakstan geçer ve tungsten hedeflerinin tam karşı tarafında bulunan ikili detektör alanlarına ulaşmadan önce arada kalan yapılarca atenüe olur. Elektron demeti tungsten hedefinde 50 milisn içerisinde ilerleyebilir ve görüntüler arasındaki gecikme 8 milisn.dir. Bu sekans ile EBCT

ile saniyede 17 görüntü elde edilebilir. Her tungstenden kaynaklanan X ışınları detektörlerce toplanır. Böylece her bir demet ile ardışık 8 mm.lik bir anatomi bölümü görüntülenmiş olur. Dört tungsten hedefi olduğundan elektron demeti ardışık olarak her hedeften geçer ve yedi kalp atımlık bir zaman diliminde sekiz ardışık kesit alınmış olur. Hedefler arasında 4 mm.lik bir fark olduğundan sekiz ardışık görüntü 8 cm.lik anatomik bir alanı temsil eder. Her 50 milisn.lik bir görüntüleme deriye yaklaşık 0.5 Gy.lik X-ışını dozu verir (83).

2.9.2.2.Görüntüleme protokolleri

Kardiyak görüntüleme için üç adet protokol bulunmaktadır. En sık kullanılan protokollerden biri **sine mod** incelemesidir. Bu inceleme metodunda görüntüler sinema formatında televizyon ekranına aktarılabilirler. Bu görüntüleme metodu özellikle kapak hareketlerinin olduğu kadar ventriküler fonksiyonların değerlendirilmesinde de önemlidir. **Akım modunda** görüntüleme kan akımını değerlendirmek için kullanılır. Görüntüler EKG ile senkronize olarak elde edilir ve iyotlu kontrast maddenin intravenöz enjeksiyonu sonucu ayrıntılı olarak anatomik bilgi edinilebilir. Her bir görüntü çoğunlukla 50 milisn. içerisinde alınabilir ve bir görüntüleme sekansında, her bir anatomik düzey için 20' ye kadar görüntü alınabilir. **Volüm görüntüleme** protokolü konvansiyonel bilgisayarlı tomografi protokolüne çok benzerdir. Genelde EKG ile senkronize tek görüntüler alınır, daha sonra hastanın yatağı 1.5, 3 veya 8 cm (sıklıkla arzu edilen kesit kalınlığına bağlı olarak) hareket ettirilir ve diğer gated görüntü alınır. Bu sekans 40 ardışık görüntüye kadar tekrarlanabilir (aksiyel olarak 12-32 cm.lik anatomik alana denk gelir. Her bir scan için çekim zamanı 50 milisn.dir, eğer yüksek rezolüsyonlu görüntü elde edilmek isteniyorsa bu intervalin katları kadar süreye ihtiyaç vardır. Yüksek çözünürlüklü kardiyak görüntüler elde etmek için sıklıkla 100 msn.lik zamanlar kullanılır. Bu durumda deriye giriş X-Ray dozu yaklaşık 1 Gy kadardır. Uzaysal rezolüsyon 50 mm.lik modda 1.6 m², 100 msn.lik modda ise 0.8 mm² dir.

Sine mod görüntüleme protokolü sağ ve sol ventriküler global ve bölgesel sistolik ve diastolik fonksiyonların değerlendirilmesinde kesin bilgiler verir (84-86) . Bir kardiyak siklus boyunca kaviteletin intravenöz kontrast madde ile dolmasıyla tüm sağ ve sol ventrikülden multipl görüntüler elde edilir. End

sistolik ve end diastolik volümlerin her bir kesitten toplanmasıyla elde edilmesi sonucu, ejeksiyon fraksiyon ve kardiyak volüm hesabı yapılmaktadır (85). Her bir görüntüleme sekansında kalp atım hızı aynı olduğu sürece doğru şekilde kardiyak volüm ve ejeksiyon fraksiyonu hesaplamaları yapılabilir. (Bölgesel sol ventrikül fonksiyonlarının belirlenmesinde radyal alan tekniği geliştirilmiştir. Sol ventrikülün her bir kesiti 12 eşit parçaya bölünür; duvar hareketleri grafik ve nümerik olarak elde edilir. Aynı analiz programı ile bölgesel sistolik duvar kalınlaşmasını kantifiye etmek mümkündür. Bu program için endokard ve epikard sınır belirlenmesi operatör tarafından vizüel olarak veya bilgisayar yardımıyla sınır deteksiyonu metodu ile belirlenebilir. Global veya bölgesel fonksiyonların değerlendirilmesi istirahat halinde veya bisiklet egzersizi sırasında elde edilebilir. Ayrıca çeşitli farmakolojik stres ajanları (intravenöz inotropik ilaçlar kullanılarak da fonksiyon değerlendirmesi yapılabilir (87,88). Diastol sırasında kardiyak volümlerin her bir görüntüsünün analiz edilmesiyle ventriküler volüm eğrisinin doğru bir şekilde belirlenmesi yapılabilir. Maksimum dolma oranı, pik dolma oranına kadar geçen zaman saptanabilir. Sonuçlar radyoizotop tekniklerle elde edilen verilerle karşılaştırılabilir niteliktedir. Sine mod görüntüleme aynı zamanda myokardiyal kas kitlesini ve volümü ölçmede kullanılabilir (89).

Akım modunda inceleme protokolü kardiyak output ve myokardiyal akımı ölçmek için kullanılır. Akım modunda görüntülemenin en önemli kullanım alanı doku perfüzyonunun özellikle de myokardiyal kan akımının değerlendirilmesidir. Wolfkiel ve arkadaşları (90) küçük miktarlarda kontrast maddenin intravenöz enjeksiyonu ile bazal ve geçici bölgesel iskemi durumlarında myokardiyal kan akımının ölçülebileceğini göstermişlerdir. Farmakolojik vazodilatasyon durumlarında olduğu gibi yüksek kan akımlarında EBCT ölçümleri radyoaktif mikrosfer akım ölçümleri ile karşılaştırıldığında uygunsuz olarak düşük bulunmuştur. Yüksek kan akımlarının olduğundan daha düşük düzeyde ölçülmesi tüm iyotlu indikatörün myokardiyuma ulaşmadan önce washout'a uğramasına bağlanmaktadır. Erken washout probleminin üstesinden gelmek amacıyla bazı araştırmacılar kontrast maddenin direkt intraaortik enjeksiyonunu uygulamışlar ve farmakolojik vazodilatasyonu takiben EBCT ve

radyoaktif mikrosfer akım ölçümleri ile yakın korelasyon elde etmişlerdir. Kontrast maddenin intraaortik enjeksiyonunun klinik kullanımı belirgin derecede sınırladığı açıktır.

Electron beam computed tomography ile akım modu protokolü kullanılarak akut myokard enfarktüsü istirahat halinde myokardiyal kan akımının yokluğu ya da belirgin derecede azalması şeklinde ayırd edilebilir. Bu teknik ile ilgili az sayıda veri olması ile birlikte 20 hastalık küçük bir çalışma grubunda EBCT'nin Talyum perfüzyon sintigrafisi , teknesyum pirofosfat görüntüleme ile karşılaştırılmasında bu yöntem daha sensitif bulunmuştur (91). Birçok araştırmacı akut myokard enfarktüsünü takiben ventriküler remodelingte EBCT' nin değerini rapor etmiştir. Sine mod protokol kullanarak bölgesel duvar hareketlerinin ve akım modu kullanarak myokardiyal kan akımının birlikte değerlendirilmesi akut myokard enfarktüsünden sonra rezidüel risk alanlarının belirlenmesine yardımcı olur. Hipokinezi/akinezi alanları ve rest hipoperfüzyonun olduğu bölgeler komplet infarkt ile uyumludur. Bunun yanında küçük santral hipoperfüzyon ile birlikte geniş hipokinetik bölge myokardiyumun riskte olduğunu gösterir.

Volüm inceleme protokolü primer olarak kardiyovasküler anatomisinin değerlendirilmesi gerektiğinde uygulanır. Yüksek rezolüsyonda (0.8 mm² uzaysal rezolüsyonda), 3 mm.lik kesitler halinde görüntüleme protokolü genelde kullanılır. 1.5 mm.lik kesitler de kullanılması mümkündür. Bu protokol ile koroner arter kalsifikasyonu, aortik intimal diseksiyon ve pülmoner arter embolizasyonu gibi durumlar değerlendirilebilir.

Asemptomatik ve yüksek risk taşıyan hastalarda koroner arter kalsiyumunun görüntülenmesiyle koroner arter hastalığı varlığının tesbiti konusunda çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan bir çok çalışmada ultrafast CT ile tesbit edilen koroner kalsiyumun obstrüktif koroner arter hastalığının göstergesi olduğu saptanmıştır (92-94). Yakın zamanda yapılan çok merkezli bir çalışmada EBCT ile koroner kalsiyumun tesbiti ile koroner anjiyografi karşılaştırıldığında, koroner kalsiyum varlığının obstrüktif koroner arter tanısında % 95 sensitif olduğu gösterilmiştir (95).

2.9.3. MAGNETİK REZONANS İNCELEME

Nükleer magnetik rezonans (NMR) görüntüleme 50 yıldan daha fazla bir süre önce icat edilmiş olup başlangıçta kimyacılar tarafından spektroskopik metodlarla kimyasal yapı ve kompozisyonların tanımlanmasında kullanılmıştır. Her ne kadar NMR spektroskopisi birçok durumda metabolik bilgi sağlama açısından yetersizse de günümüzde araştırma konusu olarak yerini korumaktadır. NMR kullanarak görüntü elde etme düşüncesi 1970'li yıllarda Lauterbur tarafından inhomojen bir magnetik alanın boşlukta bir çekirdeği lokalize edebileceği ve imaj oluşturabileceği düşüncesinden yola çıkarak ortaya atılmıştır. Klinik kullanıma girdikten sonra Magnetik Rezonans Imaging (MRI) olarak adlandırılan bu modalite birçok kardiyak ve diğer hastalıklarda, invazif olmayan inceleme yöntemleri arasında "gold standart" hale gelmiştir (96).

Kalp normal veya patolojik durumlarda kompleks bir geometrik yapıya sahip bir organ olduğundan geometrik, pozisyonel veya fonksiyonel değişiklik gösterebilmektedir. Magnetik rezonans incelemede tomografik görüntüler elde edildiğinden ve mükemmel uzaysal ve temporal rezolüsyona sahip olduğundan bu organın tam ve doğru olarak incelenmesi mümkün olur.

2.9.3.1. Görüntü çekimi

2.9.3.1.1. Kesit oryantasyonu:

Kardiyak MRI çalışmaları vücudun axial planında standart spin eko görüntüleri (Spin-Eko görüntüleme sekansında, görüntüler 90° lik radyofrekans pulsunu takiben bir veya daha fazla 180° lik puls sonucunda elde edilir; 180° lik puls, spinleri tekrar odaklar ve onlardan gelen sinyalleri güçlendirir. 180° lik pulsdan bir müddet sonra sinyal örneklenir.) ile başlar; transvers, koronal ve sagittal kesitler elde edilir. Kardiyak fonksiyonları değerlendirmek için, görüntü düzlemleri kalbin intrinsik aksına göre oryante edilir. Sine kardiyak MR görüntüleri iki boşluk (sağ anterior oblik), dört boşluk ve kısa eksen projeksiyonlarında elde edilir. Sonuçta oluşan görüntü oryantasyonu diğer inceleme metodları ile uygunluk göstermektedir. Hem statik spin-eko hem de hem de dinamik sine MR görüntüleri kardiyak boyut ve volüm ölçümlerinde kapsamlı bilgi verir.

2.9.3.1.2 Ölçümler:

Klinik MR sistemlerinde ekokardiyografik incelemesine benzer, noktadan noktaya ölçüm yapılabilir. Spin eko imajları yüksek oranda morfolojik detay verdiği için, bu görüntüler vasküler yapıların ve kardiyak boşlukların ebatları (97-99), ventriküler duvar kalınlığı, sol ventriküler kitle, perikardiyal kalınlık ölçümünde; kardiyak ve parakardiyak kitlelerin ve konjenital anomalilerin değerlendirilmesinde kullanılır.

Magnetik Rezonans İnceleme genelde endokardiyal kontürlerin tam belirlenmesini sağlayarak her myokardiyal kesitte end-diastolik ve end-sistolik boyutların ölçümüne olanak verir. Alan ölçüm hesaplamaları ve sol ventrikülün kısa eksen kesitleri seri halde toplanarak (Simpson's rule) end-sistolik, end-diastolik atım volümü belirlenebilir. Bu ölçümlerden kardiyak output ve ejeksiyon fraksiyonu hesaplamaları yapılabilir. Elde edilen volüm ve fonksiyonel ölçümler diğer görüntüleme teknikleriyle iyi koreledir (100-102). MRI tüm myokardiyal segmentlerin tam vizüalizasyonu ile birlikte bölgesel sol ventrikül fonksiyonlarının rutin kantitatif değerlendirilmesini sağlar. Benzer şekilde epikardiyal kontürler belirlenerek epi ve endokardiyal yüzey arasında kalan myokard volümü hesaplanabilir. Myokard volümü myokard dokusunun dansite değeri ile çarpılarak geometrik işlemler yapılmadan myokardiyal kitle hesaplanabilir (103-104).

Faz-kontrast MRI tekniği kullanarak kan akımı hızı belirlenebilir. Bu teknik ile hem asendan aorta hem de pulmoner arterdeki kan akımı simultane belirlenerek pulmoner akımın sistemik akıma olan oranı (Q_p/Q_s) hesaplanabilir.

2.9.3.2. İskemik Kalp Hastalığı:

Myokardiyumda iskemi ve iskemik hasarın deteksiyonunda MRI tekniğini kullanan çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Bunlar myokardiyal doku karakterizasyonu, stres ile indüklenmiş segmental disfonksiyon, MR perfüzyon görüntüleme ve MR spektroskopik metodları kullanarak iskemi indüklenmiş yüksek enerjili fosfat metabolizmasının incelenmesidir.

2.9.3.2.1 Stres ile indüklenmiş Segmental Disfonksiyon

Strese bağlı bölgesel sol ventrikül fonksiyon bozukluğunun belirgin koroner arter stenozunun bulgusu olarak genellikle ST-segment disfonksiyonu

ve anjina pektoristen önce ortaya çıktığı bilinmektedir (105). Dobutamin ile farmakolojik stres uygulama elektrokardiyografik radyonüklid ventrikülografi, ekokardiyografi ve talyum perfüzyon incelemede koroner arter hastalığı deteksiyonunda kullanılmaktadır. MRI ile noninvazif olarak yüksek uzaysal çözünürlükde bölgesel sol ventrikül fonksiyonlarının doğru olarak değerlendirilmesi yapılır (106). Tek çift ve üç damar hastalıklarının deteksiyonunda sensitivite sırasıyla %75, %80 ve %100'dür. Total inceleme süresi yaklaşık olarak bir saattir.

2.9.3.2.2. MRI Kontrast Ajanları Kullanarak Myokardiyal Perfüzyon Görüntüleme

Paramagnetik bileşikler hem T1 hem de T2 relaksasyon zamanlarında azalmaya neden olurlar. Relaksasyon zamanının magnitudündeki değişiklik hem magnetik alan gücüne hem de paramagnetik ajanın konsantrasyonuna bağlı olarak değişir. Bu ajanların intravenöz bolus şekilde İ.V enjeksiyonu ile myokardiyal perfüzyonun değerlendirilmesinde MR inceleme yapılır. Günümüzde üç sınıf paramagnetik ajan bulunmaktadır : ekstraselüler, kan havuzu ve intraselüler ajanlar. En sık kullanılanı ekstraselüler bir ajan olan gadolinium diethylenetriamine pentaacetik acid (Gd-DTPA) olup kan havuzu ve ekstra selüler boşlukta dağılım gösterir. Kan havuzu ve intasellüler ajanları içeren kontrast maddeler gelişme aşamasındadır. Simor ve arkadaşları Thallium ve sestamibi gibi intrasellüler boşlukta lokalize olan bir ajan tanımlamışlardır (107).

2.9.3.2.3. Myokard Enfarktüsü

Yakın zamanda geçirilmiş yada eski myokard enfarktüsü olan hastaların incelenmesinde MRI faydalıdır. Magnetik Rezonans metodları infarkt büyüklüğünün bölgesel ve global fonksiyonun, viabilitenin ve myokard enfarktüsü sekelinin evalüe edilmesinde kullanılabilir.

2.9.3.2.4. Global ve Bölgesel fonksiyon

Sine tekniğini kullanarak MRI ile kantifikasyon sonucu hesaplanan duvar kalınlaşması, bölgesel ve global ventriküler kontraktilite anomalilerini ayırd eder (108,109). Myokard enfarktüsünden sonra meydana gelen bölgesel olarak duvar kalınlaşmasının bozulması MR inceleme ile gösterilebilir ve X-Ray

ventrikülografi ile belirlenen disfonksiyon alanları ile iyi koreledir. Magnetik Rezonans İnceleme ile demonstre edilen end-diastolik duvar kalınlığı ve sistolik duvar kalınlığının derecesi myokardial viabilitenin belirleyicisi olarak kullanılabilir. Sechtem ve arkadaşları technetium 99m-sestamibi ile SPECT görüntüleme ile 6 mmden daha fazla end diastolik duvar kalınlaşmasının ve 1 mm'den daha fazla end sistolik duvar kalınlaşmasının canlı myokardiyumu temsil ettiğini göstermişlerdir(110). Daha sonra bu bulgu 18 F-fluorodeoxyglucose ve duvar kalınlığının sine MR incelemesi ile desteklenmiştir (111,112).

2.9.3.3. Myokard Enfarktüsü Komplikasyonları

Magnetik Rezonans İnceleme kardiyovasküler yapılar hakkında mükemmel detay verdiği için, kısa ve uzun dönem myokardiyal hasar sekellerinin deteksiyonunda kullanılabilir. MRI'da en sık dedekte edilebilen komplikasyonlar ventriküler anevrizma, papiller kas nekrozuna bağlı mitral kapak disfonksiyonu, ventriküler septal perforasyon, sol ventrikül trombusu ve perikardiyal effüzyondur. İnfarkte segmentin rejyoner duvar incelmesine ek olarak, sol ventrikül dilatasyonu olduğu kadar kompensatuar bölgesel duvar kalınlaşması ve hipertrofisi de değerlendirilebilir. Ayrıca kardiyak dekompanzasyonun bir göstergesi olarak plevral ve perikardiyal effüzyonlar da dedekte edilebilir.

2.9.3.4. Koroner Arter Hastalığı

Magnetik Rezonans İnceleme ile koroner arterler görüntülenebilir ve stenotik lezyonlar doğru olarak dedekte edilebilir. Koroner anjiyografiye alternatif olarak invazif olmayan ve daha ucuz bir değerlendirme olanağını sağlar. Ancak kardiyak ve respiratuar hareketin yanısıra koroner arterlerin küçük ve kıvrımlı olması da değerlendirmede problem teşkil eder. Bu problemlerin çoğu üç boyutlu anjiyogram geliştirilmesi için yeni tekniklerin üretilmesiyle azaltılabilmektedir. Ek olarak koroner arterleri çevreleyen yağ tabakası sorunu da yağ süpresyonu için puls sekansları kullanarak yağ sinyalinin efektif olarak azaltılmasıyla büyük ölçüde çözülmüştür. Nefes tutturma ve yeni gating metodlar respirasyon hareketinden dolayı oluşan bulanıklaşmayı azaltabilir.

2.10. KALP FONKSİYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE NÜKLEER TIP YÖNTEMLERİ

Nükleer Tıp ta kardiyak fonksiyonların değerlendirilmesinde klasik olarak iki yöntemle yapılır.

A-First-Pass radyonüklid anjiografi (RNA)

B-Multigated anjiosintigrafi (MUGA)

Karşılaştırmalı çalışmalarda, kalp fonksiyonlarının kalitatif ve kantitatif değerlendirilmesinde her iki yöntemin de kontrast ventrikulografi ile uyumlu sonuç verdiği gösterilmiştir.

Yakın zamanda ise bu iki yönteme ek olarak ventriküler fonksiyonlar perfüzyon ajanları kullanarak first pass anjiografinin yanında ; gated planar ve SPECT perfüzyon yöntemleri ile analiz edilmektedir.

2.10.1. First-Pass RNA

Multigated anjiosintigrafi yöntemine nazaran daha az sıklıkta kullanılmaktadır. Önceleri multikristal gama kamera ve ayrıntılı program gerektirmesi, rutin kullanımını sınırlamıştır. Ancak son zamanlarda gama kamera ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler bu yöntemin rutin kullanımını kolaylaştırmıştır.

First pass RNA yönteminin MUGA yöntemine göre bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır (113). Bu yöntemle egzersiz sonrasında ventrikül fonksiyonlarında oluşan değişiklikler, doğumsal anomaliler, soldan-sağa şant ve kapak yetersizlikleri ile ilgili semikantitatif bilgiler kolaylıkla elde edilebilir. Aktivite her iki ventrikül boşluğundan farklı zamanlarda geçtiği için sağ ventrikül fonksiyonları MUGA fonksiyonuna nazaran daha doğru olarak ölçülebilmektedir. Ayrıca uygulanması basittir ve çok az zaman alır (30-45 sn gibi). Egzersiz sırasında görüntü kaydı için 10-15 sn. yeterli iken, bu süre MUGA yönteminde 2 dakikaya çıkmaktadır.

First pass RNA yönteminin en büyük dezavantajı kayıt sırasında çok az kalp siklusunun kullanılmasına bağlı olarak ritm bozukluklarında yeterli klinik bilginin elde edilememesidir. Çalışma sırasında hastanın hareket etmesi ejeksiyon fraksiyonunun doğru olarak hesaplanmasını ve duvar hareketlerinin sağlıklı değerlendirilmesini önler. Her projeksiyon için ayrı ayrı enjeksiyonların

gereksinimi dezavantaj oluşturur. Teknesyum-99m kullanıldığında yüksek radyasyon dozundan dolayı sınırlı sayıda enjeksiyon yapılabilir ve bir günde en fazla üç projeksiyon alınabilir. Radionüklid enjeksiyonu sırasında hastayı dikkatlice pozisyonlamak gerekir ve bolus enjeksiyonunun kalitesi önemlidir. First-pass çalışmaları çoğu konvansiyonel Anger kamera sistemlerinde bulunmayan sayım oranı ve işleme gereksinimleri vardır. Ek olarak veri işleme gated çalışmalara göre daha zaman alıcı ve operatöre bağımlıdır. First pass çalışmaların uzaysal rezolüsyonu genelde yüksek kalitedeki equilibrium çalışmaları kadar iyi değildir; bununla birlikte ortalama gated egzersiz çalışmasındaki sınırlı istatistiklerinden dolayı pik egzersizde fark anlamlı değildir. Aslında pik egzersizde first -pass çalışma 1,5-2 dakikalık gated çalışmaya üstün olabilir.

2.10.1.1.Görüntüleme tekniği:

Bu yöntemde Tc-99m MAA dışında, nükleer Tıpta değişik amaçlarla kullanılan tüm Tc-99m ile işaretli maddeler kullanılabilir. Bunlar arasında en sık olarak, vücuttan hızlı bir şekilde atılan Tc-99m DTPA ve Tc-99m sülfür kolloid tercih edilir. Bu radyoaktif maddelerin kullanılması halinde, kısa zaman aralıkları ile yöntem tekrar edilebilir. Bazı merkezlerde MUGA çalışması için eritrosit işaretleme sırasında Tc-99m perteknetat bolus halinde verilerek iki çalışma birlikte uygulanır. Son zamanlarda myokard perfüzyon sintigrafisinde kullanılan Tc-99m ile işaretli ajanlar (sestamibi, tetrofosmin) ile önce first-pass RNA yapılmakta ve işleme, myokard perfüzyon sintigrafisi ile devam edilmektedir. Jenaratör ve kolimasyon problemleri olmasına rağmen Altın-195m, İridium-191m ve Tantalum-198 de kullanılabilen first pass RNA için uygun , kısa ömürlü radionüklidlerdir.

Görüntü kaydı için genel olarak her iki ventrikül aktivitesinin, aort ve atriyal aktiviteden kolaylıkla ayrıldığı 30° sağ anterior oblik projeksiyon tercih edilir. Bir ml.den daha az bir volüm içinde 20-25 mCi kadar radionüklid juguler yada antekübital venden bolus halinde verilir. Çalışmada 150 000-200 000 sayım/sn kaydetme özelliğine sahip olan gama kamera ve yüksek duyarlıklı paralel delikli kolimatör kullanılır. Bilgisayarda görüntü kaydı bolus enjeksiyon ile birlikte yapılır. Çalışma süresi 60 sn.'den daha kısa bir zaman alır. Veriler

bilgisayara "frame" yada "list mode" yöntemi ile kaydedilir. "Frame mode" da 0.025-0.035 sn/frame alınır. Yüksek sayım hızı elde edildiği durumlarda "list mode" yöntemi tercih edilir. Düşük sayım hızlarında ise diyastol sonu "frame" lerin belirlenmesi için EKG'deki R sinyallerinden faydalanılır. Bu yöntem "gated first pass acquisition" denir. Bu özellikle tek kristalli gama kameralarda rutin olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin prosesi daha hızlı olmakta ve sinematik olarak bölgesel duvar hareketleri izlenebilmektedir. Proses sonucunda sol ve sağ ventrikülün ejeksiyon fraksiyonu, sol ventrikülün diyastol ve sistol sonu volümleri, kalp debisi, bölgesel duvar hareketleri ve ejeksiyon fraksiyonu, diastolik dolum zamanları, pulmoner transit zamanı, pulmoner kan volümü, sol sağ şant oranı ve kalp yetersizliğinin derecesinin tayini gibi değişik parametreler elde edilir.

Bu parametreler içinde en sık kullanılan sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (EF)' dur. Aktivitenin sol ventrikülden görülmesinden sonra diastol ve sistol sonundaki aktivite sayımları kullanılır. Bu sayımlarda zemin aktivite çıkarıldıktan sonra aşağıdaki formül yardımıyla sol ventrikül EF hesaplanır.

EF= (Diyastol sonu sayımları - sistol sonu sayımları) / Diyastol sonu sayımları

Aynı şekilde bilgisayarda sağ ventrikül EF, diyastol sonu volümü, atım volümü ve kalp debisi de kolaylıkla hesaplanabilir. Bölgesel fonksiyonların değerlendirilmesinde bazı yöntemler uygulanır. Bunlar içinde en sık kullanılanı, duvar hareketlerinin kontrast ventrikulografide olduğu gibi, kantitatif yada semikantitatif değerlendirilmesidir. Bunun dışında, ejeksiyon görüntüsü, amplitüd görüntüsü ve sistol ortalama zamanı gibi, parametrik görüntüler de kantitatif değerlendirmede kullanılabilir.

Diyastolik dolum verileri, kalitatif ve kantitatif olarak elde edilmektedir. Bu veriler birbirinden ayrılması güç olan restriktif kardiyomyopati ile konstriktif perikarditin ayırıcı tanısında kullanılır. Restriktif kardiyomyopatide zirve doluş hızı restriktif kardiyomyopatiye göre daha uzundur.

First pass RNA'nın diğer kullanım alanlarından biri de soldan sağa şant olgularının tanısı ve kantifikasyonudur. Bu amaçla zaman aktivite eğrisi

kullanılarak , akciğer /sistemik akım oranı (Q_P / Q_S) elde edilir. Bu yöntemle Q_P / Q_S oranı 1.2/1 veya daha yüksek olan şantlar tesbit edilebilir.

Kapak yetersizliklerinde, radyonüklidin kalp boşluklarından geçiş süresi uzar. Ciddi sağ ve sol kapak yetersizliklerinin tanısı basit olarak zaman aktivite eğrisinin vizüel değerlendirilmesi ile konabilir.

2.10.1.2.Klinik uygulamaları

2.10.1.2.1.Koroner Arter Hastalığının Tanısı

Rest ve egzersiz first pass RNA bilinen veya şüpheli koroner arter hastalığı olan kişilerde tanı ve takipte yaygın olarak uygulanmaktadır. KAH'da egzersize bağlı olarak gelişen iskemi, duvar hareket bozukluğuna ve EF'nun düşmesine neden olur. First pass RNA, efor sırasında uygulandığında, duvar hareketlerindeki değişikliğin gösterilmesine ve EF ölçümüne olanak vererek KAH tanısına yardımcı olur. Normalde, efordan sonra EF'da % 5 artış gözlenir. Bu artışın olmaması KAH' a özgü bir bulgu değildir. Ejeksiyon fraksiyonunun KAH tanısındaki özgüllüğü erkekler için % 73 kadınlar içinse % 46'dır. Buna karşın efor sırasında duvar hareket bozukluklarının ortaya çıkması KAH tanısında çok daha fazla özgüllüğe sahiptir (erkeklerde % 96, kadınlarda % 88). Duvar hareket bozukluğunun KAH tanısındaki duyarlılığı ise çok düşüktür (%53). Bu düşüklük tek projeksiyonda görüntü alınmasından kaynaklanmaktadır.

Egzersiz first-pass RNA'sı değerlendirmesinde gerek sine, gerekse parametrik görüntülerde bölgesel fonksiyonlarda bozukluk görülürse, EF değerine bakılmaksızın KAH düşünülmelidir. Eğer bölgesel fonksiyonlarda düşüş olmadan EF normalin altına inerse (normal>0.50) KAH tanısı için miyokard perfüzyon sintigrafisi uygulanır.

Rest first pass radionüklid anjiyografi özellikle akut miyokard enfarktüsülü hastaların komplikasyonlarının tanısında ; sağ ventrikül MI şüphesi olanlarda EF'nun belirlenmesinde, şüpheli interventriküler septal rüptürü olanlarda ise sol-sağ şantın kantitasyonunda önemlidir (113).

2.10.1.2.2.Koroner Arter Hastalığında Prognozun Belirlenmesi

Radyonüklid anjiyografi, egzersiz ve istirahat sırasında EF'nu ölçebilen, invazif olmayan pratik bir yöntemdir. Elde edilen EF'u medikal tedavi gören KAH

hastalarında yaşam süresinin tahmininde çok önemli bir göstergedir. Myokard enfarktüsü sonrası iskeminin tanısında, eforlu EKG 'den 3 kat daha duyarlı bir yöntemdir.

2.10.1.2.3.Kalp Kapak Hastalıklarının Değerlendirilmesinde

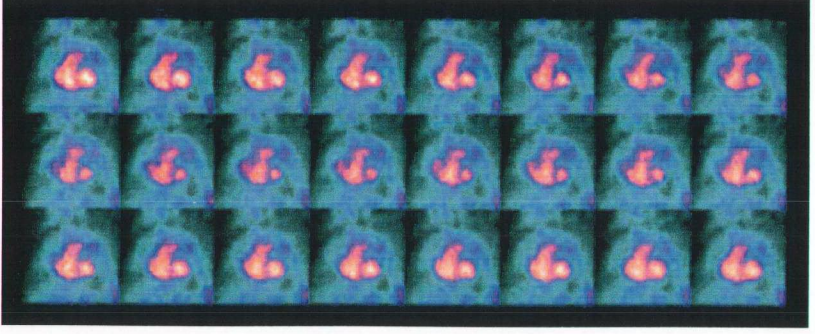
Rest first pass RNA aort veya mitral yetmezliğin derecesinin tahmininde ve kapak replasmamının ne zaman yapılması gerektiğinin belirlenmesinde kullanılabilir. Egzersiz first pass radionüklid anjiografinin valvuler yetmezlikli olgularda ek bir prognostik bilgi sağladığı gösterilmemiştir. Sol ventrikülün transit zamanının uzaması mitral ve aort yetersizliğinin ayırıcı tanısı için bir gösterge olarak kullanılır. Bunun dışında semptomsuz mitral ve aort yetersizliği hastalarında, cerrahi girişim zamanının saptanmasında en önemli tek değişken olan EF ölçümünde doğru ve tekrarlanabilir sonuçlar verir. Pratik olarak, semptomsuz ve ciddi kapak hastası olduğu bilinen hastalar, seri olarak ekokardiyografi ve EF ölçümleri ile takip edilerek operasyon zamanı saptanabilir. First pass RNA triküspit yetmezlik kantifikasyonunda da kullanılabilir(113).

2.10.1.2.4.Doğumsal Kalp hastalıklarının değerlendirilmesi

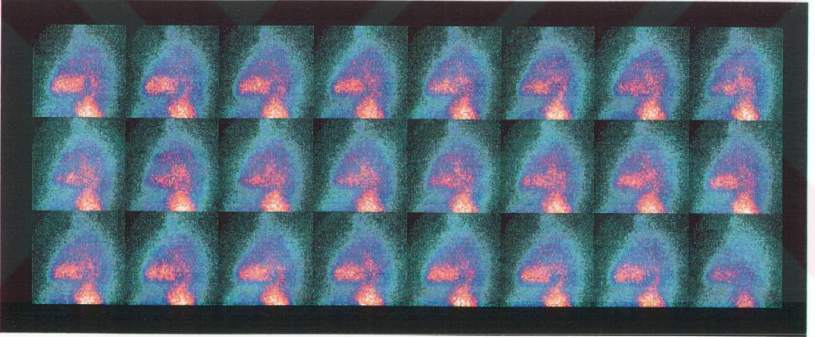
Doğumsal kalp hastalıklarının tanısında genel olarak ekokardiyografi, manyetik rezonans ve kontrast anjiografi yöntemlerinden yararlanır. Ağır soldan-sağa şant olgularının gösterilmesinde ve kantifikasyonunda first-pass RNA, ekokardiyografiden daha üstündür. Soldan-sağa şant olgularının tanısı, aktivitenin sol atriyum yada sol ventriküle girdikten sonra tekrar sağ ventrikülde belirmesi ile konur. Ayrıca sol-sağ şantın cerrahi düzeltilmesinin yapıldığı hastaların takibinde de bu yöntemden faydalanılabilir. Patent duktus arteriosusta görüntüler normal olmasına rağmen, kantifikasyonla şant saptanabilir.

2.10.1.2.5.Kronik Akciğer Hastalıklarının Değerlendirilmesi

Kronik obstrüktif akciğer hastalıklarında (KOACH) gelişen pulmoner hipertansiyon, sağ ventrikülü etkileyerek sağ kalp yetersizliğine ve kor pulmonaleye neden olur. First pass RNA, sağ ventrikül EF'nu ölçülerek kor pulmonale ile normal ve KOACH' lı hastalarının birbirinden ayırımında yardımcı olur. Kor pulmonale olan hastalarda sağ ventrikül EF düşük, KOACH'da ise

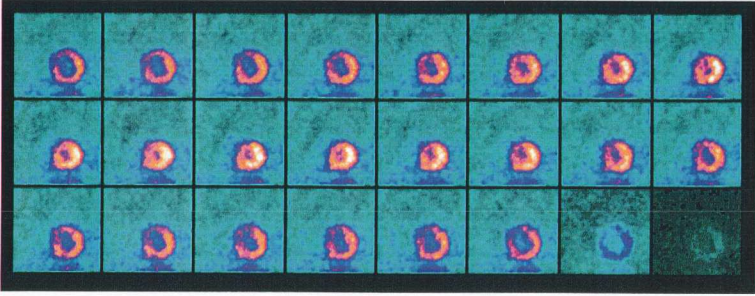


A

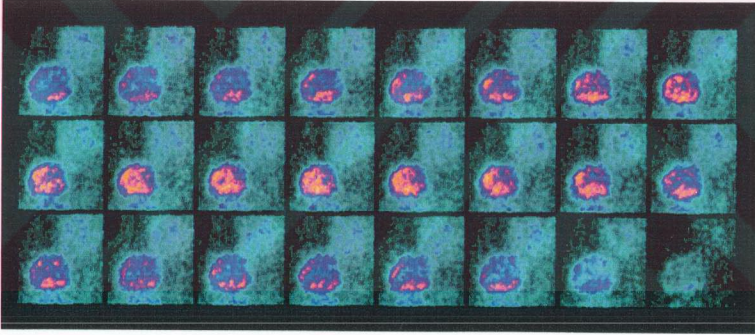


B

Şekil : II - Sol anterooblik (A) ve sol lateral projeksiyondan (B) elde edilen 24 karelik MUGA ham data görüntüleri

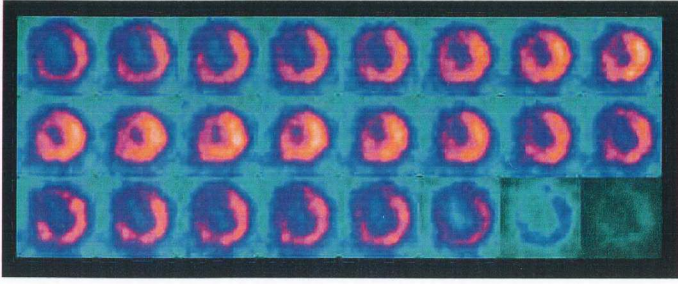


A

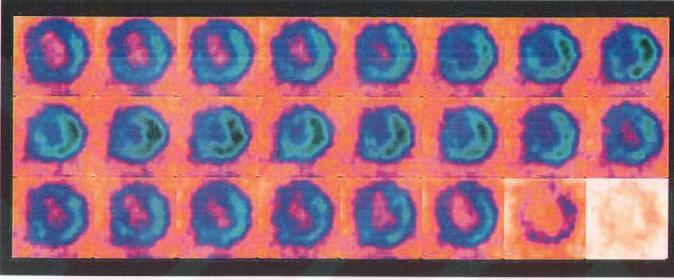


B

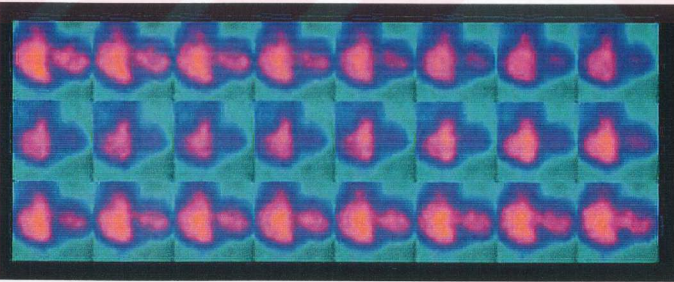
Şekil : III - Sol anterooblik (A) ve sol lateral projeksiyondan (B) elde edilen 24 karelik GTF ham data görüntüleri



A

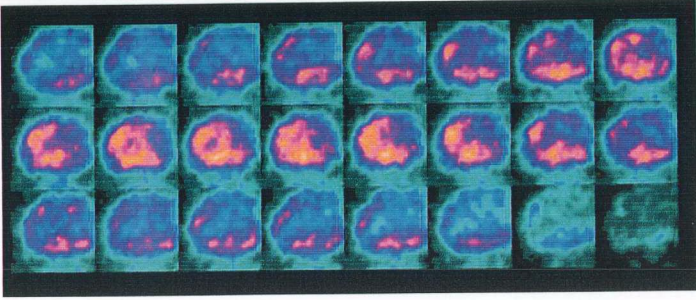


B

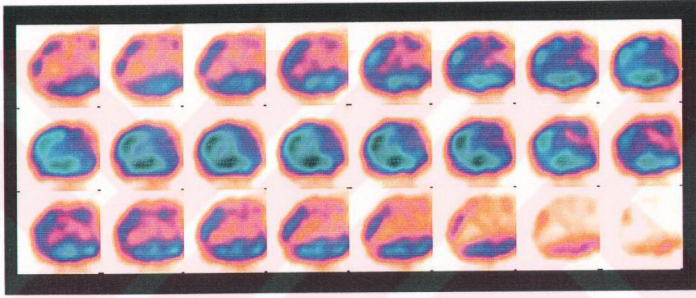


C

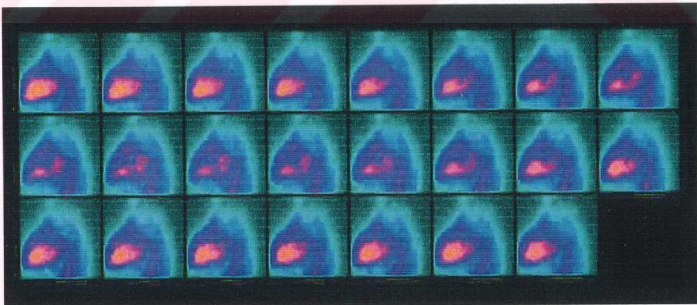
Şekil : IV - SAO projeksiyonunda, sine incelemede kullanılan, NI-GPTF (A), I-GPTF (B) ve MUGA (C) görüntüleri



A

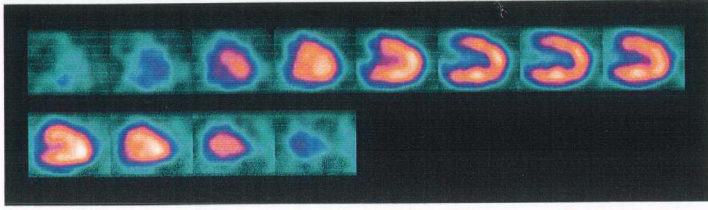


B

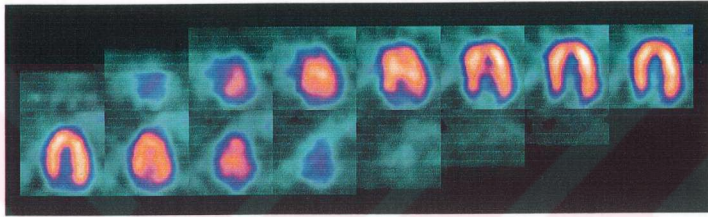


C

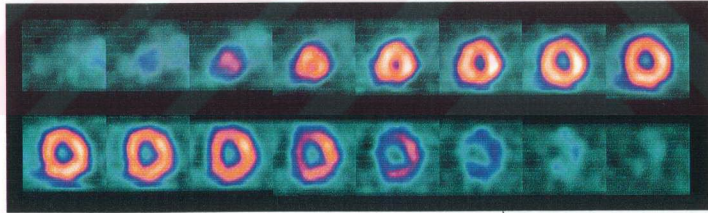
Şekil : V - SLT projeksiyonunda, sine incelemede kullanılan NI-GPTF (A), I-GPTF (B) ve MUGA (C) görüntüleri



A

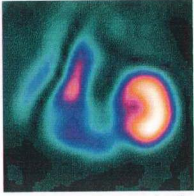


B

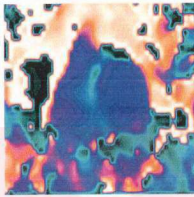
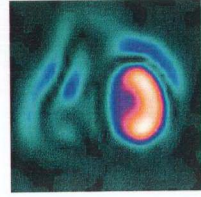
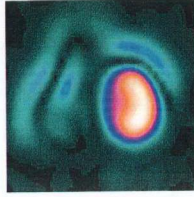


C

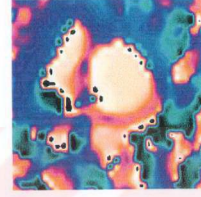
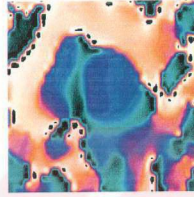
Şekil : VI – Rest myokard perfüzyon tomo- sintigrafisi rekonstrüksiyonu sonucu oluşturulan normal Vertikal (A), Horizontal (B) ve Koronal kesitler (C)



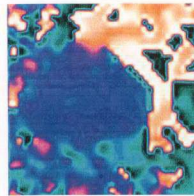
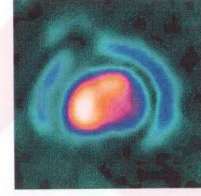
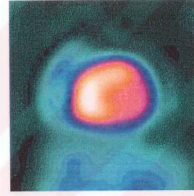
A - SAO- AMPLİTÜD



B - SAO- FAZ

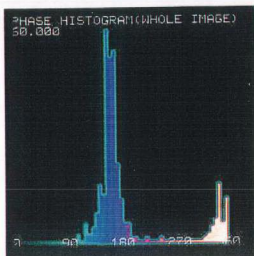


C - SLT AMP

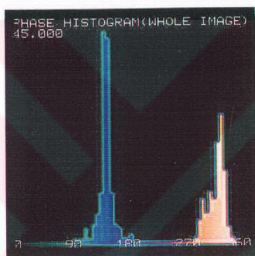
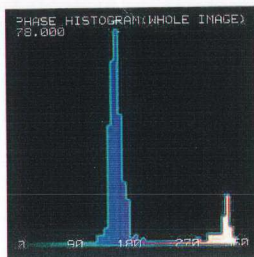


D - SLT FAZ

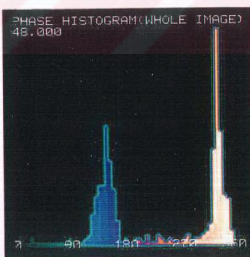
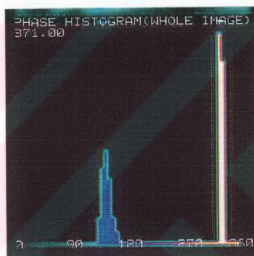
Şekil : VII – Fonksiyonel incelemede kullanılan sırasıyla (soldan sağa) MUGA, I- GPTF ve NI-GPTF , sol anteroblik (SAO) amplitüd (A) ve faz (B); sol lateral (SLT) amplitüd (C) ve faz (D) görüntüleri



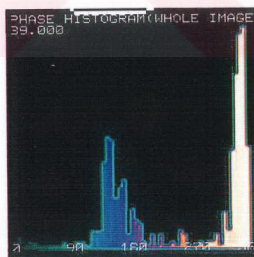
A



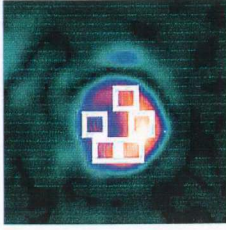
B



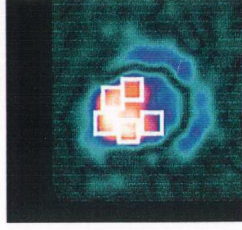
C



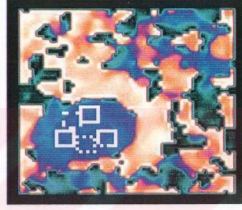
Şekil : VIII – MUGA (A), I-GPTF (B) ve NI-GPTF (C) incelemelerinde , sırasıyla SAO ve SLT faz histogram görüntüleri



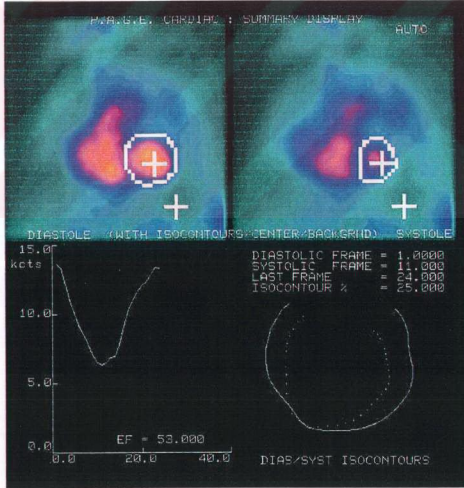
Şekil : IX



A



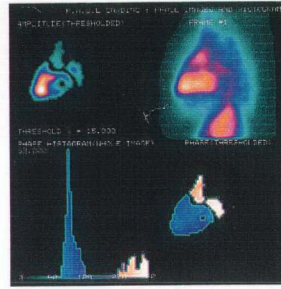
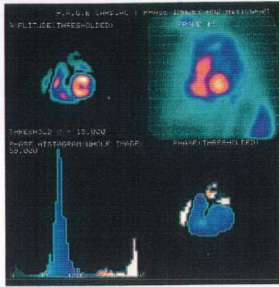
B



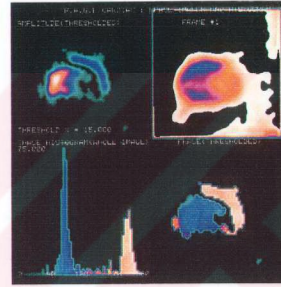
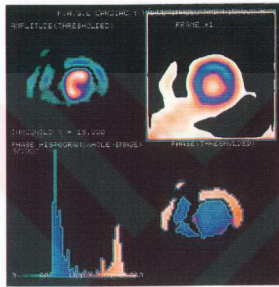
Şekil : X

Şekil : IX – Amplitüd (A) ve faz görüntüleri (B) kantitasyonunda kullanılan sırasıyla (soldan sağa) SAO ve SLT segmental ilgi alanı dağılımı

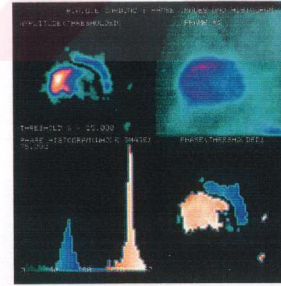
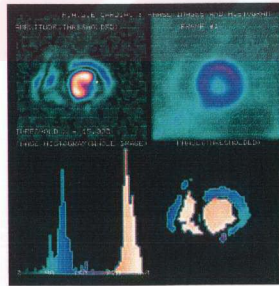
Şekil : X – MUGA çalışmasında SAO projeksiyonundan ejeksiyon fraksiyonu hesabı



A

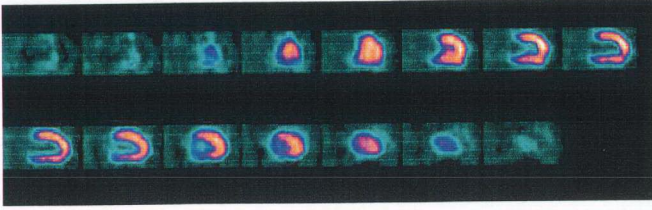


B

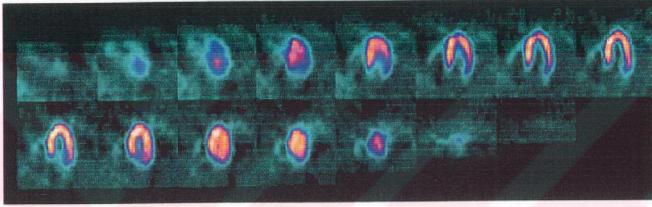


C

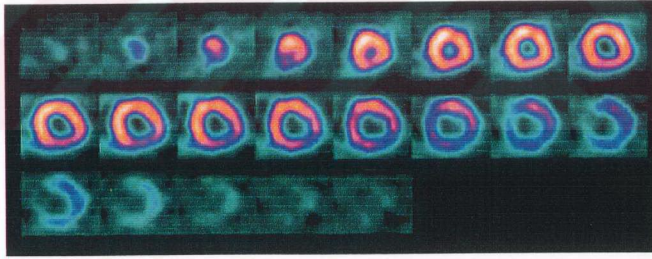
Şekil : XI.I- Stunned myokardium düşünülen bir olguda (OLGU-1) MUGA (A) çalışmasında lateral duvarda akinezi (SAO). I-GPTF (B) ve NI-GPTF (C) metodlarında aynı olguda lateral ve inferolateral duvarlarda akinezi . (sırasıyla , soldan sağa SAO ve SLT projeksiyonları)



A

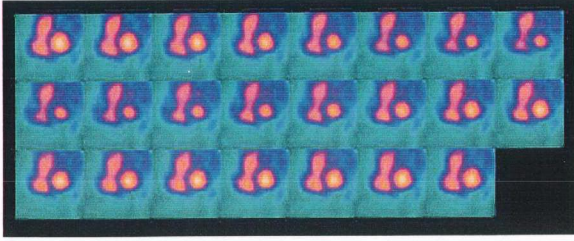


B

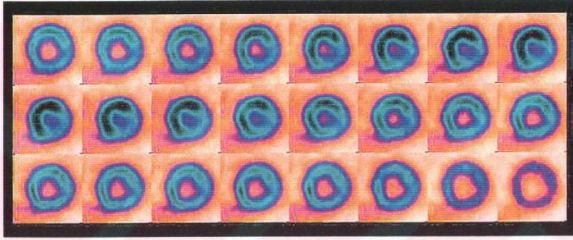


C

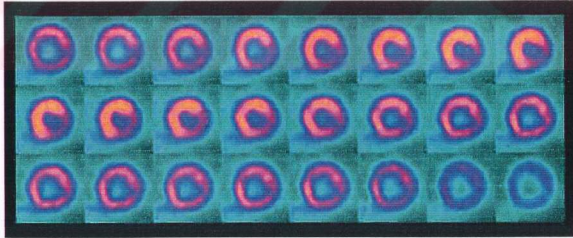
Şekil : XI .II- OLGU-1 myokard perfüzyon SPECT çalışmasında , Vertikal (A) , Horizontal (B) ve Koronal kesitlerde (C) infero-lateral ve lateral duvarların midventriküler-bazal düzeyinde minimal hipoperfüzyon bulguları.



A

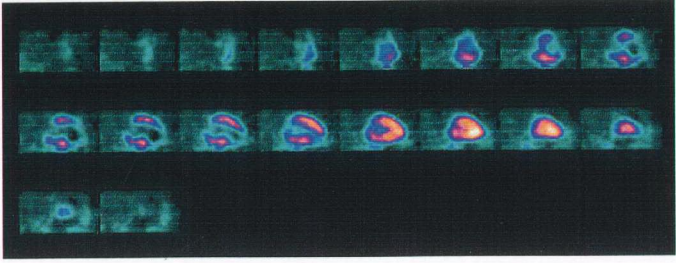


B

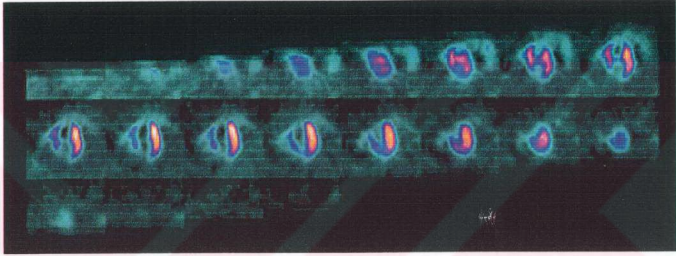


C

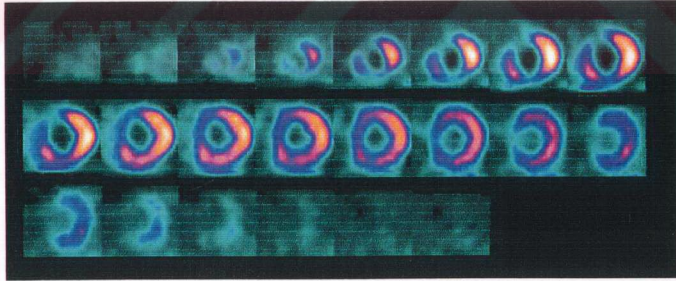
Şekil : XI .III- OLGU-1' in sine incelemesinde kullanılan MUGA (A), I-GPTF (B) ve NI-GPTF (C) metodlarında SAO projeksiyonu görüntüleri.



A

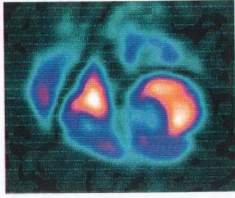


B

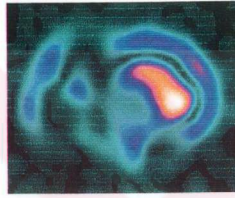
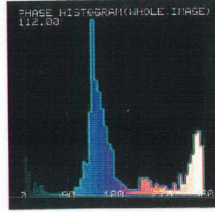
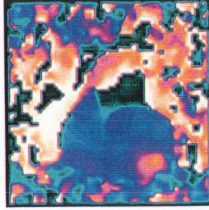


C

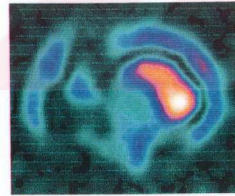
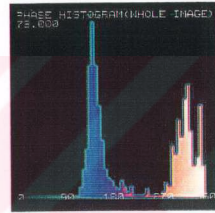
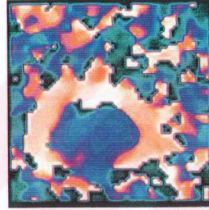
Şekil : XII.1.- Inferoapikal bölgede anevrizması olan bir hastada (OLGU 2) rest-miyokard perfüzyon SPECT bulguları : Anteroseptal, septal ve inferior duvarların apikal-midventriküler kesimlerinde perfüzyon defekti. (A-Vertikal ,B-Horizontal ,C-Koronal)



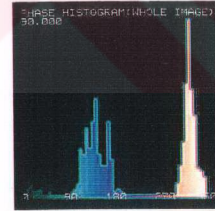
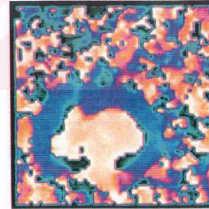
A



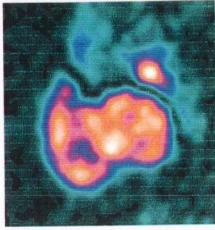
B



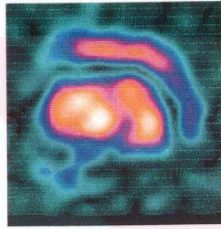
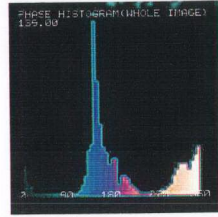
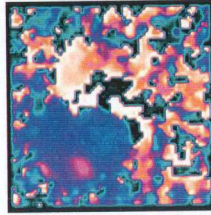
C



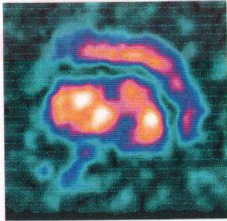
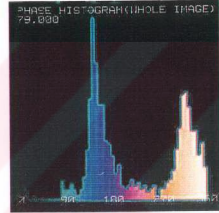
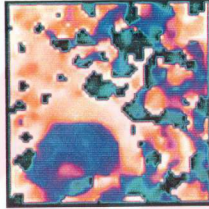
Şekil : XII .II- OLGU 2'de MUGA çalışmasında (SAO) inferoapikal duvarda anevrizmayı gösteren faz ve faz histogram görüntüleri (A). I-GPTF (B) ve NI-GPTF (C) incelemelerinde anevrizmal alanda defektif amplitüd bulgularına karşın, normal sınırlarda izlenen faz görüntüleri.



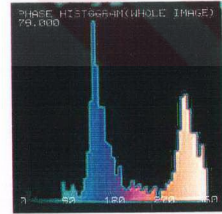
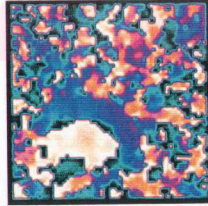
A



B



C



Şekil : XII .III- OLGU 2'de Sol lateral projeksiyonda MUGA (A) , I-GPTF (B) ve NI-GPTF (C) çalışmalarında inferoapikal duvarda anevrizmayı gösteren faz ve faz histogram görüntüleri .

normaldir. Henüz belirti vermemiş kor pulmonaleli hastaların tanınmasında da bu yöntemden faydalanılabilir.

2.10.2. MUGA (MULTIGATED ANJIOSİNTİGRAFI) (EQUILIBRIUM–GATED RADYONÜKLİD VENTRİKÜLOGRAFI)(GATED KAN HAVUZU KARDİYAK ÇALIŞMA)

Sol ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesinde en sık kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde kalbin kan havuzunda sistol ve diyastol sırasında oluşan değişiklikler incelenerek sol ventrikül EF, ventrikül büyüklüğü, duvar hareketleri, kasılma ve gevşeme oranları, parametrik görüntüler, izovolemik gevşeme periyodu ve hızlı dolum oranları gibi zaman–volüm siklusunun özel kısımları hakkında bilgi edinilir (82). Kalbin anatomisinin konfigürasyonundan dolayı sol ventriküle ait ölçümler sağ ventriküle göre daha doğru olarak elde edilir (113).

2.10.2.1. Uygulama Tekniği

MUGA çalışması istirahatte ve egzersizde olmak üzere iki şekilde uygulanır. Çalışmanın yapılabilmesi için önce eritrositlerin kalay PYP ile işaretlenmesi gerekir. İşaretlemede in-vivo, modifiye invivo veya invitro teknikler kullanılır. Bunlar içerisinde pratik olması nedeniyle çoğunlukla invivo işaretleme tercih edilir. Bu işaretleme en az 2 saatlik açlık sonrasında hastaya önce IV olarak 10-20 mikrog/kg kalay içeren soğuk (işaretsiz) PYP verilir. 15-20 dakika bekledikten sonra diğer koldan 20-25 mci Tc-99m perteknetat İ.V. enjekte edilir. Bu yöntem ile bağlanma etkinliği %80-90' dır. Modifiye teknikte ise hastaya PYP enjekte edildikten sonra heparinize enjektör ile 3 ml kan alınır ve 20-30 mci Tc-99m 5-10 dakika inkübe edildikten sonra hastaya tekrar enjekte edilir. Bağlanma derecesi 98'lere ulaşır. Daha az kullanılan invitro işaretlemede, 5-10 ml hasta kanı antikoagulanlı ve steril bir şişe içinde bulunan kalay klorür ile 5 dakika inkübe edildikten sonra, üzerine 20-25 mci Tc-99m ilave edilir. İşaretlenmiş olan kan, steril şartlar altında tekrar hastaya enjekte edilir. Bu yöntemde eritrosit işaretleme oranı daha yüksek olmasına karşın, pratik olmaması nedeniyle pek tercih edilmemektedir.

İstirahat MUGA için eritrositleri işaretlenmiş hastaya EKG elektrodları bağlanarak gama kamera dedektörü altında supine pozisyonda yatırılır. Dedektör sol anterior oblik pozisyonda her iki ventrikül ve atriyum aktivitelerinin en iyi ayrıldığı açıya yerleştirilir. Bu projeksiyon, sol ventrikül EF ve sol ventriküle ait diğer parametrelerin ölçümü için en ideal olanıdır. Sol anterior oblik projeksiyondan sonra, kalbin diğer duvarlarının görüntülenmesinde, anterior, sol lateral ve sol posterior oblik projeksiyonlar kullanılır.

Egzersiz MUGA'nın uygulanması, istirahat MUGA'ya göre daha komplikedir. En az iki saatlik bir açlık döneminden sonra uygulanır. Hastanın daha önce kullanmış olduğu beta blokerler, kalsiyum kanal blokerleri ve uzun etkili nitratlar duyarlılığın düşmesine yol açabileceğinden en az 48 saat öncesinden kesilmesi gerekir.

Eritrositler işaretlendikten sonra hasta özel olarak yapılmış bisiklet ergometresi üzerine sırt üstü yada oturur pozisyonda durur. Bilgisayara 2 dakikalık sürelerle 16-32 frame/siklus alınır. Sol anterior oblik pozisyonda 2 dakikalık istirahat görüntüleri alındıktan sonra 3 dakikalık aralıklarla yük artırılarak hastanın yaşına göre öngörülen % 85' lik maksimum kalp hızına çıkıncaya kadar çalışmaya devam edilir. Çalışma sırasında, anjinal ağrı, sistolik kan basıncında düşme, ciddi ritm bozukluğu, pozitif EKG değişikliği ve aşırı yorgunluk görülürse egzersize son verilir. Çalışma boyunca hastanın EKG'si ve kan basıncı deneyimli kişilerce izlenir ve hasta ile ilgili klinik ve egzersiz bulguları kaydedilir. Egzersiz den 10 dakika kadar sonra, hastanın kalp hızı normale döndüğü zaman istirahat MUGA'sı yapılabilir. Çalışmada yüksek duyarlılık yada genel amaçlı düşük enerjili paralel delikli kolimatör kullanılır.

Bilgisayarda görüntü kaydı EKG'den gelen R sinyalleri ile başlar EKG'deki R-R aralığı istenen parametrelere göre değişik sayıda frame/siklusa ayrılır. Sistolik fonksiyonların ölçümünde 16, duvar hareketlerinin izlenmesinde 24, diyastolik fonksiyonların ölçülmesinde 32 frame/siklus idealdir. Çalışma her frameden en az 400 000 sayım toplandıktan sonra sonlandırılır. Bu 400-800 kalp siklusuna ve 10-15 dakikaya uyar.

Elde edilen görüntülerdeki ortalama sayımlara göre bilgisayarda R-R dalgaları arasındaki sistol ve diyastolde oluşan sayım (dolayısıyla volüm)

değişiklikleri eğrisi çizilir. Bu eğriye aynı zamanda ejeksiyon fraksiyonu eğrisi de denir. Kalp ritminin düzenli olduğu durumlarda elde edilen volüm eğrileri de düzenli olur. Aritmi nedeniyle R-R intervallerinin çok değişken olduğu durumlarda volüm eğrisinde distorsiyon oluşur. Çok erken gelen R dalgaları ventrikül dolmadan önce kasılma oluşturur, geç gelen R dalgaları ise uzamış ventrikül dolumuna neden olur. Bu durum ventriküler volümleri etkileyerek EF'nun olduğundan düşük yada yüksek bulunmasına neden olur. Ektopik atımların volüm değerlerine olan etkisini ortadan kaldırmak için bilgisayar R-R intervallerininin $\pm 10'$ u dışına çıkan erken atımları reddeder. Yine kalp hızı değişken olan hastalarda (atrial fibrilasyon) değişik intervallerdeki siklusları topladıktan sonra bunların ortalamasını alarak EF'nu hesaplayan programlar da mevcuttur.

2.10.2.2.Görüntülerin yorumlanması

MUGA görüntüleri kalitatif ve kantitatif olarak yorumlanır. Kalitatif değerlendirmede her iki ventrikülün duvar hareketleri, bilgisayar ekranında değişik pozisyonlarda sinematik olarak izlenir. Bu izleme esnasında ventrikül büyüklükleri, büyük damarların büyüklük ve pozisyonları, perikard bölgesi ve ventrikül boşluklarındaki dolum defektleri gözden geçirilir. Duvar hareketlerindeki bozukluklar kontrast ventrikulografide olduğu gibi hipokinezi, akinezi ve diskinezi (paradoksal duvar hareketi) olarak değerlendirilir. Genel olarak hipokinezi ve akinezi skarın, diskinezi ve bazan da akinezi anevrizmanın belirtileridir.

Kantitatif değerlendirmede, sol ventrikül sistolik ve diastolik fonksiyon parametreleri elde edilir. Bilgisayarda diastol ve sistol sonu görüntülerde sol ventrikül çevresi çizildikten sonra elde edilen sayımlar, sol ventrikülün dış lateralinden elde edilen ortalama background sayımlarından çıkarılarak, first pass RNA'da olduğu gibi aşağıdaki formülden yararlanılarak sol ventrikül EF'u hesaplanır.

$$EF = \frac{DSS - SSS}{DSS}$$

EF: Ejeksiyon fraksiyonu

DSS: Diastol Sonu Sayımları

SSS: Sistol Sonu Sayımları

MUGA ile total ejeksiyon fraksiyonundan başka ventrikül volümleri ve bölgesel EF da hesaplanabilir. Duvar hareketlerinin vizüel olarak değerlendirilmesi dışında bilgisayarda ejeksiyon fraksiyonu, atım volümü, paradoks görüntü gibi parametrik (fonksiyonel) görüntüler elde edilir. Bu görüntülerden özellikle şüpheli vizüel değerlendirmelerde faydalanılır. Forier analizi kullanarak renkli olarak amplitüd ve faz görüntüleri elde edilir. Amplitüd görüntüleri renge göre kalp boşluklarında oluşan hareketlerin derecesini; ventriküler boşlukta her bir pikselden fırlatılan kanın magnitudünü gösterir. Amplitüd imajı tüm zaman aktivite eğrisinden elde edilir. Düşük değerler hipo veya akinezi bölgelerine uyar.

Faz görüntüsü ventriküler kontraksiyon asenkronizasyonunu detekte etmede faydalıdır. Renge göre hareket zamanını gösterir; her kardiyak pikseldeki rejyonel ejeksiyon (kontraksiyon), faz görüntüsünde temsil edilir. Kalbi temsil eden iki piksel, maksimum (diastol sonu) veya minumuma (end sistol) aynı zamanda ulaşırsa, ikisi arasında faz farkı olmaz. Faz imajı ventriküler kontraksiyonun anormal zamanlamasını belirler. Atrium ve ventriküller ters fazlı olup yaklaşık 180 derecelik açı farkı ile kontraksiyon gösterirler. Akciğerler ve dalak aktivitesi göreceli olarak sabittir, bu nedenle renk değişimi göstermeyip siyah kalırlar. Aynı zamanda akinezi alanları da, değişiklik göstermez ve siyah renkte gözükür. Tardikinezi alanları gecikmiş faza (kontraksiyon) ve artmış faz açısına sahiptir. Ventriküler diskinezi bölgeleri atrial kontraksiyon fazına yakındır ve bu nedenle atriuma yakın bir renkte temsil edilirler. Sol dal bloğu varlığında gecikmiş sol ventrikül kontraksiyonuna bağlı ventriküller hafifçe faz kayması gösterirler ve faz histogram pikinin genişlemesine neden olurlar.

Amplitüd ve faz görüntüleri, kapak bölgelerinin değerlendirilmesinde, ventrikül anevrizmasının saptanmasında ve ileti bozukluklarında (dal blokları, Wolf –Parkinson White sendromu , ventriküler ektopi ve ventriküler taşikardi) kullanılır. Parametrik imaj analizi (amplitüd ve faz analizi) nin bir çok avantajı bulunmaktadır. Zemin aktivite çıkartılmasına gerek yoktur; tüm kardiyak siklustaki verileri kullanır, bu nedenle de frame seçimine gerek yoktur. Ayrıca kardiyak morfolojiden etkilenmez çünkü fonksiyonel sınırları belirler. Bölgesel

duvar hareketlerinin incelenmesinde parametrik imaj analizini değerlendirmesi yaparken sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunu (SVEF) bilmek gerekir; çünkü tüm pikseller maksimum amplitüde göre belirlenmiştir ve relatif olarak prezente edilirler. Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunu %35' in altında olduğunda maksimum amplitüdeki bölge her zaman hipokinetiktir ve diğer segmentler daha hipokinetik , akinetik veya diskinetiktir. Bu nedenle amplitüd ve faz değerlendirmesine SVEF'nun bilinmesi esastır(114).

Diyastolik fonksiyonlar, birçok kalp hastalığında (KAH, Hipertansiyon gibi) sistolik fonksiyonlardan önce bozulur ve birçok hastalığın erken tanısında önem taşır. MUGA ile diyastolik fonksiyonların değerlendirilmesinde, diyastolik parametreler kullanılır. Bu parametreler, sol ventrikül volüm eğrisinden elde edilen ventriküler dolum oranları ve bazı indekslerdir. Bu parametrelerin elde edilmesi için görüntü kaydının 32 frame/siklus şeklinde olması gerekir.

İzovolemik gevşeme periyodu, sistol sonu ile hızlı doluş arasındaki intervaldır. Bu interval 50 msn. kadardır. Hipertrofik kardiyomyopatide 90 msn.den daha fazladır. Sistol-sonu ve zirve doluş arasındaki periyoda zirve doluş zaman oranı (TPFR) denir. Normali 160 msn.dir. Yine zirve doluş zamanı (PFR) normal kişilerde 3EDV/S'dir. Bu parametrelerin uzaması sol ventrikül kompliansının azalmasından kaynaklanır. Diyastolün ilk 1/3 bölümündeki doluş (F1/3FF) normalde % 50-60'dır. Bu parametreler dilate kardiyomyopatide, sistolik fonksiyon bozuklukları görülmeden önce ortaya çıkarlar. Sol ventrikül fonksiyon bozukluğunun erken belirtilerini oluştururlar.

2.10.2.3. Klinik Uygulaması:

MUGA ile EF ölçümleri, duvar hareketlerinin incelenmesi, koroner arter hastalığının tanısı, prognozun değerlendirilmesi ve tedavinin yönlendirilmesi ile ilgili çok önemli bilgiler elde edilir.

MUGA ile akut myokard enfarktüsü (AMI) tanısı , düşük EF ve duvar hareket bozukluğunun saptanması esasına dayanır. Normal duvar hareketlerinin varlığı akut transmural infarktüsün varlığını ekarte eder. Akut myokard enfarktüsünde sistol sonu volümü artar, diyastol sonu volümünde ise değişiklik olmaz. Her iki volümde de artış olması hemodinamik kompensasyonun bozulduğunu gösterir. Ejeksiyon fraksiyonu % 50'nin altında

olan hastalarda bir yıl içindeki mortalite ve morbidite oranı EF % 50'nin üzerinde olan hastalara göre daha yüksektir. Yine EF % 35'den düşük olan hastalarda hastane komplikasyonları çok daha fazladır. Akut myokard enfarktüsünde hasta taburcu edilmeden önce uygulanan submaksimal egzersiz testi, ilk 6 ay içinde oluşabilecek komplikasyonların tahmininde önemli rol oynar. Efor sonrası EF'da en az %5' den fazla artış olmaması, infarktüs sonrası önemli komplikasyonların görülme olasılığını belirgin şekilde artırır. Akut myokard enfarktüsü sonrasında ortaya çıkan gerçek ve psödoanevrizmalar, ventriküllerarası septum defekti, mural trombüs, mitral yetersizliği gibi komplikasyonların gösterilmesinde de MUGA değerli bir yöntemdir. MUGA ile KAH tanısı, egzersiz sırasında EF'da düşüş olması ya da %5 artış olmaması ve duvar hareketlerinde bozukluğun ortaya çıkması ile konur. Egzersiz MUGA'nın KAH tanısındaki duyarlılığı %90'dır. Yine, sessiz iskeminin tanısında egzersiz MUGA, EKG' den daha duyarlıdır.

Egzersiz MUGA' da anormal sonuç KAH için spesifik değildir. Aort ve mitral kapak hastalıklarında, hipertansif kalp hastalıklarında, koroner arter spazmında, kardiyomyopatilerde, perikarditlerde ve KOAH' da anormal egzersiz MUGA sonucu alınabilir. Bu nedenle çalışmadan önce diğer hastalıkların ekarte edilmesi gerekir. Ayrıca myokard perfüzyon sintigrafisi kullanılarak MUGA'nın KAH tanısındaki spesifikliğı artırılabilir.

Kronik koroner arter hastalarının değerlendirilmesinde MUGA son derece önemlidir. Koroner arter hastalığının lokalizasyonunun ve yaygınlığının saptanması, bilinen darlığın fonksiyonel öneminin değerlendirilmesi, tıpsal ve cerrahi tedavi etkinliğinin saptanması ve takibinde bu yöntemden yararlanılır. Koroner arter hastalıklarında görülen morbidite ve mortalite kısmen hastalığın lokalizasyonu ve genişliği ile de ilgilidir. Çok damar hastalığı ya da sol ana damar hastalığı olan hastalar yüksek riskli gruptadır. MUGA'nın tek damar ve çok damar hastalığı tanısındaki duyarlılığı ve özgüllüğü ise yüksektir.

Anjiyografide görülen koroner arter darlığının ve kollateral dolaşımın fonksiyonel hemodinamik önemi, egzersiz MUGA yöntemi ile kolaylıkla anlaşılabilir. Egzersiz MUGA'da daralmış arterlerin beslediği segmentlerde duvar hareket bozukluğunun saptanması darlığın ciddi olduğunu gösterir.

İstirahat MUGA'da duvar hareket bozukluğunun ve EF düşüklüğünün saptanması myokard enfarktüsünün bir göstergesidir. Bununla beraber aynı durum, ağır koroner yetersizliğinde ve koroner spazmında da ortaya çıkabilir. İskemik fakat canlı olan bu dokuların skar dokusundan ayrılması revaskülarizasyon için gereklidir. Bunun için nitrogliserin tedavisi uygulanır. Nitrogliserin tedavisine cevap veren asinerjik segmentler revaskülarizasyondan fayda görür. Nitrogliserin testi yerine ani post egzersiz çalışması da yapılabilir. Egzersizden hemen sonra bozuk bölgesel duvar hareketlerinin düzelmesi yine bu bölgelerin revaskülarizasyondan yararlanılabileceğini gösterir. Burada da periferik vazodilatasyona bağlı ön ve ard yükte düşüş olur.

Koroner tromboliz tedavisi , PTCA ve çeşitli tıpsal tedavilerden sonra seri olarak yapılan MUGA çalışmaları ile duvar hareketlerinde meydana gelen değişiklikler kolaylıkla ortaya çıkabilir.

Konjestif kalp yetmezliği, ritm bozuklukları ve sol ventrikül anevrizmalarında oluşan bölgesel yada yaygın duvar hareket bozukluğunun gösterilmesinde MUGA çok önemli bir yöntemdir. Anevrizma tanısında duyarlılığı % 96'dır. MUGA' da anevrizma bölgesi ya akinetik yada diskinetik olarak görülür. Bazen anevrizma bölgesinde staza bağlı olarak diğer bölgelere göre artmış aktivite birikimi saptanabilir. Konjestif kalp yetersizliğinde ise her iki ventrikülde yaygın hipokinezi görülür. Anevrizmanın rezeke edilebilir olup olmadığının değerlendirilmesinde EF fazlalığı parametresi kullanılır. Ejeksiyon fraksiyonu fazlalığı anevrizma dışı bölgelerin EF' nun anevrizma bölgesindeki EF'dan çıkarılması ile elde edilir. EF fazlalığı +0.10'dan fazla ise hastanın operasyon sonrası sağ kalım olasılığı yüksektir. Preoperatif olarak elde edilen EF fazlalığı, hastalarda kalp kateterizasyonunun yapılıp yapılmamasını tayin eden önemli bir kriterdir.

MUGA yöntemi ile kapak hastalıklarında preop ve postoperatif yetersizliğin derecesi ölçülür, ventriküllerin fonksiyonel rezervi hakkında bilgi edinilir. Bu amaçla kullanılan yetersizlik indeksi (regürjitasyon indeksi:RI), sol ventrikül atım volümü sayımlarının sağ ventrikül atım volümü sayımlarına oranlanması ile elde edilir. Bu oran normalde < 1.2'dir. Yetersizlik fraksiyonu

ise (Regürjitasyon fraksiyonu:RF) ise aşğıdaki formülden yararlanarak elde edilir.

$$RF=1-(1/RI)$$

Regürjitasyon fraksiyonu, kapak yetersizliğinin tanısından çok, tanısı konmuş kapak yetersizliklerinin cerrahi öncesi ve sonrası takibinde kullanılır. Aort ve mitral kapak hastalıklarında, optimal kapak değişim zamanının belirlenmesi amacıyla MUGA ile ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi söz konusudur. Semptomlu kapak hastalıklarında istirahatte bulunan düşük EF, kapak replasmanı için duyarlı bir yöntem olmasına karşın spesifik değerildir. İstirahat EF normal olan semptomlu hastalarda, egzersizden sonra EF'da görülen düşüşün prognoz açısından değeri henüz belli değerildir. Bununla beraber egzersizden sonra EF'da düşme meydana gelen hastaların % 90'ında EF'nun normale döndüğü saptanmıştır. İstirahatte ve egzersiz sırasında ventriküler volümlerin tayini myokard kasılmasını EF'dan daha iyi göstermektedir.

Semptomsuz kapak hastalıklarında kapak değişimi zamanının belirlenmesi kısmen egzersiz MUGA'da EF'nun düşmesi ile yapılır.

Klinik ve radyolojik olarak dispne etyolojisinin tanısı her zaman mümkün değerildir. MUGA'da elde edilen karakteristik sintigrafik bulgular ile dispneye neden olan birçok hastalık birbirinden ayrılabilir. Pulmoner etyolojiye bağlı olarak meydana gelen dispne MUGA'da sağ ventrikülün genişlemesi ve sağ ventrikül EF'daki düşme ile kolaylıkla ayrılmaktadır. İdiyopatik hipertrofik subaortik stenozda (IHSS) septal bölgenin üst kısmında kalınlaşma, sistol sırasında sol ventrikülde obliterasyon ve sol ventrikül çıkışında defekt izlenir. İdiyopatik konjestif kardiyomyopatiye sol kalp genişlemesi ile birlikte sol atrium genişlemesi, düşük EF ve duvar hareket bozukluğu izlenir.

Malign hastalıkların tedavisinde kullanılan adriamisine' in kalp üzerine olan toksik etkisi de MUGA yöntemiyle araştırılır. Adriamycine'in kalp üzerine olan toksik etkisinin hangi dozda oluşacağını bilmesi oldukça zordur. Bazı hastalarda, kardiyomyopati, son sınır olan 550 mg/m² dozunun altında görülebileceği gibi bazı hastalarda bu dozun çok üzerinde görülmeyebilir. MUGA yöntemi, adriamycine tedavisinde semptom ve irreversibl kalp

yetersizliği oluşmadan kardiyomiyopatinin tanısında sıklıkla kullanılabilir. Bu protokolde, adriamycine başlayan hastalarda öncelikle MUGA ile bazal EF saptanır. Klinik risk faktörü olmayan ve istirahat EF'u % 45'in üstünde olan hastalarda adriamycine dozu 450 mg/m²'ye ulaşıncaya kadar EF'nu ölçülmez. Doz 550mg / m² ye çıkıncaya kadar EF, 3 kez ölçülür. Klinik risk faktörü olan hastalarda EF'nun % 40'ın altına inmesi, risk faktörü olmayan hastalarda % 35'in altına düşmesi, ardışık olarak 3 çalışmada EF'nun %15' in altında saptanması ve bir çalışmada EF'nun %10' dan az bulunması adriamycine tedavisinin kesilmesindeki kriterleri oluşturur. Kardiyotoksik etki kalktıktan sonra uygulana adriamycine tedavisi için EF ölçümleri tekrar edilebilir.

2.10.3. VENTRİKÜLER FONKSİYONLARIN PERFÜZYON AJANLARI İLE ANALİZİ

Myokardiyal perfüzyon ve ventriküler fonksiyonun birlikte noninvazif olarak değerlendirilmesinin önemi yakın zamanda yapılmış çalışma sonuçlarının, iskemik kalp hastalığı olan hastaların prognozlarına etkileriyle özellikle belirtilmiştir. Bu tür hastalarda prognoz, rest sol ventriküler performansın derecesi, egzersiz ejeksiyon fraksiyonu ve reverzibl perfüzyon defektlerinin yayılımı ve ciddiyeti ile yakından ilişkilidir. Kardiyak kateterizasyona gidecek hastalarda sol ventriküler fonksiyonların noninvazif olarak ortaya konması nefrotoksik ve hemodinamik komplikasyonları olan kontrast ventrikülografinin uygulanmasını gereksiz kılabilir. Bu nedenle myokardiyal perfüzyon ve fonksiyonların kombine değerlendirilmesi iskemik kalp hastalıklarında non invazif yöntemlerin diagnostik ve prognostik değerini artırabilir. Teknesyum 99m ile işaretili ajanlar sol ventriküler fonksiyonun belirlenmesinde iki tür metotta kullanılırlar.

1-First-pass radyonüklid anjiografi

2-Gated perfüzyon sintigrafisi

2.10.3.1. Myokard Perfüzyon Singrafisi

Myokard perfüzyon sintigrafisi (MPS), nükleer kardiyolojide en sık kullanılan yöntemdir. Bu yöntemin uygulanmasında, değişik biyolojik ve fiziksel özellikteki radyoaktif maddeler (radyofarmasötikler) kullanılır. Kullanılan

radyoaktif maddelerin özelliklerinin bilinmesi görüntülerin doğru değerlendirilebilmesi için oldukça önemlidir.

Günümüzde en sık kullanılan ajanlardan biri olan Tl-201'in nükleer kardiolojide kullanılabileceği ilk defa 1973 yılında Lobewitz tarafından gösterilmiştir. Daha sonra bu radyoaktif madde üzerinde çok geniş araştırmalar yapılmıştır. Ancak Tl-201'in fiziksel özelliklerinin gama kamera çalışmaları için ideal olmaması, buna alternatif olarak fiziksel özelliği ideal olan Tc-99m ile işaretli radyoaktif maddelerin geliştirilmesine neden olmuştur. Tc-99m MIBI, Tc-99m Teboroksim ve Tc-99m Tetrafosmin ve yeni araştırılmakta olan bazı radyoaktif maddeler bunlar arasındadır.

Nükleer kardiolojide biyolojik özelliklerine göre (1) katyonik ve (2) nötral bileşikler olmak üzere iki çeşit radyofarmasötik kullanılmaktadır. Katyonik ajanlar arasında özellikler nedeni ile Tl-201, Tc-99m Sestamibi ve yeni bir katyonik ajan olan Tc-99m Tetrafosmin tercih edilmektedir. Nötral lipofilik ajanlar arasında ise özellikle koroner kan akımının görüntülenmesinde Tc-99m Teboroxime ve Tc-99m BATO bileşikleri kullanılmaktadır.

2.10.3.1.1. Myokard perfüzyon ajanları:

2.10.3.1.1.1.1. Thallium-201 (Tl-201)

Thallium 201 bir siklotron ürünü olup elektron yakalama ile parçalanır. Parçalanması sonucu % 98'i 69 ve 81 keV enerjisinde olan X ışınları ve çok düşük miktarda 167 keV (%8) ve 135 keV (%2) gama ışını yayılır. Nükleer kardiolojide görüntüleme amacıyla yüksek miktarlarda yayınlanan X ışınlarından faydalanılır. Fiziksel yarı ömrü 73 saattir. Thallium 201 bir potasyum analogu olup biyokinetik özellikleri potasyuma benzemekle birlikte tamamen aynı değildir. İntravenöz olarak verildiğinde K^+ gibi aktif transport ile hücre membranını geçerek hücre içine girer. Tl-201'in hücre içi transportu oubain ile kısmen bloke olur. Bu nedenle transportun Na-K ATP'az pompası ile oluştuğu düşünülmektedir. İntravenöz enjeksiyondan sonra Tl-201'in başlangıçtaki dağılımı bölgesel kan akımına bağlı olarak gelişir. İstirahat ve normal egzersiz durumunda myokarddaki tutulma fraksiyonu ("ekstraksiyon fraction") % 87'dir. Düşük kan akımında (normalden%10 düşük) ekstraksiyon artışına bağlı olarak Tl-201 tutulumu artar. Yüksek kan akımında ise (normal

kan akımından iki kat fazla) ekstraksiyon fraksiyonu azalır ve böylece T-201 tutulumu ile kan akımı arasındaki ilişki ortadan kalkar.

Kalbe ulaşan Tl-201'in % 87'si tutulmasına rağmen bu, enjekte edilen dozun ancak %3-5'ini oluşturur. Tl-201 MPS'de görülen başlangıç defektleri, enjeksiyonun yapıldığı andaki durumla (istirahat, stres veya koroner vazodilatörler) ilişkisi olmaksızın bölgesel kan akımı bozukluğuna bağlı olarak gelişir. Thallium-201 İV. enjeksiyondan hemen sonra myokarddaki tutulumu kan akımına ve canlı myokard hücrelerinin varlığına bağlıdır. Böylece düşük kan akımı olan bölgelerde Tl-201'in myokarddaki tutulumu , normal perfüze olan alanlara nazaran daha az olur.

Thallium-201 kalp dışında tiroid, gastrointestinal sistem, kemik ve böbrekte tutulur. İntravenöz enjeksiyondan 5 dakika sonra % 5'i dolaşımda kalır. Bu süre myokardın görüntülenmesi için yeterlidir. Vücuttan böbrek yolu ile atılır. Enjeksiyondan 24 saat sonra % 4-8'i vücudu terkeder. Bunun dışında yarı ömrüne bağlı olarak zaman içinde vücuttaki aktivitesi azalır. Efektif yarı ömrü 56 saattir.

Thallium-201'in tutulumu için myokard hücre membran bütünlüğünün olması gerekmektedir. Sonuç olarak, Tl-201'in myokardda anlamlı derecede tutulumu myokard canlılığının bir göstergesi olarak kabul edilir. Myokarddaki dağılım, statik olmayıp zamana bağlı olarak değişir. Dağılımdaki bu değişime redistribüsyon veya "equilibrium" denir. Myokarddaki başlangıç tutulumdan sonra yavaşça myokarddan ayrılarak vasküler bölüme geçer. Buna Tl-201'in myokarddaki washout'u denir. Bu sırada diğer organlarda tutulmuş olan Tl-201, serbestleşerek kana geçer ve myokard tarafından tekrar tutulur. Aynı zamanda oluşan bu işlem myokarddaki redistribüsyonu oluşturur.

Thallium-201'in uzun yarı ömre sahip olması, uzun süre saklanabilmesi geç görüntü alınabilmesine olanak sağlar. Diğer yandan uzun sürede yarılanması radyasyon dozu açısından hastaya yüksek miktarda aktivite verilmesini önlemekte ve görüntü kalitesinin düşmesine neden olmaktadır.

2.10.3.1.1.2.Tc-99m Sestamibi

1980'li yılların sonunda Tl-201'e alternatif olarak geliştirilen Tc-99m methoxyisobutylisonitrile (Tc-99m Sestamibi) isonitril grubu içinde klinik

kullanımda en iyi biyolojik özelliğe sahip bir perfüzyon ajanıdır. Lipofiliktir ve pozitif yüklüdür. Myokarddaki tutulumu , myokard kan akımı ile orantılıdır. Ancak TI-201'de olduğu gibi yüksek kan akımında (2ml/dakika/gram), myokarda tutulumu azalmaktadır. Bu azalma TI-201'de görülenden çok daha belirgindir. Myokardan ilk geçişi sırasındaki tutulumu TI-201'den daha azdır (%85'e karşı %55). Myokarddaki washout'u oldukça yavaştır ve enjeksiyondan 3-4 saat sonraki redistribüsyonu yok denecek kadar azdır. Myokard hücrelerindeki tutulum mekanizması henüz tam olarak bilinmemektedir. Bazı araştırmacılar, bunun hücre membranı ve mitokondri arasındaki konsantrasyon ve potansiyal gradiyentine bağlı ve pasif olduğunu ileri sürmektedir. Sestamibinin büyük çoğunluğu mitokondriler tarafından tutulmaktadır. Hafif hücre zedelenmelerinde hücre içi tutulumunun arttığı, ağır hücre yaralanmalarında ise membran bütünlüğünün bozulmasına bağlı olarak tutulum yoğunluğunun azaldığı gösterilmiştir. Hepatobilier atılımı myokarddaki atılımından çok daha süratlidir. Akciğer tutulumu ise çok azdır.

Teknesyum 99m'in kısa yarı ömürlü (fiziksel yarı ömür 6 saat) olması nedeni ile hastaya bir günde 30 mCi'ye kadar yüksek doz enjekte edilebilir. Bu özelliği, görüntülerin TI-201 görüntülerinden daha kaliteli olmasını sağlar. Bundan başka Tc-99m'in yüksek foton akımı sayesinde Tc-99m sestamibi ile planar ya da tomografik gated ve first-pass çalışmaları yapmak da mümkün olmaktadır.

2.10.3.1.1.3.TC-99m Tetrafosmin

Son yıllarda ülkemizde de yaygın olarak kullanılmaya başlayan Tc-99m Tetrafosmin bir difosmin katyonudur. Stres sırasında enjekte edildiğinde süratli bir şekilde tutulur. Çevre organlardan temizlenmesi de oldukça süratlidir. Tetrafosminin bu özelliği ilk 5 dakika içinde görüntülerin alınmasına olanak sağlar. İstirahat sırasında yapılan enjeksiyonda ise ilk 5 dakika içinde myokard vizualize olmasına rağmen hepatobilier yoldan atılması nedeni ile görüntü çekiminde karaciğer aktivitesi problem oluşturur. Bu nedenle istirahatte yapılan enjeksiyondan sonra görüntü çekimi için hedef/hedef olmayan aktivite oranının en yüksek olduğu 60. dakika kullanılır.

Tetrofosminin myokard tutulumu 2.5ml/g/dk'ya kadar olan koroner kan akımı ile korelasyon gösterir. Koroner kan akımının arttığı durumlarda tetrofosminin kalp tutulumu TI-201'den daha az olmaktadır. İstirahatte yapılan enjeksiyonlarda tetrofosminin 5.dakikadaki kalp tutulum yüzdesi Sestamibi'den biraz daha fazladır (%1.8'e karşı %1.2). Yine istirahatten sonra tetrofosminin kalp / karaciğer aktivite oranınının 5. , 60. ve 180.,dakikalarda sestamibiden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bununla beraber, stresten sonra aynı zamanlarda yapılan ölçümlerde her iki ajanın kalp / karaciğer aktivite oranları hemen hemen aynı düzeyde bulunmuştur. Sestamibi'de olduğu gibi akciğer tutulumu ilk 5. dakikadan itibaren sorun oluşturmamaktadır. Radyasyon dozu sestamibi ve TI-201'den daha azdır. Yapılan çalışmalar tetrofosminin sestamibi gibi redistribüsyona uğramadığını göstermektedir. Klinik olarak TI-201 ile yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda her iki ajanın koroner arter hastalığı tanısında benzer sonuçlar verdiği, ancak tetrofosmin görüntülerinin TI-201'den daha kaliteli olduğu ileri sürülmüştür.

2.10.3.1.1.4.Tc-99m Teboroxime

Cardiotec ya da SQ3017 olarak ta bilinen Teboroxime, bizde henüz kullanılmayan bir myokard perfüzyon ajanıdır. Bu ajan boronik asit olarak bilinen nötral lipofilik kompleksin Teknesyum dioxime (BATO) ile birleşmesi sonucu oluşur. Biyokinetiği TI-201 ve sestamibi'den farklıdır. Tutulum mekanizması tam olarak anlaşılmamıştır. Bununla beraber, pasif diffüzyona uğradığı ve hücre membranına bağlandığı ileri sürülmektedir. Hücre membran fonksiyonlarının inhibisyonu ve glikoliz, teboroxime tutulumunu TI-201 kadar etkilememektedir.

Bazı çalışmalarda, teboroxime'in inisiyal dağılımının hücre canlılığından ziyade kan akımını yansıttığı ileri sürülmüştür.Teboroxime'in bu özelliği infarktüstten sonra erken reperfüzyonun gösterilmesi amacıyla kullanılmasını sağlamıştır. Bazal kan akımından beş kez daha düşük akımlarda bile ilk geçişteki tutulumu TI-201'den daha fazladır. Myokarddaki yarılanma süresi 11-12 dakikadır. Bu nedenle hızlı görüntü alınması gerekir. Normal kan akımı olan bölgelerden atılımı, iskemik bölgelere nazaran daha süratlidir. Atılımı kan akımına bağlı olduğundan, Teboroxime ile uygulanan stres testlerinde adenosine gibi kısa etkili vazodilatörler dipiridamole tercih edilir. Karaciğer

tutulumu ilk 5 dakika içinde en fazladır. Bu durum görüntülerin yorumlanmasında sorun yaratır. Normal myokard bölgelerinden süratli, iskemik bölgelerden ise yavaş atılım gösterir. Böylece iskemik /normal sayım oranı zaman içerisinde artar. Seri olarak alınan dinamik çalışmalar redistribüsyonun saptanmasında kullanılır. Bu görüntülerde redistribüsyonun olmaması infarktüsü, redistribüsyonun hafif yada orta derecede olması ise canlılığı gösterir. Bazı araştırmalarda, teboroxime'in sestamibiden farklı olarak ciddi hasar gören bölgelerde de tutulduğunu göstermiştir. Bu nedenle, teboroxime sadece perfüzyonu, sestamibi ise hem perfüzyon hem de canlılığı gösteren bir ajan olarak kabul edilmektedir.

2.10.3.1.1.5..Tc-99m Q3 ve Q12

Son zamanlarda, klinik çalışmalarda kullanılmaya başlayan bu komplekslerden Q3'ün myokarddaki tutulum mekanizması henüz bilinmemektedir. Tutulumu koroner kan akımı ile orantılıdır. Hayvan deneylerinde enjeksiyondan sonra 4 saatlik washout'unun çok az olduğu gösterilmiştir. İlk 5. dakikada enjekte edilen dozun % 3'ü kalpten atılır. Tl-201'le yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda, çalışma süresinin 2 saatten daha az olduğu, perfüzyon defektlerinin gösterilmesinde iki ajan arasında farklılık ve Q3 'de alınan görüntülerin daha kaliteli olduğu bildirilmiştir. Q12 bir çok yönden Q3'e benzemektedir. Q12'nin hepatobilier sistemden hızlı bir şekilde ve % 30'unun böbrek yolundan atılması iki ajan arasındaki en önemli farklılıklardır. Bu nedenle 5. ve 60. dakikalarda hepatic tutulumu Q3' den den daha azdır. Bunun yanında süratli hazırlanabilmesi de bir üstünlük sağlar. Enjeksiyondan bir saat sonra Q12'nin kalp/karaciğer oranı sestamibiden daha yüksektir (1.6'ya karşılık 0.3). Bu özellik, istirahat enjeksiyonundan kısa bir süre sonra görüntü alınmasını sağlar ve dolayısıyla görüntü alma süresi kısalmır.

2.10.3.1.2.Tc-99m işaretli perfüzyon ajanları ile first pass çalışmaları

First pass radyonüklid anjiyografi (FPRA), klinik olarak belirgin olmayan iskemik bölgesel ve global sol ventriküler disfonksiyonun belirlenmesinde oldukça güçlü noninvazif bir tekniktir. FPRA'dan elde edilen sol ventriküler performansa ait bir çok indeksin, myokardiyal perfüzyon görüntülemesinden bağımsız ve tamamlayıcı diagnostik rolünün yanında, prognostik değeri de

bulunmaktadır. Bu nedenle hem perfüzyon hem de fonksiyonel parametrelerin birlikte tek bir diagnostik çalışma ile deperlendirmesi iskemik kalp hastalıklarının tanısını optimize edecektir. Akut infarkt sırasında koroner yoğun bakım ünitelerinde uygulandığında, günümüzde diğer klinik ve laboratuvar indikatörlerle mümkün olmayan risk belirleyici bilgi sağlayabilmektedir.

Tc-99m ile işaretli perfüzyon ajanları FPRA yöntemi aracılığıyla maddenin bolus enjeksiyonu sonucu hem sağ hem de sol ventriküler performansın belirlenmesini sağlarlar. Teknik sıklıkla hidrofilik maddeler olan Tc-99m diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA) ve Tc-99m perteknetat; lipofilik myokardiyal perfüzyon ajanları olan Tc-99m teboroxime ,Tc-99m sestamibi, Tc-99m tetrofosmin ile de uygulanabilir(115).

Tc-99m sestamibi ile gerek istirahatte gerekse efor esnasında yapılan first pass çalışmalarında elde edilen ejeksiyon fraksiyonu sonuçlarının konvansiyonel first-pass sonuçları ile uyum içinde olduğu gösterilmiştir. Aynı zamanda istirahatte elde edilen perfüzyon defektleri ile duvar hareket bozukluklarının uyumlu olduğu bildirilmiştir. Egzersiz first pass Tc-99m sestamibi ile elde edilen ejeksiyon fraksiyonu değerleri ve duvar hareketleri, istirahatte elde edilen perfüzyon defektlerine ek olarak çok damar hastalıklarının ayrılmasında ve perfüzyon sintigrafisinde orta ihtimalli koroner arter hastalığı düşünülen hastaların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu hastalarda, normal first-pass sonucu düşük, anormal sonuç ise yüksek ihtimalli koroner arter hastalığını düşündürmektedir. Yüksek ihtimalli koroner arter hastalığı düşünülüyorsa kalp kateterizasyonu öngörülmektedir.

2.10.3.1.3. Gated Planar ve Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) Myokardiyal Perfüzyon Çalışması

Planar ve SPECT çekimlerine kardiyak siklus senkronize edildiğinde MUGA veya myokardiyal perfüzyon çalışmaları iki veya üç boyutlu görüntüler halinde dinamik olarak analiz edilebilir. Böylelikle perfüzyon ve kan havuzu sintigrafilerini değerlendirme gücü artırılmış olur (117). Tc-99m myokard perfüzyon ajanları kullanarak yapılan planar ve gated SPECT çalışmaları ile aynı anda ejeksiyon fraksiyonu, bölgesel duvar hareketleri, duvar kalınlığı ve myokard perfüzyonu değerlendirilebilir. Gated SPECT sestamibi çalışmaları için

özel bilgisayar programları geliştirilmiştir. Stresten sonra yapılan istirahat gated SPECT çalışmalarında elde edilen ejeksiyon fraksiyon sonuçları ile kontrast ventrikulografi ve blood pool (MUGA) sonuçları arasında iyi bir korelasyon olduğu bildirilmiştir. Gated SPECT çalışmalarının diğer bir önemi de, sabit perfüzyon defektlerine neden olan atenuasyon artefaktlarının infarktüstün ayrılmasında yardımcı olmasıdır.

Gated SPECT çalışması genellikle stresten 15-30 dakika sonra yapılarak myokardın istirahat fonksiyonları ile perfüzyon defektleri birlikte değerlendirilir. İskemik bölgelerde, perfüzyon defekti ile normal duvar hareketleri; infarktüs alanlarında ise perfüzyon defekti ile anormal duvar hareketleri izlenir. Karşılaştırmalı çalışmalarda, infarktüs geçirmeyen hastalarda gated SPECT ile normal istirahat–stres sestamibi SPECT arasında iyi bir korelasyon bulunmasına karşın infarktüs geçiren hastalarda, sonuçlar arasında uyumsuzluk görülmüştür. Bu nedenle, gated SPECT' in infarktüs geçirmeyen hastalarda istirahat–stress sestamibi'nin yerine kullanılabileceği ileri sürülmektedir (82).

Planar gated görüntüleme ile karşılaştırıldığında gated SPECT myokardiyal perfüzyon tekniğinin pratikte sınırlamaları vardır.1) Uzun çekim zamanı, 2) Uzun işlem süresi, 3) belirgin derecede bilgisayar hafızasında yer kaplama 4) kötü temporal rezolüsyon(her kardiyak siklusta sadece sekiz frame alan protokollerde). Bununla birlikte gated SPECT çalışmasında bölgesel myokardiyal perfüzyon daha komplet olarak değerlendirilir ve üç boyutlu inceleme olanağı vardır. Planar-gated myokardiyal perfüzyon inceleme tekniği ise zaman ve yer işgal etme açısından çok daha ekonomik olup bilgisayarda rutin MUGA çalışmasından daha fazla yer tutmamaktadır.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Hasta Grubu

Çalışmaya Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim dalına Mayıs 1999 ile Kasım 1999 tarihleri arasında başvurmuş, yaşları 34 ile 73 arasında değişen 15'i kadın, 29'u erkek olmak üzere 44 hasta dahil edildi. Çalışma grubu 20 kesin tanı almış myokard enfarktüs'lü (19 akut, 1 eski), 2 elektrokardiyografik enfarktüs (inferior duvar) bulgulu, 6 kararsız anjina pectoris'li (USAP) ve 16 iskemik kalp hastalığı kuşkulu hasta'dan oluşturuldu. Kardiyak problemi olmayan 10 hasta kontrol grubu olarak çalışmaya dahil edildi. Akut MI geçiren hastaların 11'ine hastaneye kabulü takip eden 2-8'üncü saatler içinde Streptokinaz tedavisi uygulandı (Tablo I).

Tüm hastalarda önce multi-gated radyonüklid ventrikülografi (MUGA), iki gün sonra, rest zemin aktivite düzeyi kontrol edildikten sonra, dinlenme halinde Tc-99m tetrofosmin myokard perfüzyon tomo-sintigrafisi (SPECT) çalışmaları yapıldı. Perfüzyon çalışmasını takiben duvar hareketlerinin incelenmesi amacıyla mevcut myokardiyal aktivite kullanılarak gated planar sintigrafi uygulandı.

Radyonüklid çalışmaları takip eden iki gün içinde duvar kinetikleri tüm hastalarda EKOKG yöntemi ile incelendi.

3.2. Multi-Gated Radyonüklid ventrikülografi (MUGA)

İntravenöz olarak 1 cc de 5 mg pirofosfat (TechneScan-PYP-Mallinckrodt) enjeksiyonundan 20 dakika sonra 925 MBq (25 mCi) Tc-99m perteknetat enjeksiyonu yapılarak eritrositler in-vivo yöntemi ile işaretlendi. Enjeksiyondan sonra 5 dakika içinde septal duvar ayırımının en iyi izlendiği sol antero oblik (SAO) (30°-45°) ve sol ventrikül alt duvar hareketlerini değerlendirmek amacıyla sol lateral (SLT) (90°) projeksiyonlarda görüntüler elde edildi. Her bir projeksiyonda, 64x64 matrikste, iki kez görüntü büyütmesi uygulanarak ve her kardiyak siklusta 24 görüntü olacak şekilde 1000 kardiyak atım süresince sayımlar toplandı (Şekil II,III). Çekimler General Electric (GE) Starcam 4000-İ XCT gamma kamera aracılığıyla paralel delikli, düşük enerjili, yüksek çözünürlüklü kolimatör kullanılarak gerçekleştirildi.

Tablo :- Hasta Grubu

Kısaltmalar: ST: Streptokinaz, SA:Sağ SKA:Sağ koroner arter, pl:plak, sp:spazm, SİA:Sol inen arter, N:normal, CX: Sirkumfleks, PB: Posterobazal, MI: Midinferior, IL: inferolateral, IA: inferoapikal, D: diagonal, OM: optis marginalis, BS: bazal septal, DS: distal septal, rud=rudimanter. Arterlerin yanında bulunan sayılar darlık yüzdelerini göstermektedir.

NO	Hasta Adı	Yaş	C	Tanı/Ön Tanı	ST (SA)	KORONER ANJİOGRAFİ	KONTRAST VENTRİKÜLO
01	M.A.	59	E	İnf MI	4.5		
02	M.K.	55	K	İnf MI	2.5		
03	D.P.	63	E	İnf MI	6	SKA-pl,sp; SİA-pl	N
04	S.G.	48	E	İnf MI	6	SKA-70,CX-60,SİA-20	PB,MI,IL,IA hipo
05	A.B.	54	E	İnf MI	5		
06	T.A.	43	E	İnf MI	5		
07	S.Ö.	52	E	İnf MI	4		
08	İ.Ç.	62	E	İnf MI+Sağ V MI	8		
09	N.Z.	65	K	İnf MI+Sağ V MI	4	SKA-90, SİA-70	PB,MI hipo
10	D.K.	44	E	İnf MI+Sağ V MI	2	SİA-90, D-80	N
11	Ö.O.	56	E	İnf MI+Sağ V MI			
12	H.Y.	43	E	İnf MI+Post MI	4	OM-100,SKA-pl	PB,MI hipo
13	R.B.	63	K	İnf MI+Post MI			
14	İ.B.	58	E	İnf MI+Post MI			
15	Y.T.	55	E	İnf MI+Post MI			
16	M.B.	60	E	İnflat MI+USAP			
17	A.D.	58	E	İnflat MI+USAP			
18	N.A.	61	E	İnf MI+Postlat MI			
19	H.G.	72	E	Posterolateral MI		SKA-60, CX-100, SİA-90, D-80	Genel Hipokinezi
20	M.D.	34	E	Eski Lat MI			
21	H.T.	65	K	USAP			
22	R.A.	60	K	USAP			
23	D.B.	73	K	USAP			
24	F.E.	57	E	USAP		CX-50, SİA-pl,D-50	PB,MI BS,DS hipo
25	Y.E.	53	E	USAP		CX-50,SKA-pl, D-50	N
26	A.G.	65	E	USAP		SKA-100,CX-80,	PB,MI hipo
27	Z.S.	45	E	EKG - İnf MI paterni			
28	R.K.	45	E	EKG - İnf MI paterni			
29	M.Y.	55	K	KAH?			
30	İ.Ö.	51	E	KAH?		SKA-rud, SKA-50	N
31	S.K.	51	E	KAH?			
32	A.K.	71	E	KAH?		SKA-100-CX-60, SİA-70, D-80	N
33	E.İ.	45	K	KAH?			
34	B.G.	41	K	KAH?			
35	Y.Y.	49	E	KAH?			
36	H.B.	50	K	KAH?			
37	R.B.	46	K	KAH?			
38	H.K.	42	K	KAH?			
39	İ.S.	50	K	KAH?			
40	E.D.	52	E	KAH?			
41	Y.K.	49	E	KAH?			
42	E.S.	56	K	KAH?			
43	N.S.	54	K	KAH?			
44	H.A.	46	K	KAH?			

3.3.Tc-99m Tetrofosmin SPECT ve Gated Planar Çalışmaları

Dinlenme halinde 925 MBq (25 mci) Tc-99m-Tetrofosmin enjeksiyonundan 60 dakika sonra 64x64 matrixte, her bir görüntü 20 sn. olacak şekilde 64 projeksiyonda 180° lik SPECT inceleme yapıldı. Çekim bitiminde SAO(Şekil:IIIA) ve SLT(Şekil:IIIB) projeksiyonlarında, MUGA çalışmasına analog olarak gated planar Tc-99m-Tetrofosmin sintigrafisi gerçekleştirildi .

3.4.Negatif (Inverted) Tetrofosmin Görüntüleri:

Orijinal gated planar tetrofosmin (GPTF) görüntüsüne 9-nokta ağırlıklı uzaysal ve 3-nokta 1:2:1 zamansal düzeltme işlemi uygulandı. Daha sonra kardiyak siklus içerisinde myokard duvarının maksimum sayıma sahip olduğu sekans görüntüsü seçildi ve 24 görüntüden oluşan tüm siklus serisi seçilen bu imajın maksimum piksel değeri esas alınarak 360 sayım / piksellik yeni bir maksimuma normalize edildi (toplam faz açısının 360 derece olması ve faz görüntülerinin maksimum 360 sayımlık skalaya yayılan parametrik imajlar olması nedeniyle). Negatif gated - tetrofosmin (I-GPTF) görüntüleri elde etmek için tüm seri -1 ile çarpılıp 360 sabit sayısı eklendi. Sonuçta sol ventrikül kavitesinde piksel başına yüksek, myokardiyal duvarlarda ise düşük sayım içeren, gated kan havuzu imajlarına benzer görüntüler elde edildi(Şekil:IVB, VB)

3.5.Değerlendirme aşağıdaki algoritmaya göre yapılmıştır.

3.5.1.RADYONÜKLİD ÇALIŞMALAR

3.5.1.2 .Vizüel Değerlendirme

3.5.1.2.1- SPECT perfüzyon sintigrafisi

3.5.1.2.2. Gated planar Tetrofosmin çalışması

3.5.1.2.2.1.Sine İnceleme

3.5.1.2.2.2. Parametrik İmaj Analizi

3.5.1.2.3. Gated kan havuzu çalışması

3.5.1.2.3.1.Sine İnceleme

3.5.1.2.3.2. Parametrik İmaj Analizi

3.5.1.3 .Kantitatif değerlendirme

3.5.1.3.1. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında amplitüd ve faz değerleri

3.5.1.3.2. Ejeksiyon fraksiyonu

3.5.2.EKOKARDIYOĞRAFİK İNCELEME

3.5.2.1.Duvar kinetiği

3.5.2.2.Ejeksiyon Fraksiyonu

3.5.1. RADYONÜKLİD ÇALIŞMALAR

3.5.1.2. VİZÜEL Değerlendirme

3.5.1.2.1. SPECT perfüzyon Sintigrafisi

SPECT görüntülerinin rekonstrüksiyonu sonucu elde edilen vertikal(Şekil VIA), sagittal (Şekil VIB)ve koronal(Şekil VIC) kesitler vizüel olarak değerlendirildi. MUGA ve GPTF çalışmalarında duvar kinetiklerini incelemede kullanılan segment dağılımı esas alınarak Cedars Sinai myokard perfüzyon sintigrafisinin vizüel değerlendirilmesi için kullanılan skorlama sisteminin modifiye edilmesi sonucu her bir segment 0=Normal, 1= Hipoaktif ve 2= defektif olarak değerlendirildi .

3.5.1.2.2.Gated planar Tetrafosmin çalışması:

3.5.1.2.2.1.Sine İnceleme:

Vizüel sine-mod incelemede sol ventrikül SAO projeksiyonunda bazal septal, distal septal, inferoapikal, inferolateral ve posterolateral; SLT projeksiyonunda ise anterobazal, midanterior, apikal, midinferior ve anterobazal olmak üzere 5'er segmente ayrıldı. Vizüel sinerjik inceleme sonuçları , normokinezi, hipokinezi, ağır hipokinezi, akinezi ve diskinezi olmak üzere derecelendirildi ve 0=Normal, 1=Hafif hipokinezi, 2= Ağır hipokinezi, 3=Akinezi 4=Diskinezi olmak üzere skorlandı. Değerlendirmede myokardiyumun iç kenarının hareketi ve duvar kalınlaşması göz önünde bulunduruldu (Şekil IVA,IVB, Şekil VA,VB) .

3.5.1.2.2.2. Parametrik İmaj Analizi

Faz ve amplitüd görüntülerinin elde edilmesinde, MUGA çalışmasında kullanılan standart bir program uygulandı. Her bir pikseldeki faz ve amplitüd değerleri Fourier transformasyonu aracılığı ile hesaplandı(Şekil VII, Şekil VIII). MUGA prosedüründe kullanılan genel kriterlerin hepsi GPTF çalışmasına uygulandı. Faz ve amplitüd görüntüleri vizüel olarak skorlandı. Vizüel analizde sine incelemede kullanılan 5 bölge esas alındı. Parametrik imajlar; amplitüd görüntüleri 0=Normal, 1=Azalmış amplitüd, 2=Defektif amplitüd; faz görüntüleri ise 0=Normal, 1=Gecikmiş, 2=Ters (Paradoksal) ve 3=Defektif olacak şekilde skorlandı. Ayrıca amplitüd ve faz görüntüleri birlikte değerlendirilerek, genel fonksiyon skoru belirlendi (Tablo 2). *Hipokinetik segment* genelde faz gecikmesi olmadan hafif–orta derecede azalmış amplitüd ; *ağır hipokinezi* belirgin derecede amplitüd azalması ; *akinetik segment* belirgin azalmış amplitüd ya da defekt ile birlikte bazı olgularda fazda gecikme ; *diskinetik segment* ise paradoks hareketin derecesine bağlı olarak amplitüd değerleri ile birlikte belirgin faz gecikmesi ile karakterizedydi.

Tablo : II- Parametrik görüntülerin yorumu ve skorlanması

* Akinetik segmentlerde faz gecikmesi izlemeyen olgularda, akinezi - ağır hipokinezi ayırıcı tanısında sine görüntülerinden faydalanıldı.

KİNETİK	SKOR	AMPLİTÜD	FAZ
Normal	0	(0)	(0)
Hafif Hipokinezi	1	Hafif-orta decede azalmış (1)	Normal (0)
Ağır Hipokinezi*	2	Belirgin azalmış (2)	Normal (0)
Akinezi*	3	Belirgin azalmış veya defektif (2)	Normal veya gecikme (0,1)
Diskinezi	4	Değişken (0,1,2)	Belirgin gecikme (2)

3.5.1.2.3.Gated kan havuzu çalışması

3.5.1.2.3.1.Sine inceleme

Vizüel sine incelemede sol ventrikül, GPTF çalışmasına analog olarak, SAO ve SLT projeksiyonlarda 5 segmente ayrıldı. Global kontraktilite SAO projeksiyonu kullanarak, otomatik (PAGE) ve yarı otomatik (SAGE) veri işleme programları aracılığıyla değerlendirildi (Şekil IVC,VC).

3.5.1.2.3.2.Parametrik imaj analizi

Faz ve amplitüd imajları, gated planar tetrofosmin çalışması değerlendirme kriterleri ile identik olarak duvar hareketlerinin analizi için kullanıldı(Şekil VII,Şekil VIII).

3.5.1.3. KANTİTATİF değerlendirme

3.5.1.3.1.MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında amplitüd ve faz değerleri:

Kantitatif değerlendirmede MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında, sine incelemede kullanılan segment dağılımı kullanıldı. SAO ve SLT projeksiyonlarda amplitüd ve faz imajlarına 5 adet 4x4 piksel büyüklüğünde ilgi alanları yerleştirilerek bölgesel faz ve amplitüd değerleri hesaplandı(Şekil IX). Faz görüntüsünde ortalama sol ventriküler faz değeri ve onun standart deviasyonu SAO projeksiyonundan hesaplandı.

3.5.1.3.2.Ejeksiyon fraksiyonu

Ejeksiyon Fraksiyonu MUGA yönteminde PAGE ve SAGE metodları ile hesaplandı. Her iki yöntem ile EF aşağıdaki formül kullanılarak belirlendi (Şekil X).

$$EF= (Diyastol sonu sayımları - sistol sonu sayımları) / Diyastol sonu sayımları$$

Normal EF değerleri % 55-75 arasındadır.

Çalışmanın planlama aşamasında I-GPTF görüntüleri üzerinde EF'nun hesaplanması öngörülmüştü. Teorik olarak oluşturulan I-GPTF görüntüsünde sol ventrikül aktivitesinin EF saptanmasında yeterli olabileceği varsayıldı. Ancak

çalışmanın ilk 15 hastası üzerinde yapılan incelemede bölümümüzde kullanılmakta olan spesifik bilgisayar programlarının sol ventrikül kontürlerini güvenilir düzeyde belirleyemediği saptandı. Kontür deteksiyonu EF hesaplanmasında temel şartı oluşturduğundan bu parametre I-GPTF çalışması için değerlendirilemedi.

3.5.2.EKOKARDİYOGRAFİK İNCELEME

Hastalardan ekokardiyografik veriler Toshiba marka sonolayer SSH – 160A model cihaz kullanılarak elde edildi. 22.5 ve 3.7 MHz'lik probalar kullanıldı. Hastalar sol dekübitis pozisyonda değerlendirildi. Ölçümler ve duvar hareketleri parasternal uzun aks, parasternal kısa aks, apikal dört boşluk ve apikal iki boşluk ekokardiyografik pencereler kullanılarak yapıldı. Ekokardiyografik görüntülerin yetersiz olduğu hastalar çalışma dışı bırakıldı. Bütün hastalarda EF'nu hesaplandı ve kantitatif duvar hareketi skoru değerlendirildi. Ejeksiyon fraksiyonu parasternal uzun aksın Teicholz metodu kullanılarak hesaplandı. Kantitatif duvar hareketleri Amerikan Ekokardiyografi derneğinin önerdiği 16 segment üzerinden parasternal uzun aks mitral kapak, papiller kas ve apikal düzeylerinden, apikal dört boşluk ve iki boşluktan elde edilen görüntülerden değerlendirildi. Kantitatif değerlendirmede Normal=0, Hafif hipokinezi=1, İleri hipokinezi=2, Akinezi=3, Diskinezi=4, Anevrizma=5 olacak şekilde modifiye edilerek duvar hareket skoru belirlendi. Çalışmada esas olan, bölgesel duvar hareket skorunun değerlendirilmesi olması nedeni ile duvar hareket skor indeksi hesaplanmadı

4. BULGULAR:

Koroner arter hastalığı tanısı almış ve şüpheli iskemik kardiyak hastalığı bulunan toplam 44 hastada 424 myokardiyal segment MUGA, I-GPTF, NI-GPTF ve EKOKG yöntemleriyle vizüel ve kantitatif olarak incelendi. Onaltı segment veri işleme aşamasında güvenilir derecede yorumlanamadığından değerlendirmeye alınmadı. Değerlendirme aşağıdaki algoritmaya göre yapıldı. Patolojik çalışma bulgularından değişik örnekler atlas bölümünün A10-A15. sayfalarında verilmiştir.

4.1.VİZÜEL DEĞERLENDİRME :

4.1.1. SPECT perfüzyon bulguları

4.1.2. Frekans Tabloları

4.1.2.1. Sine modunda MUGA, I-GPTF, NI-GPTF ve EKOKG yöntemlerinin uyumluluk karşılaştırması

4.1.2.2. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında sine inceleme ve fonksiyonel görüntülerin uyumluluk karşılaştırılması

4.1.2.3. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında fonksiyonel görüntülerin uyumluluk karşılaştırılması

4.1.3. Korelatif İstatistik Sonuçları

4.1.3.1. Sine modunda MUGA, GPTF ve EKOKG yöntemlerinin korelasyon istatistik sonuçları

4.1.3.1.1. Genel

4.1.3.1.2. Segmental

4.1.3.2. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında sine inceleme ve fonksiyonel görüntüleri arasındaki korelasyon istatistik sonuçları

4.1.3.2.1. Genel

4.1.3.2.2. Segmental

4.1.3.3. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında fonksiyonel görüntülerin korelasyon istatistik sonuçları

4.1.3.3.1. Genel

4.1.3.3.2. Segmental

4.2. KANTİTATİF DEĞERLENDİRME:

4.2.1. Amplitüd ve faz görüntülerinde MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmaları arasındaki korelasyon istatistik sonuçları

4.2.1.1. Genel

4.2.1.2. Segmental

4.2.2. MUGA (PAGE ve SAGE) ve EKO arasındaki EF değerleri korelasyon istatistik sonuçları

4.1.1. SPECT perfüzyon yorumu

Hastaların tümünde, SPECT perfüzyon sintigrafisinin vertikal, horizontal ve koronal kesitlerinin vizüel yorumu sonucu elde edilen rest perfüzyon skor dağılımı Tablo III' de verilmiştir.

Tablo III'e göre 44 hastada toplam 440 myokardiyal segmentin incelenmesi sonucunda 310 segment normoperfüzif, 62 segment hipoperfüzif ve 68 segment ise defektif olarak belirlenmiştir. İncelemeye alınan hasta grubunda en fazla defektin olduğu alan midinferior segment olarak belirlenmiştir. Tüm hastalardaki segmental perfüzyon dağılımı aşağıdaki tabloda verilmektedir (Tablo IV).

Tablo :IV- Tüm hastalardaki segmental perfüzyon dağılımı

SEGMENTLER	Normal (0)	Hipo (1)	Defektif (2)
BAZALSEPTAL	36	6	2
DİSTALSEPTAL	32	7	5
İNFEROAPİKAL	23	9	12
İFEROLATERAL	32	2	10
POSTEROLATERAL	40	2	2
POSTEROBAZAL	21	8	15
MİDİNFERİOR	19	8	17
APİKAL	32	10	2
MİDANTERİOR	37	5	2
ANTEROBAZAL	38	5	1
TOPLAM	310	62	68

TABLO III. Tüm hastalarda miyokardiyal segmentlere göre SPECT perfüzyon skor dağılımı

N	HASTA	LAO				LLT						
		BAZAL-SEPTAL	DİSTAL-SEPTAL	İNFERO-APİKAL	İNFERO-LATERAL	POSTERO-LATERAL	POSTERO-BAZAL	MİD-İNFERİOR	APİKAL	MİD-ANTERİOR	ANTERO-BAZAL	
1	M.Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	S.K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	E.I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	B.G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	H.B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	R.B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	I.S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	E.S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Y.Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	M.B	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
11	D.P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	A.B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	D.K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	H.G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	R.K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	R.B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	M.A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	S.O	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
19	İ.Ç	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	İ.D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	A.D	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	M.K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	T.A	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
24	N.A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	H.Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	O.O	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	N.Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	S.G	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
29	Y.T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	H.T	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
31	R.A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Z.S	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
33	D.B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	F.E	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
35	İ.Ö	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	Y.E	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
37	A.G	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	A.K	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
39	H.K	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	M.D	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
41	E.D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	Y.K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	N.S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	H.A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

4.1.2.1. Sine modunda MUGA, I-GPTF, NI-GPTF ve EKOKG yöntemlerinin uyumluluk karşılaştırması

Tablo:V- SİNE modunda MUGA ile I-GPTF çalışmasının segmental düzeyde karşılaştırılması

		I-GPTF			TOPLAM
		NORMAL	HİPOKİNEZİ	A – DİSKİNEZİ	
MUGA	NORMAL	285	38	3	326
	HİPOKİNEZİ	18	52	8	78
	A – DİSKİNEZİ	1	9	10	20
	TOPLAM	304	99	21	424

Tablo:VI- SİNE modunda MUGA ile NI-GPTF çalışmasının segmental düzeyde karşılaştırılması

		NI-GPTF			TOPLAM
		NORMAL	HİPOKİNEZİ	A - DİSKİNEZİ	
MUGA	NORMAL	289	35	2	326
	HİPOKİNEZİ	15	55	8	78
	A - DİSKİNEZİ	0	9	11	20
	TOPLAM	304	99	21	424

Tablo:VII- SİNE modunda MUGA ile EKO çalışmasının segmental düzeyde karşılaştırılması

		EKO			TOPLAM
		NORMAL	HİPOKİNEZİ	A - DİSKİNEZİ	
MUGA	NORMAL	301	24	1	326
	HİPOKİNEZİ	47	31	0	78
	A - DİSKİNEZİ	8	12	0	20
	TOPLAM	356	67	1	424

Tablo:VIII- SİNE modunda I-GPTF ile NI-GPTF çalışmasının segmental düzeyde karşılaştırılması

		NI-GPTF			
		NORMAL	HİPOKİNEZİ	A - DİSKİNEZİ	TOPLAM
I-GPTF	NORMAL	293	9	2	304
	HİPOKİNEZİ	11	88	0	99
	A - DİSKİNEZİ	0	2	19	21
	TOPLAM	304	99	21	424

Tablo:IX- SİNE modunda I-GPTF ile EKO çalışmasının segmental düzeyde karşılaştırılması

		EKO			
		NORMAL	HİPOKİNEZİ	A - DİSKİNEZİ	TOPLAM
I-GPTF	NORMAL	285	18	1	304
	HİPOKİNEZİ	66	33	0	99
	A - DİSKİNEZİ	5	16	0	21
	TOPLAM	356	67	1	424

Tablo:X- SİNE modunda NI-GPTF ile EKO çalışmasının segmental düzeyde karşılaştırılması

		EKO			
		NORMAL	HİPOKİNEZİ	A - DİSKİNEZİ	TOPLAM
NI-GPTF	NORMAL	287	16	1	304
	HİPOKİNEZİ	63	36	0	99
	A - DİSKİNEZİ	6	15	0	21
	TOPLAM	356	67	1	424

MUGA, EKOKG, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarının sine analizi sonucu asinerjik segment sayısı EKOKG' de 68 (67'si hipokinetik, 1'i akinetik/diskinetik), MUGA'da 98 (78'i hipokinetik, 20'si akinetik /diskinetik), NI-GPTF ve I-GPTF çalışmalarının her ikisinde de 120 (99'u hipokinetik 21'i akinetik/diskinetik) olarak saptandı. MUGA ile en fazla uyum NI-GPTF çalışmasında bulundu.(Tablo:XI)

Tablo:XI- SINE değerlendirilmede İstatistik sonuçları

Kısaltmalar: M=MUGA, I=I-GPTF, NI=NI-GPTF, E=EKO

TABLolar

	M-I	M-NI	M-E	I-NI	I-E	NI-E
Tam Uyum	0,82	0,84	0,78	0,94	0,75	0,76
Ki-kare p-değeri: p <	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Olasılık katsayısı	0.60	0.63	0.40	0.78	0.44	0.45
Kappa	0.55	0.60	0.33	0.87	0.31	0.34

4.1.2.2. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında SİNE inceleme ve FONKSİYONEL görüntülerin uyumluluk karşılaştırılması

Tablo:XII- MUGA çalışmasında SİNE inceleme ve FONKSİYONEL görüntü karşılaştırması

SİNE

		NORMAL	HİPOKİNEZİ	A - DİSKİNEZİ	TOPLAM
FONK	NORMAL	288	21	2	311
	HİPOKİNEZİ	33	35	4	72
	A - DİSKİNEZİ	5	22	14	41
	TOPLAM	326	78	20	424

Tablo:XIII- I-GPTF çalışmasında SİNE inceleme ve FONKSİYONEL görüntü karşılaştırması

SİNE

		NORMAL	HİPOKİNEZİ	A - DİSKİNEZİ	TOPLAM
FONK	NORMAL	263	26	0	289
	HİPOKİNEZİ	34	54	4	92
	A - DİSKİNEZİ	7	19	17	43
	TOPLAM	304	99	21	424

Tablo:XIV- NI-GPTF çalışmasında SİNE inceleme ve FONKSİYONEL görüntü karşılaştırması

		SİNE			TOPLAM
		NORMAL	HİPOKİNEZİ	A - DİSKİNEZİ	
FONK	NORMAL	249	24	0	273
	HİPOKİNEZİ	39	54	6	99
	A – DİSKİNEZİ	16	21	15	52
	TOPLAM	304	99	21	424

Sine incelemede asinerjik segment sayısı I-GPTF ve NI-GPTF 120 iken parametrik imaj analizi sonucu I-GPTF çalışmasında 135 (92 hipokinetik, 43 akinetik / diskinetik), NI-GPTF’de ise 151(99’u hipokinetik, 52’si akinetik/diskinetik) olarak bulundu. MUGA’da ise sinede 98 (78’i hipo 20’si akinetik/diskinetik) asinerjik segmente karşılık faz-ampitüd görüntülerinde 113 segment asinerjik olarak yorumlandı.

Sine inceleme ile fonksiyonel görüntüler arasında en uyumlu sonuçlar MUGA ile I-GPTF çalışmalarında elde edildi (Tablo XV).

Tablo :XV- SİNE-FONKSİYONEL karşılaştırma istatistik sonuçları

TABLolar

	MUGA	I-GPTF	NI-GPTF
Tam Uyum	0,80	0,79	0,75
Ki-kare p-değeri: $p <$	0.000	0.000	0.000
Olasılık katsayısı	0.58	0.61	0.55
Kappa	0.49	0.53	0.48

4.1.2.3. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında fonksiyonel görüntülerin uyumluluk karşılaştırılması

MUGA ve GPTF sintigrafilerinin karşılaştırılmasında MUGA'nın parametrik görüntü analizi yorumunda I-GPTF çalışması ile daha yüksek derecede uyum gösterdiği saptandı (0,77 vs 0,75) (Tablo XVI) . Fonksiyonel görüntülerin karşılaştırmalı sonuçları Tablo :XVI, Tablo:XVII ve Tablo:XVIII de verilmiştir.

Tablo :XVI- MUGA ile I-GPTF'nin FONKSİYONEL incelemede karşılaştırılması

		I-GPTF			TOPLAM
		NORMAL	HİPOKİNEZİ	A - DİSKİNEZİ	
MUGA	NORMAL	267	40	4	311
	HİPOKİNEZİ	21	36	15	72
	A - DİSKİNEZİ	1	15	25	41
	TOPLAM	289	91	44	424

Tablo:XVII-MUGA ile NI-GPTF'nin FONKSİYONEL incelemede karşılaştırılması

		NI-GPTF			TOPLAM
		NORMAL	HİPOKİNEZİ	A - DİSKİNEZİ	
MUGA	NORMAL	255	42	14	311
	HİPOKİNEZİ	18	39	15	72
	A - DİSKİNEZİ	0	19	22	41
	TOPLAM	273	100	51	424

Tablo:XVIII- I-GPTF ile NI-GPTF'nin FONKSİYONEL incelemede karşılaştırılması

		NI-GPTF			TOPLAM
		NORMAL	HİPOKİNEZİ	A - DİSKİNEZİ	
I-GPTF	NORMAL	271	8	10	289
	HİPOKİNEZİ	1	86	3	90
	A - DİSKİNEZİ	1	6	38	45
	TOPLAM	273	100	51	424

Tablo : XIX - FONKSİYONEL imajların istatistiksel sonuçları

Kısaltmalar: M= MUGA, I= I-GPTF, NI= NI-GPTF

TABLolar

	M-I	M-NI	I-NI
Tam Uyum	0,77	0,75	0,93
Ki-kare p-değeri:p<	0.000	0.000	0.000
Olasılık katsayısı	0.60	0.55	0.76
Kappa	0.50	0.47	0.86

4.1.3.Korelasyon İstatistik Sonuçları

4.1.3.1. Sine modunda MUGA, GTF ve EKOKG yöntemlerinin korelasyon sonuçları

4.1.3.1.1.Genel

Tüm segmentlerin genel vizüel sinerji değerlendirmesinde en yüksek korelasyon MUGA ile NI-GPTF arasında saptandı ($r=0.77$, $p=0.000$). En düşük korelasyon ise EKOKG incelemeye MUGA arasında bulundu ($r=0.39$, $p=0.000$) (Tablo 4.1). Sol anterooblik pozisyonda I-GPTF ve NI-GPTF ile MUGA'nın korelasyonunda artış saptanırken (sırasıyla 0,79 , 0,86) , EKOKG' nin MUGA ile korelasyonunda anlamlı bir değişiklik olmadı. EKOKG ile I-GPTFve NI-GPTF çalışmaları arasındaki korelasyon hem SAO hem de SLT projeksiyonunda birbirine yakındı (Tablo XX).

Tablo : XX- SINE MUGA inceleme ile diğer metodların korelasyonları

	I-GPTF		NI-GPTF		EKOKG	
	R	p	r	p	r	p
TOPLAM	0,73	0,000	0,77	0,000	0,39	0,000
SAO	0,79	0,000	0,86	0,000	0,40	0,000
SLT	0,69	0,000	0,69	0,000	0,43	0,000

Tablo : XXI- SINE I-GPTF inceleme ile diğer metodların korelasyonları

	MUGA		NI-GPTF		EKOKG	
	P	r	p	r	p	r
TOPLAM	0,73	0,000	0,93	0,000	0,41	0,000
SAO	0,79	0,000	0,89	0,000	0,38	0,000
SLT	0,69	0,000	0,96	0,000	0,43	0,000

Tablo : XXII- SINE NI-GPTF inceleme ile diğer metodların korelasyonları

	MUGA		I-GPTF		EKOKG	
	P	r	p	r	p	r
TOTAL	0,77	0,000	0,93	0,000	0,41	0,000
SAO	0,86	0,000	0,89	0,000	0,39	0,000
SLT	0,69	0,000	0,96	0,000	0,44	0,000

4.1.3.1.2.Segmental

Segmental düzeyde analiz yapıldığında MUGA ile I-GPTF inceleme arasında posterolateral duvarda ($r=0.88$, $p=0.000$) en yüksek, apikal ($r=0.38$, $p=0.013$) ve midanterior ($r=0.39$, $p=0.011$) duvarlarda ise en düşük korelasyon değerleri saptanmıştır.

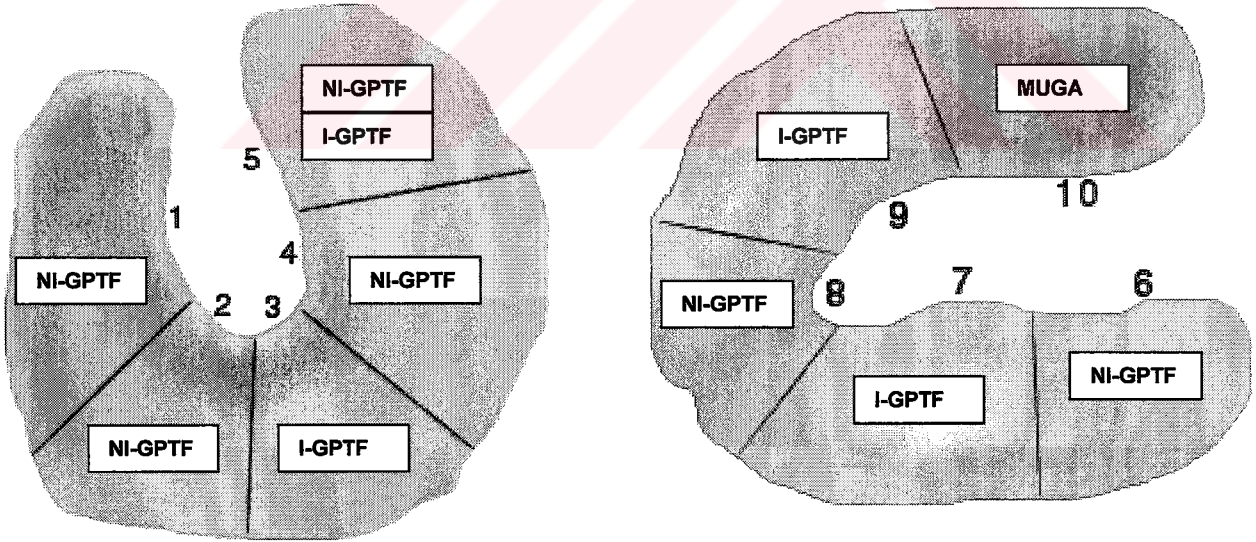
NI-GPTF ile korelasyonda inferolateral duvarda ($r=0.92$, $p=0.000$) en yüksek, apikal ($r=0.39$, $p=0.010$) ve midanterior ($r=0.36$, $p=0.36$) duvarlarda ise en düşük korelasyon değerleri yine bulunmuştur.

EKOKG ile korelasyonda anterobazal duvarda en yüksek korelasyon katsayı değeri ($r=0.70$, $p=0.000$) saptanmış olup, apikal ($r=-0,10$, $P=0,521$) ve midanterior duvarlarda ($r=0,03$, $p=828$) anlamlı bir korelasyon bulunamamıştır .

İnferoapikal, posterolateral ve mid inferior duvarlarda enyüksek korelasyon I-GPTF incelemeyle; bazalseptal, distalseptal, inferolateral, posterolateral ve posterobazal segmenlerde ise enyüksek korelasyon NI-GPTF incelemeyle saptandı. Sadece anterobazal duvarda EKOKG incelemeyle enyüksek korelasyon değeri bulundu (Tablo : XXIII).

Tablo : XXIII- Sine MUGA inceleme ile diğer metodların segmental düzeyde korelasyonları

	SEGMENTLER	I-GPTF		NI-GPTF		EKOKG	
		R	p	r	p	r	p
1	BAZALSEPTAL	0.76	0.000	0.83	0.000	0.64	0.000
2	DİSTALSEPTAL	0.75	0.000	0.81	0.000	0.46	0.002
3	İNFEROAPİKAL	0.83	0.000	0.82	0.000	0.60	0.000
4	İNFEROLATERAL	0.84	0.000	0.92	0.000	0.33	0.027
5	POSTEROLATERAL	0.88	0.000	0.88	0.000	0.08	0.589
6	POSTEROBAZAL	0.79	0.000	0.81	0.000	0.38	0.013
7	MİDİNFERİÖR	0.57	0.000	0.55	0.000	0.55	0.000
8	APİKAL	0.38	0.013	0.39	0.010	-0.10	0.521
9	MİDANTERİÖR	0.39	0.011	0.36	0.017	0.03	0.828
10	ANTEROBAZAL	0.56	0.000	0.56	0.000	0.70	0.000



Şekil XXIII. Sine MUGA inceleme ile her segmentte en iyi korelasyonu gösteren metodların LAO ve LLT projeksiyonlarında grafiksel dağılımı.

I-GPTF inceleme EKOKG arasında en yüksek korelasyon midinferior ($r=0.51, p=0.000$) 'de saptandı. Midanterior segmentin sine analizinde bu iki metod arasında anlamlı bir ilişki bulunamadı ($r=-0,05, p=738$) (Tablo : XXIII).

Tablo : XXIV- SİNE I-GPTF inceleme ile diğer metodların segmental düzeyde korelasyonları

SEGMENTLER	MUGA		NI-GPTF		EKOKG	
	R	p	r	p	R	p
BAZALSEPTAL	0.76	0.000	0.85	0.000	0.36	0.016
DİSTALSEPTAL	0.75	0.000	0.94	0.000	0.36	0.016
İNFEROAPİKAL	0.83	0.000	0.95	0.000	0.45	0.002
İNFEROLATERAL	0.84	0.000	0.89	0.000	0.37	0.014
POSTEROLATERAL	0.88	0.000	0.94	0.000	0.17	0.282
POSTEROBAZAL	0.79	0.000	0.93	0.000	0.31	0.041
MİDİNFERİÖR	0.57	0.000	0.98	0.000	0.51	0.000
APİKAL	0.38	0.013	0.98	0.000	0.16	0.312
MİDANTERİÖR	0.39	0.011	0.95	0.000	-0.05	0.738
ANTEROBAZAL	0.56	0.000	1.00	0.000	0.37	0.014

NI-GPTF inceleme ile EKO metodunda en yüksek korelasyon midinferior ($r= 0.51,p=0.000$), en düşük korelasyon ise apikal segmentte ($r=0.17, p= 0.279$) saptanmıştır (Tablo XXIV).

Tablo : XXV- Sine NI-GPTF inceleme ile diğer metodların korelasyonları

SEGMENTLER	MUGA		I-GPTF		EKOKG	
	R	p	r	p	r	p
BAZALSEPTAL	0.83	0.000	0.85	0.000	0.37	0.013
DİSTALSEPTAL	0.81	0.000	0.94	0.000	0.37	0.013
İNFEROAPİKAL	0.82	0.000	0.95	0.000	0.43	0.003
İNFEROLATERAL	0.92	0.000	0.89	0.000	0.40	0.008
POSTEROLATERAL	0.88	0.000	0.94	0.000	0.14	0.378
POSTEROBAZAL	0.81	0.000	0.93	0.000	0.33	0.032
MİDİNFERİÖR	0.55	0.000	0.98	0.000	0.51	0.000
APİKAL	0.39	0.010	0.98	0.000	0.17	0.279
MİDANTERİÖR	0.36	0.017	0.95	0.000	0.25	0.100
ANTEROBAZAL	0.56	0.000	1.00	0.000	0.37	0.014

4.1.3.2. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarının sine inceleme ve fonksiyonel imajları arasındaki korelasyon

4.1.3.2.1. Genel

Tüm segmentlerin SAO ve SLT projeksiyonlarda sine ve fonksiyonel imajları MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF sintigrafilerinde kendi içlerinde korele edildiğinde en yüksek korelasyon katsayısı MUGA çalışmasında elde edilmiştir. ($r=0.77$, $p=0.000$). Sol anterooblik projeksiyonda MUGA ve NI-GPTF çalışmalarında aynı korelasyon saptanırken ($r=0.77$, $p=0.000$) ; SLT projeksiyonda MUGA 'da en yüksek değer tespit edilmiştir ($r=0,73$, $p=000$) (Tablo : XXVI)

Tablo : XXVI- MUGA ve GPTF çalışmalarında sinesonuçları ile fonksiyonel imaj sonuçları arasında saptanan korelasyonlar

	MUGA		I-GPTF		NI-GPTF	
	r	p	r	p	r	p
TOTAL	0,75	0,000	0,72	0,000	0,72	0,000
SAO	0,77	0,000	0,73	0,000	0,77	0,000
SLT	0,73	0,000	0,71	0,000	0,67	0,000

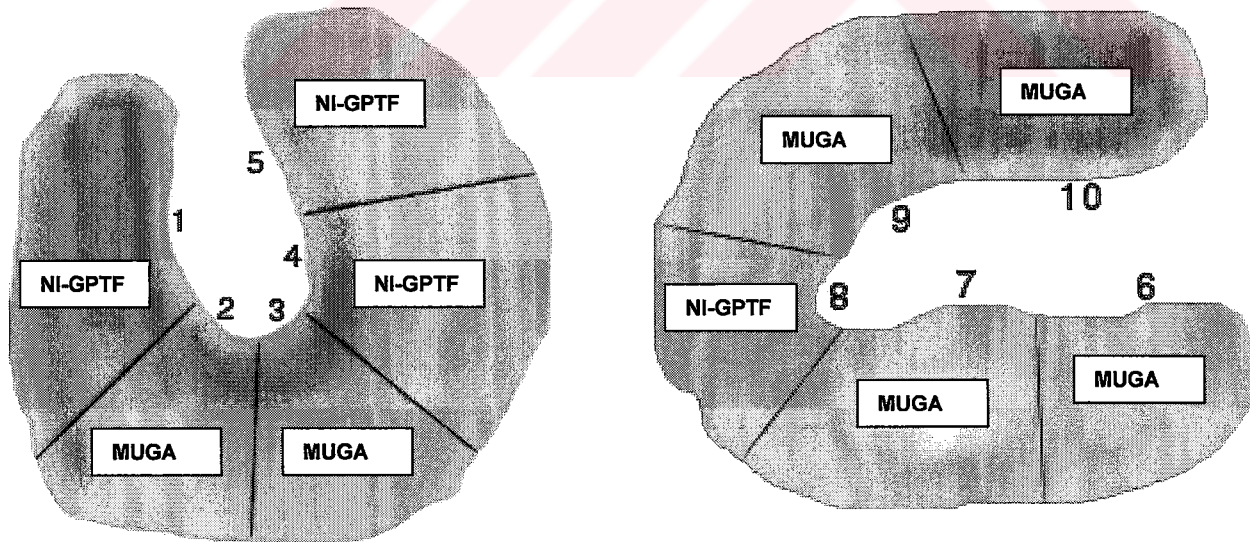
4.1.5.2. Segmental

Segmental analizde yapıldığında sine ve fonksiyonel görüntüler arasında en yüksek korelasyon katsayısı MUGA yönteminde inferolateral ve midinferior ($r=0,84$, $p= 0,000$), I-GPTF çalışmasında inferolateral ve inferoapikal duvarlarda ($r=0,81$, $p=0,000$), NI-GPTF'de ise inferolateral duvarda ($r=0,88$, $p=0,000$) hesaplanmıştır. En düşük korelasyonlar ise MUGA'da midanterior ($r=0,26$, $p=0,093$) I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında ise midanterior ve anterobazal segmentlerinde saptanmıştır

Distalseptal, posterobazal ve midinferior segmentlerde MUGA'da; bazalseptal , inferolateral, posterolateral ve apikal segmentlerde NI-GPTF çalışmasında ve inferoapikal segmentte ise hem MUGA hemde I-GPTF çalışmalarında enyüksek sine ve fonksiyonel korelasyon elde edildi. (Tablo : XXVII)

Tablo : XXVII- MUGA ve GPTF çalışmalarında SİNE sonuçları ile FONKSİYONEL imaj sonuçları arasında saptanan korelasyonlar

	SEGMENTLER	MUGA		I-GPTF		NI-GPTF	
		r	p	r	p	r	p
1	BAZALSEPTAL	0.66	0.000	0.67	0.000	0.73	0.000
2	DİSTALSEPTAL	0.67	0.000	0.64	0.000	0.66	0.000
3	İNFEROAPİKAL	0.81	0.000	0.81	0.000	0.70	0.000
4	İNFEROLATERAL	0.84	0.000	<i>0.81</i>	0.000	0.88	0.000
5	POSTEROLATERAL	0.72	0.000	0.62	0.000	0.74	0.000
6	POSTEROBAZAL	0.72	0.000	0.70	0.000	0.56	0.000
7	MİDİNFERİÖR	0.84	0.000	0.68	0.000	0.67	0.000
8	APİKAL	0.50	0.001	0.68	0.000	0.81	0.000
9	MİDANTERİÖR	0.26	0.093	0.03	0.864	0.16	0.324
10	ANTEROBAZAL	0.56	0.000	0.27	0.084	0.12	0.444



Şekil : XXIV - Sine inceleme ile FONKSİYONEL inceleme arasında her segmentte en iyi korelasyonu gösteren metodların LAO ve LLT projeksiyonlarında grafiksel dağılımı.

4.1.3.3. MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmalarında fonksiyonel görüntülerin korelasyon sonuçları

4.1.3.3.1. Genel

Sol ventrikülün genel olarak değerlendirilmesinde her iki projeksiyonda da MUGA ile ,I-GPTF çalışmaları arasındaki fonksiyonel analiz korelasyonu , NI-GPTF incelemedeki değerlerden yüksek bulunmuştur (Tablo : XXVIII).

Tablo : XXVIII- MUGA FONKSİYONEL inceleme ile GPTF FONKSİYONEL analiz korelasyonları

	I-GPTF		NI-GPTF	
	r	p	r	p
TOPLAM	0,72	0,000	0,68	0,000
LAO	0,78	0,000	0,75	0,000
LLT	0,66	0,000	0,62	0,000

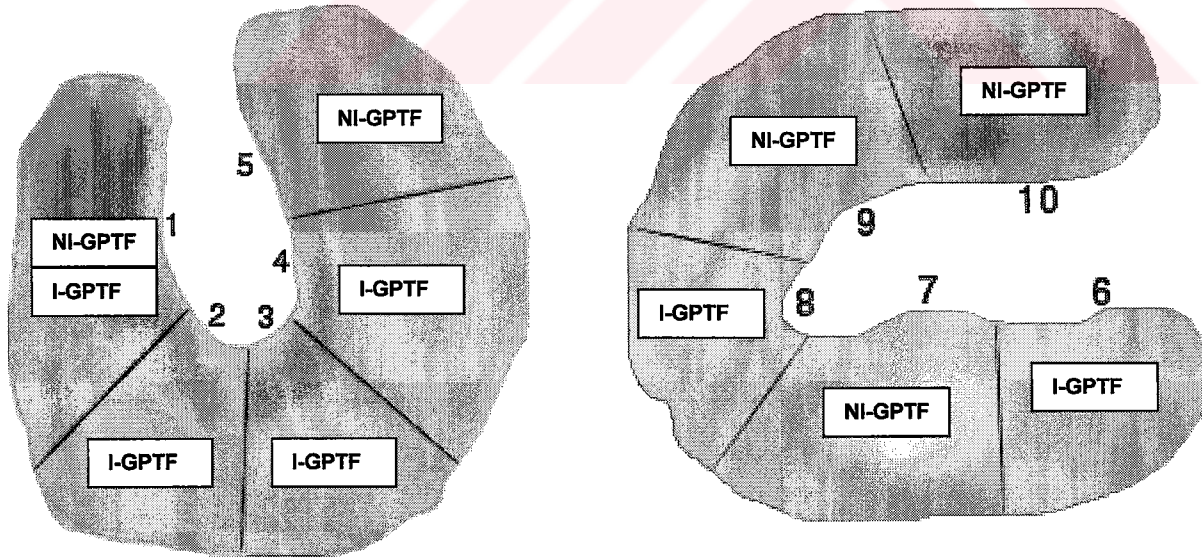
4.1.3.3.2. Segmental

Segmentler ayrı ayrı değerlendirildiğinde MUGA ile , I-GPTF çalışması arasındaki en yüksek korelasyonun inferoapikal ve inferolateral duvarlarda ($r=0.82$, $p=0.000$), NI-GPTF ile en yüksek korelasyonun ise bazalseptalde ($r=0.80$, $p=0.000$) olduğu saptanmıştır. En düşük korelasyon değerleri ise heriki GPTF çalışmasında midanterior ve anterobazal segmentlerde elde edilmiştir.

Distalseptal, inferoapikal ve inferolateral, posterobazal ve apikal segmentlerde I-GPTF ile ; posteolateral, midinferior, midanterior ve anterobazal segmentlerde ise NI-GPTF ile en yüksek korelasyon elde edilmiştir (Tablo : XIX)

Tablo : XIX- MUGA ile GPTF çalışmaları arasındaki segment düzeyinde FONKSİYONEL inceleme korelasyon değerleri

	SEGMENTLER	I-GPTF		N I-GPTF	
		r	p	r	p
1	BAZALSEPTAL	0.80	0.000	0.80	0.000
2	DİSTALSEPTAL	0.67	0.000	0.61	0.000
3	İNFEROAPİKAL	0.82	0.000	0.70	0.000
4	İNFEROLATERAL	0.82	0.000	0.70	0.000
5	POSTEROLATERAL	0.62	0.000	0.64	0.000
6	POSTEROBAZAL	0.69	0.000	0.58	0.000
7	MİDİNFERİÖR	0.56	0.000	0.61	0.000
8	APİKAL	0.61	0.000	0.44	0.000
9	MİDANTERİÖR	0.12	0.454	0.14	0.403
10	ANTEROBAZAL	0.12	0.454	0.14	0.844



Şekil : XXV –Fonksiyonel incelemede MUGA ile her segmentte en iyi korelasyonu gösteren metodların SAO ve SLT projeksiyonlarında grafiksel dağılımı.

4.2. KANTİTATİF DEĞERLENDİRME:

4.2.1. Amplitüd ve faz imajlarında MUGA, I-GPTF ve NI-GPTF çalışmaları arasındaki korelasyon

4.2.1.1.Genel

MUGA ve I-GPTF çalışmalarında, sol ventrikülün tüm segmentleri genel olarak değerlendirildiğinde total ve ortalama faz sayımları üzerinden yapılan hesaplamada $r=0,59$, $p=0,000$ bulunmuştur. (Tablo :XXX).

Tablo:XXX- MUGA'daki total ve ortalama faz değerleri ile GPTF çalışmasında elde edilen faz sonuçları arasındaki korelasyon değerleri

FAZ değeri	I-GPTF		NI-GPTF	
	r	p	r	P
TOPLAM	0,59	0,000	-0,25	0,000
ORTALAMA	0,59	0,000	-0,26	0,000

Total ve ortalama amplitüd sayımlarından yapılan korelasyon hesabında MUGA ile I-GPTF çalışması arasında saptanan faz korelasyonundan daha yüksek değerler elde edilmiştir (Tablo XXXI).

Tablo:XXXI- MUGA'daki total ve ortalama amplitüd değerleri ile GPTF çalışmasında elde edilen faz sonuçları arasındaki korelasyon değerleri

AMPLİTÜD değeri	I-GPTF		NI-GPTF	
	R	p	R	P
TOPLAM	0,76	0,000	0,75	0,000
ORTALAMA	0,75	0,000	0,74	0,000

Sol ventrikülün ortalama faz ve standart deviasyon değerleri SAO projeksiyondan hesaplandı. MUGA çalışmasında ortalama faz değeri 150 ± 16 , I-GPTF sintigrafisinde ise 142 ± 17 olarak bulundu.

Sol anterooblik projeksiyondan elde edilen ortalama faz ve standart deviasyon katsayıları Tablo XXXII 'de verilmiştir.

Tablo : XXXII- MUGA ile , I-GPTF ve , NI-GPTF kantitatif ortalama faz ve standart deviasyon (SD) korelasyonları (SAO'dan)

	I-GPTF		NI-GPTF	
	r	P	r	p
FAZ	0,92	0,000	-0,10	0,544
SD	0,53	0,000	0,32	0,034

4.2.1. 2.Segmental

Segmentler ayrı ayrı korele edildiğinde; hem total hem de ortama amplitüd değerlerinden yapılan hesaplamada MUGA ile I-GPTF ve NI-GPTF arasında en yüksek korelasyon katsayısı inferoapikal duvarda ($r=0,91$, $p=0,000$; $r=0,92$, $p=0,000$), en düşük değer ise anterobazal segmentte ($r=0,30$, $p= 0,069$; $r=0,32$, $p=0,044$) saptandı (TabloXXXI).

Segmentler arası bölgesel faz değerlerine bakılınca en yüksek korelasyonun inferoapikal duvarda ($r=0,78$, $p=0,000$), en düşük korelasyonun ise total faz korelasyon hesabında apikal duvarda ($r=0,54$ $p=0,000$), ortalama faz korelasyon değerlendirilmesinde ise mid anterior duvarlarda ($r=0,44$, $p=0,004$) olduğu görüldü (Tablo XXXIII).

Total amplitüd sayımlarından elde edilen korelasyon hesaplamasında İnferoapikal, inferolateral ve posterolateral duvarda I-GPTF ve NI-GPTF ile korelasyon eşitken, geri kalan duvarlarda I-GPTF ile daha yüksek korelasyon bulundu (Tablo XXXIII).

Ortalama amplitüd sayımlarından elde edilen korelasyon hesaplamasında distal septalde eşit korelasyon değeri bulunurken, midanterior duvarda NI-GPTF ile daha yüksek korelasyon, kalan diğer duvarlarda ise I-GPTF ile daha yüksek korelasyon değeri bulundu.

Tablo:XXXIII- MUGA çalışmasında AMPLİTÜD ve FAZ imajlarından elde edilen total sayım değerlerinin GPTF çalışması ile korelasyon sonuçları

	I-GPTF				NI-GPTF			
	AMP		FAZ		AMP		FAZ	
	r	p	r	p	r	p	r	p
BAZALSEPTAL	0,88	0,000	0,59	0,000	0,86	0,000	0,16	0,333
DİSTALSEPTAL	0,83	0,000	0,59	0,000	0,82	0,000	-0,18	0,257
İNFEROAPİKAL	0,91	0,000	0,78	0,000	0,91	0,000	-0,25	0,114
İNFEROLATERAL	0,88	0,000	0,65	0,000	0,88	0,000	-0,36	0,023
POSTEROLATERAL	0,73	0,000	0,65	0,000	0,73	0,000	0,09	0,574
POSTEROBAZAL	0,76	0,000	0,57	0,000	0,73	0,000	-0,26	0,102
MİDİNFERİOR	0,83	0,000	0,61	0,000	0,83	0,000	-0,42	0,007
APİKAL	0,51	0,001	0,54	0,000	0,45	0,003	-0,20	0,199
MİDANTERİOR	0,51	0,001	0,58	0,000	0,51	0,001	-0,04	0,809
ANTEROBAZAL	0,30	0,069	0,61	0,000	0,22	0,183	-0,23	0,144

Tablo XXXIV- MUGA çalışmasında AMPLİTÜD ve FAZ imajlarından elde edilen ortalama sayım değerlerinin GPTF çalışması ile korelasyon sonuçları

	I-GPTF				NI-GPTF			
	AMP		FAZ		AMP		FAZ	
	r	p	r	p	r	p	r	p
BAZALSEPTAL	0,89	0,000	0,58	0,000	0,87	0,000	0,18	0,273
DİSTALSEPTAL	0,83	0,000	0,59	0,000	0,83	0,000	-0,20	0,208
İNFEROAPİKAL	0,92	0,000	0,78	0,000	0,91	0,000	-0,35	0,025
İNFEROLATERAL	0,84	0,000	0,62	0,000	0,82	0,000	-0,36	0,021
POSTEROLATERAL	0,66	0,000	0,65	0,000	0,65	0,000	0,58	0,000
POSTEROBAZAL	0,76	0,000	0,57	0,000	0,75	0,000	-0,27	0,096
MİDİNFERİOR	0,83	0,000	0,59	0,000	0,81	0,000	-0,41	0,010
APİKAL	0,51	0,000	0,54	0,000	0,45	0,003	-0,21	0,192
MİDANTERİOR	0,42	0,006	0,44	0,004	0,43	0,005	-0,04	0,814
ANTEROBAZAL	0,32	0,044	0,58	0,000	0,10	0,538	-0,25	0,133

4.2.2. Ejeksiyon Fraksiyonu

Ejeksiyon fraksiyonu SAO projeksiyonu kullanarak, otomatik (PAGE) ve yarı otomatik (SAGE) veri işleme programları aracılığıyla hesaplandı. Bulunan değerler arasında yapılan istatistiksel değerlendirmede en yüksek korelasyon katsayı değeri PAGE ile SAGE arasında görülürken; EKO'nun PAGE programı ile daha iyi korele olduğu saptandı (Tablo XXXV).

Tablo XXXV- EKO, SAGE, PAGE yöntemleri arasındaki EF korelasyon sonuçları (EF= Ejeksiyon Fraksiyonu)

	PAGE		SAGE		EKOKG	
	r	p	r	p	r	p
PAGE	PAGE	PAGE	0,86	0,000	0,48	0,002
SAGE	0,86	0,000	SAGE	SAGE	0,33	0,033
EKOKG	0,48	0,002	0,33	0,033	EKO	EKO

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Koroner arter hastalığı bulunan kişilerde prognoz, dinlenme halindeki sol ventriküler performans, egzersiz ejeksiyon fraksiyonu ve iskemik myokardiyal perfüzyon anomalilerin ciddiyeti ve yayılımıyla yakından ilişkilidir (117).

Direkt ve periferik kontrast ventrikülografi, ekokardiyografi , ultrafast bilgisayarlı tomografi, nükleer magnetik rezonans, radyonüklid anjiyografi ve radyonüklid ventrikülografi ejeksiyon fraksiyonu ve duvar kinetiği incelemesinde kullanılan yöntemlerdir. Ancak bu tekniklerden hiçbiri myokardiyal perfüzyon ve duvar hareketini birlikte değerlendirme yeteneğine sahip değildir (118) .

Kontrast madde kullanılarak floroskopik teknikle gerçekleştirilen ve ventriküler fonksiyonların analizinde gold standart kabul edilen ventrikülografi hastaya yüksek düzeyde radyasyon (Toraks dozu: 5 rad) dozu vermektedir. Ayrıca ejeksiyon fraksiyonunun kalbin elipsoid olduğu varsayılarak geometrik metodlarla hesaplanması nedeniyle, kardiyak majör akslarının belirlenemediği ve normal şeklini kaybetmiş kalplerde hatalı sonuçlar elde edilmektedir. Kardiyak kateterizasyon uygulanacak hastalarda sol ventriküler fonksiyonların noninvazif olarak ortaya konması nefrotoksik ve hemodinamik komplikasyonları olan ventrikülografinin uygulanmasını gereksiz kılabilir. Kardiyak hastalıklarda rutinde oldukça sık başvuru alan ekokardiyografik yöntemlerle aynı laboratuvarlarda, farklı gözlemcilerin aynı hastada ardarda ölçümlerinde farklı sonuçların elde edilmesi oldukça sık rastlanan bir durumdur. Radyonüklid gated yöntemlerde kardiyak siklus boyunca detekte edilen radyoaktiviteden elde edilen indekslerden hesaplama yapıldığından yukarıda bahsedilen sınırlamalar yaşanmamaktadır (119).

Nükleer kardiyoloji prosedürleri kardiyak problemi olan hastaların değerlendirilmesinde birçok avantaj sağlar. Bu prosedürler non-invazif olup, diğer diagnostik metodlarda elde edilemeyen bir çok fonksiyonel ve fizyolojik bilgi verirler.

Myokardiyal perfüzyon ve ventriküler fonksiyonların noninvazif olarak birlikte değerlendirilmesi iskemik kalp hastalıklarında prognozunun belirlemede oldukça önem taşır. Uzun yıllar boyunca myokardiyal perfüzyon

ve ventriküler fonksiyon ayrı ayrı yöntemlerle değerlendirilmekteydi. Ventriküler fonksiyonların değerlendirilmesinde MUGA standart nükleer tıp prosedürü olarak kullanılmaktadır. Teknesyum 99-m myokardiyal perfüzyon ajanlarının nükleer tıp rutinine girmesiyle kalbin perfüzyon ve fonksiyonunun tek bir radyofarmasötikle aynı enjeksiyonla gerçekleştirilmesi mümkün olmuştur. Teknik açıdan bakıldığında perfüzyon-duvar hareketi yorumunun birlikte yapılması , hasta veya çekim kaynaklı oluşabilecek birçok artefaktın ekarte edilmesini sağlayarak kullanılan yöntemin tanı doğruluğunu arttırmaktadır (10-12,14-17). Myokard perfüzyon ajanları ile ventriküler fonksiyonların değerlendirilmesi iki yöntemle yapılabilmektedir. 1) First pass radyonüklid anjiosintigrafisi, 2) Gated planar ve SPECT myokardiyal perfüzyon sintigrafisi.

First pass radyonüklid anjiosintigrafide çok kısa bir zaman aralığında kardiyak siklus değerlendirildiğinden ventriküler fonksiyonları, özellikle duvar hareketlerini değerlendirmek için yeterli veri toplanamamaktadır.

Günümüzde gated-myokardiyal görüntüleme SPECT perfüzyon sintigrafisi çok değerli bir metoddur. Gated-SPECT perfüzyon sintigrafisinin kardiyak fonksiyonların tanısında yararlılığını gösteren birçok yayın vardır (10-12). Bununla birlikte çekim ve işlem sürelerinin uzun, veri işleme programının oldukça kompleks olması ve bilgisayar hafızasında belirgin yer işgal etmesi özellikle yoğun nükleer tıp merkezlerinde pratikte kullanımını sınırlamaktadır. Buna karşın planar gated perfüzyon sintigrafisi özel bir ekipman gerektirmeden gerçekleştirilebilen basit ve pratik bir yöntemdir. Yakın geçmişte çok-başlıklı SPECT yöntemi kullanan bilgisayar teknolojisinin geliştirilmesiyle gated tomografi için harcanan işlem süresinin kısaltılması gated SPECT'in duvar hareketi analizinde rutin kullanımına olanak verebilir.

Sol ventrikül kontraksiyonlarının lokalize anomalisi olarak tanımanan asinerji koroner arter hastalığının tanısında ayırdedici karakteristik özelliklerdendir. Segmental duvar hareketi bozuklukları sıklıkla myokard infarktüsü (MI) sonucu gelişir, ancak geçirilmiş MI'ya bağlı klinik veya elektrokardiyografik bulgular olmadan da izlenebilmektedir. Özellikle myokardiyumun kontraksiyonunu artıran veya oksijen ihtiyacını azaltan intervansiyonlar sonucu normal ya da düzelmiş kontraksiyon gösteren bölgeler

histolojik olarak canlı (viable) myokardiyum içerirler. Ayrıca bu segmentler sıklıkla koroner arter revaskülarizasyonu sonrası düzelme gösterirler. Daha önce MI geçirmemiş kişilerde asinerji sıklıkla ciddi koroner arter stenozu olan bölgelerde görülmektedir(120)

Perfüzyon ile duvar kinetiği arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Genelde ventriküler asinerji hipoperfüze alanlarda izlenirken, ciddi perfüzyon defekti olan bölgelerde akinezi veya diskinezi görülmektedir. Ventrikül duvar kinetiğinin bilinmesi stunned (Bakınız OLGU 1, Sh A10-A12) ve hiberne myokardiyum tanısının konmasında özellikle önemlidir. Myokardiyal stunning, akut iskemi ve reperfüzyon injurisi sonucunda ortaya çıkan kontraktile disfonksiyondur. Enfarktüsün akut fazında, özellikle trombolitik tedaviyi takiben reperfüzyondan sonra normale yakın perfüzyonla birlikte azalmış duvar hareketi ve azalmış sistolik kalınlaşma ile kendini belli eder. Stunned myokardiyum ayrıca post-operatif by-pass döneminde egzersizle indüklenmiş iskeminin recovery fazında, kararsız anjina pektoriste ve koroner anjioplastiyi takip eden dönemde görülebilir. Klasik olarak stunning günler veya haftalar sürebilir; ancak genelde duvar hareketlerindeki düzelme herhangi bir müdahale yapılmadan 2-3 hafta sonra olur. Duvar hareket anomalilerindeki öne sürülen mekanizmalar arasında 1) Myofibrillerin anormal enerji utilizasyonu, 2) Sitotoksik serbest oksijen radikallerinin üretimi 3) Kalsiyum akışının bozulması ve 4) Daha önceki iskemik dokuda nötrofillerin akümülasyonu yer almaktadır. Stunned myokardiyal bölgelerde akım restore olduğundan perfüzyon ajanı tutulacak ancak duvar kinetiği çalışmalarında duvar hareket anomalisi saptanacaktır. Klinik rutinde radyonüklid ventrikülografi başta olmak üzere radyonüklid inelemelerin yanında dobutamine ekokardiyografinin de bazal incelemeyle karşılaştırıldığında myokardiyal kalınlaşma ve rejyoner myokardiyal duvar hareketindeki düzelmeyi göstererek, stunned myokardiyumu ayırd edebileceği bildirilmiştir (26).

Hiberne myokardiyum ise hipoperfüze ancak viabl myokardiyal dokunun hipokinezisi ile karakterizedir. Myokardiyal metabolizma ve kontraktilitenin kronik iskemiye bağlı azalması söz konusudur. Diğer bir değişle hücreler canlılığını sürdürmelerine rağmen mekanik iş göremezler. Bu durum azalmış

oksijene bağılı olarak, myositlerin oksijen kullanımını tasarrufuna yönelik koruyucu bir cevap olabilir. Hibernasyon geri dönüşümü olan bir fenomen olup, akım restore edildiğinde ventriküler disfonksiyon düzelebilir. Myokard perfüzyon sintigrafisinde özellikle MI ve hiberne myokardiyumun ayırdedilemediği hastalarda hibernasyonun ayırıcı tanısında duvar hareketinin bilinmesi oldukça önem taşır (26) . Perfüzyon sintigrafisinin ardından yapılacak planar gated – perfüzyon çalışması tedaviyi yönlendirecek ve yaşam süresini etkileyecek bu kritik bilgiyi kısa sürede ve pratik bir şekilde elde etmemizi sağlayabilir.

5.1. Çeşitli GTF metodlarının karşılaştırılması:

Orijinal GPTF çalışması (NI-GPTF) nın sine incelemesi duvar hareketi analizinde ilk basamağı oluşturmaktadır. Değerlendirmede myokardın hem iç hem de dış kenarının hareketi ile birlikte duvar kalınlaşması da göz önünde bulundurulmakta olup doğru değerlendirme için vizüel tecrübe gerekmektedir. Sine incelemenin yanında fonksiyonel görüntülerin analizi daha pratik ve daha objektif olan bir değerlendirmedir. Nakajima ve arkadaşlarının 29 hasta ve toplam 168 myokardiyal segment üzerinden yaptığı değerlendirmede en yüksek sayıda anomali GPTF- fonksiyonel imajlarında izlenmiştir. Bunu sırasıyla MUGA -fonksiyonel ve MUGA- sine görüntü sayısı izlemektedir (Tablo XXXVI).

Tablo :XXXVI- Nakajima ve arkadaşları ile çalışmamızda sine ve fonksiyonel incelemede saptanan asinerjik segment sayıları ve toplam incelenen segment sayılarına oranları.

YÖNTEM	NAKAJİMA		CANBAZ	
	SİNE	FONK	SİNE	FONK
MUGA	70 (%42)	73 (%43)	98 (%23)	113 (%27)
NI-GPTF	50 (%30)	-	120 (%28)	135 (%32)
I-GPTF	-	78 (%46)	120 (%28)	151 (%36)

Tablo XXXVI' de görüldüğü gibi toplam 44 hasta ve 424 segment üzerinden yaptığımız değerlendirmede (sine inceleme Nakajima'dan farklı olarak hem I-GPTF hem de NI-GPTF görüntülerinden yapılmıştır). I-GPTF ve NI-GPTF görüntülerinin her ikisinden de sine incelemede aynı sayıda ve MUGA - sine analizden daha fazla sayıda asinerjik segment tespit edilmiştir. Parametrik imaj analizine bakıldığında ise asinerjik segment sayısı sırasıyla büyükten küçüğe I-GPTF, NI-GPTF ve MUGA olarak sıralanmaktadır. Sonuç olarak fonksiyonel görüntü analizinde hem MUGA hem de GPTF metodunda asinerjik segment sayısı sine incelemeden daha yüksek bulunmuştur. Sine ve fonksiyonel incelemede asinerjik segment yüzdelerine bakılırsa MUGA da oranların GPTF metodundan daha fazla birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bulgular Nakajima ve arkadaşların çalışmasıyla uyumludur.

5.2. Inverted Gated Tetrafosmin (I-GPTF) Görüntüsü :

Inverted tetrafosmin intrakaviter aktivite dağılımı kan havuzu görüntüsüne benzer, ancak sol ventriküler volümü tam olarak yansıtmaz. Planar görüntüleme ile myokardiyal sınır tam olarak belirlenemeyebilir. Duvar kalınlaşmasındaki değişiklik aynı zamanda duvar hareketini de etkiler. Bu noktalardan yola çıkarak hesaplanmış faz ve amplitüd görüntülerinin, duvar kalınlaşmasındaki ve intrakaviter sayıdaki değişikliklerini yansıttığı söylemek doğru olur. MUGA çalışmasında da bu faktörler rol oynamasına rağmen daha az derecede etkili olur.

Fourier analizi direkt olarak konvansiyonel NI-GPTF imaja uygulanacak olursa amplitüd imajı inverted imajdaki ile hemen hemen analog olacaktır. Inverted görüntüsünün esas önemi faz analizinde ortaya çıkmaktadır. Orijinal gated planar tetrafosmin görüntülerinden elde edilen 360°' ye yayılan faz histogramında sol ventrikül fazının skalanın her iki uç bölgesine ayrıldığı görülür; bu durum değerlendirmede zorluklar yaratır. 360 °'ye normalize edilmiş I-GPTF görüntüsünden elde edilen ventriküler faz imajları ise MUGA'dakine

benzer patern gösterir ve faz değerleri MUGA'daki gibi orta nokta civarında (yaklaşık olarak 180°) dağılım gösterir.

5.3. Avantaj ve Sınırlamalar

GPTF çalışmasında fonksiyonel imajların avantajı değerlendirilmediği MUGA'daki ile aynı kriterlerinin kullanılmasıdır. MUGA çalışmasındaki Fourier imaj analizinin koroner arter hastalığındaki faydaları bir çok çalışmada rapor edilmiştir(121-124). Brateman ve arkadaşlarının kontrast ventrikülografide gold standart olarak yaptıkları çalışmada , sine inceleme ile parametrik imaj analizini karşılaştırılmış ve Fourier imajlarının daha yüksek tanısallığı doğruluğunun olduğunu gösterilmiştir (Fourier% 86, Sine %58) (124) Fourier analizi, sine incelemenin yerini tam olarak alamamakla birlikte kontrast ventrikülografide vizüel incelemede gözden kaçan alanlara dikkat çekerek bu metodu değerlendirme aşamasında güçlendirmektedir (125).

Ventrikül anevrizması olan hastalarda MUGA çalışmasında sine incelemedeki paradoksal hareket ve faz görüntülerindeki ters faz görüntüsüyle tanı koymak oldukça kolaydır. Özellikle psödo ventriküler anevrizması olan hastalarda duvar hareketini betimlemek zor olduğundan GPTF çalışmasında anevrizmayı göstermekte zorluklar yaşanabilir. Ancak İki projeksiyonda görüntülerin alınmasıyla tanıya gitmek mümkün olabilir (Bakınız OLGU2, Sh A13-A15)

Inferior ve anterior duvar hareketlerinin değerlendirmesi SAO projeksiyonda gerek MUGA gerekse GPTF metodunda yetersiz kalmaktadır. SLT projeksiyonunda MUGA çalışmasında diğer kardiyak aktivitelerin (sağ ventriküler kavite ve atrial kavite aktiviteleri) ve ana damar yapıların, sol ventrikül kavite aktivitesi ile üstüste gelmesi nedeniyle yanıltıcı sonuçlar elde edilmektedir. GPTF metodunda ise sadece myokard duvarları görüntülediğinden ve sol ventrikül myokardiyal aktivitenin baskınlığından ötürü ,optimal projeksiyon seçimi yapıldığında anterior ve inferiorduvar kinetiklerinin doğru olarak değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. Böylelikle özellikle anterior duvarda izlenen meme atenuasyonu ve inferior duvarda izlenen diafragma atenuasyonu artefaktı ekarte edilebilmektedir.

Nakajima yaptığı çalışmada MUGA ile I-GPTF arasında fonksiyonel imajlarda uyumu % 86 bulurken, bizde bu oran MUGA ile I-GPTF arasında % 77 MUGA ile NI-GPTF arasında ise % 75 olarak saptandı. Sine görüntülemeye Nakajima'nın çalışmasında MUGA ile GPTF arasında % 78 uyum mevcutken biz çalışmamızda bu oranı MUGA ile I-GPTF arasında % 82, MUGA ile NI-GPTF arasında % 84 olarak hesapladık. Bu sonuçlardan anlaşıldığı gibi çalışmamızda fonksiyonel imajların sineye olan üstünlüğünü saptayamadık. Sine inceleme çalışmamızda MUGA ile daha yüksek oranda uyum göstermekteydi. I-GPTF 'de MUGA ile fonksiyonel uyum daha fazla iken NI-GPTF' de sine uyumu daha yüksek düzeyde bulundu. MUGA ile her iki yöntemin korelasyon değerlerine genel olarak bakıldığında ise NI-GPTF çalışmasının sine incelemede I-GPTF'den daha iyi korele olduğu görülmektedir. ($r=0,77$ ye karşılık $r=0,73$). Fonksiyonel incelemedeki MUGA ile korelasyonlarına bakıldığında ise I-GPTF çalışmasında daha yüksek korelasyon değeri elde edilmiştir ($r= 0.72'$ ye karşılık $r=0.68$). Çalışmaların kendi içlerinde sine ve fonksiyonel korelasyonları karşılaştırıldığında ise aynı değer ($r=0,72$ $p=0.000$) elde edilmiştir. Bu nedenle GPTF çalışmalarında her iki incelemenin(I-GPTF ve NI-GPTF) birbirine olan tamamlayıcı etkisiyle yöntemin tanı doğruluğunun artırılacağı söylenebilir.

Segmental düzeyde sine modda analiz yapıldığında , değerlendirme yapılan 10 segmentten 5'inde (bazalseptal, distalseptal, inferolateral, posterobazal ve apikal) MUGA ile NI-GPTF çalışması arasındaki korelasyon daha yüksek, iki segmentte(posterolateral ve anterobazal) korelasyon değerleri aynı, 3 segmente (inferoapikal, midinferior ve midanterior) ise I-GPTF çalışmasındaki korelasyon değerleri yüksek bulundu.

Fonksiyonel incelemede MUGA ile GPTF çalışmaları arasında: 10 segmentin 5'inde (distalseptal, inferoapikal , inferolateral, posterobazal ve apikal) I-GPTF çalışması ile korelasyon yüksek, 4 segmentte NI-GPTF çalışmasının korelasyonu yüksek (posterolateral, mid inferior, midanterior ve anterobazal), bir segmentte (bazal septal) ise her iki GPTF çalışmasında eşit değer bulunmuştur. Her iki inceleme(sine ve fonksiyonel) arasındaki segmental korelasyonlar karşılaştırıldığında inferoapikal duvarda sine ve fonksiyonel incelemede I-GPTF'nin MUGA ile en yüksek korelasyonu gösterdiği

saptanmıştır. O nedenle SAO pozisyonunda yapılan inferoapikal segment değerlendirmesinde özellikle I-GPTF çalışması daha fazla yardımcı olabileceği söylenebilir. Her iki metodun MUGA korelasyon sonuçlarına göre üstün olduğu segmentlerin dağılımı aşağıdaki tabloda (Tablo :XXXVII) verilmiştir:

Tablo :XXXVII- SİNE ve FONKSİYONEL incelemelerde I-GPTF ve NI-GPTF metodlarının MUGA korelasyonlarına göre üstün oldukları segment dağılımları

	SİNE GÖRÜNTÜLERİ		FONKSİYONEL GÖRÜNTÜLER	
	I-GPTF	NI-GPTF	I-GPTF	NI-GPTF
BAZALSEPTAL	NI-GPTF		I-GPTF	NI-GPTF
DİSTALSEPTAL	NI-GPTF		I-GPTF	
İNFEROAPİKAL	I-GPTF		I-GPTF	
İNFEROLATERAL	NI-GPTF		I-GPTF	
POSTEROLATERAL	I-GPTF	NI-GPTF		NI-GPTF
POSTEROBAZAL	NI-GPTF		I-GPTF	
MİDİNFERİOR	I-GPTF		NI-GPTF	
APİKAL	NI-GPTF		I-GPTF	
MİDANTERİOR	I-GPTF		NI-GPTF	
ANTEROBAZAL	I-GPTF	NI-GPTF		NI-GPTF

Yapılan sine vizüel karşılaştırmalarda MUGA ile EKOKG arasında tam uyum değeri yüksek olmasına karşın (% 78) korelasyon değeri düşük ($r= 0.39$, $p= 0.00$) bulundu. Tam uyum değerinin yüksek olmasının nedeni , GPTF çalışmasında özellikle normal olan segmentlerin sayılarının fazla olması, korelasyon değerinin daha düşük olmasının nedeni ise özellikle MUGA çalışmasında patolojik olarak değerlendirilen bazı segmentlerin EKOKG'de normal olarak yorumlanmasıdır.

Ejeksiyon fraksiyonu hesaplamasında EKOKG ile korelasyon değerleri orta derecede idi ($r=0.48$, $p= 0.02$). Bu durumun birçok nedene bağlı olabileceği düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda aynı laboratuvarında aynı hastada farklı kişileri yaptığı ekokardiyografik incelemelerde farklı sonuçların elde edildiği görülmüştür. Bu nedenle ekokardiyografik yöntem sonuçları değerlendirmeyi yapan kişiye göre değişebilmektedir. İkincisi, çalışmaya aldığımız gruptaki hastaların ventrikülografi sonuçları olmadığından ve günümüzde bu metod altın standart olarak kabul edildiğinden, inceleme yöntemlerimizin hangisinin daha doğru olduğunu söylemek zordur. Literatürde MUGA, EKOKG ve ventrikülografi

arasında yapılan ejeksiyon fraksiyonu ölçümlerinde yapılan karşılaştırmalarda , MUGA ile ventrikülografinin EKOKG incelemeden daha iyi korele olduğu bildirilmektedir($r= 0.88$ 'e karşılık $r= 0.55$) (126). EKOKG ile MUGA arasındaki EF ölçüm karşılaştırmalarında literatürde iyi düzeyde korelasyon değerleri ($r=0.79-0,88$)(127,128) , bulunmasına karşın ekokardiyografiyi uygulayan kişi yanında kullanılan metoda göre de korelasyon değerleri farklılıklar göstermektedir(129).

Gated-myokardiyal perfüzyon sintigrafisinde teknesyum ajanlarının yanısıra Tl-201 de kullanılmış olmasına rağmen gama kamera görüntülemesinde fiziksel özelliklerinin dezavantajları nedeniyle klinik kullanımda rutinde kabul görmemiştir. Diğer yandan optimal görüntü elde etmek için uygun enerjiye sahip olmalarının yanısıra kolay elde edilebilir özelliklerinden ötürü teknesyum ile işaretli myokardiyal perfüzyon ajanları gated perfüzyon sintigrafilerinde tercih edilmektedirler. Bu ajanlar arasında myokardiyal tutulum mekanizması açısından MIBI ile benzer özellikler taşıyan tetrafosmin, soğuk kit olarak direkt enjeksiyona hazırlanması, myokardiyal uptake'inin ve hepatik klirensinin daha hızlı olması gibi özellikleri nedeniyle gated-perfüzyon sintigrafisinde Tc-99m MIBI'ye üstün özellikler sergilemektedir. SPECT perfüzyon sintigrafisinden sonra aynı myokardiyal aktiviyeyi kullanarak 5 dakika gibi kısa bir sürede alınacak tek bir projeksiyonluk çekim, perfüzyonla birlikte duvar kinetiğinin de değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır. Özellikle sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu hesabının istenmediği durumlarda , bu pratik yöntemde incelenecek duvarın lokalizasyonuna göre çekim projeksiyonunun belirlenmesiyle protokol modifiye edilerek duvar kinetiklerinin analizi mümkün olmaktadır. Tek bir radyofarmasötik enjeksiyonu ile gerçekleştirilen bu yöntemle çoğu zaman, iki ayrı görüntüleme modalitesi ile sağlanan duvar kinetiği bilgileri edinilirken, maddi açıdan hem hastaya hem de devlet bütçesine katkıda bulunulur. Öte yandan hastanın iki ayrı tetkikte yaşayacağı stres ve zaman kaybı yarıya indirgenmiş olur.

6. KAYNAKLAR

1. English CA, English RJ, Giering RP, Manspeaker H, Murphy JH, Wise PA. Introduction to Nuclear Cardiology ,3rd. Ed.Du Pont Pharma .1993;195
2. Brown KA, Altland E, Rowen M. Prognostic value of normal technetium – 99m-sestamibi cardiac imaging.J Nuc Med 1994;35:554-557
3. Van Train K, Garcia EV, Maddahi J, Areede J, Areede J, Cooke CD, Kiat H .et al.Mukticenter trial validation for quantative analysis of same day rest-stress technetium-99m-sestamibi myocardial tomograms. J Nuc Med 1994; 35: 609-618
4. Udelson JE,Coleman PS, Metheral J, Pandian NG,Gomez AR, Griffith JL,et al.Predicting recovery of severe regional ventricular dysfunctiun .Comparison of resting scintigraphy with 201 TL and 99M Tc-sestamibi .Circulation 89;1994:2552-2561
5. Althoefer C,vonDahl J, Biedermann M,Uebis R,Beilin I, Scheehan F, et al. Significance of defect severity in technetium-99m-MIBI SPECT at rest to assess myocardial viability: Comparison with fluorine-18-FDG PET.J Nuc Med 1994; 35:569-574
6. Nakajima K, Taki J, Shuke N, Bunko H, Takata S, Hisada K. Myocardial perfusion imaging and dynamic analysis with technetium-99m tetrafosmin. J Nuc Med 1993;34:1478-1484
7. Rigo P, Leclercq B, Itti R, Lahiri A, Braat S. Technetium-99m-tetrafosmin myocardial imaging :A comparison with thallium-201 and angiography. J Nuc Med 1994;35:587-593
8. Tamaiki N, Tkahashi N, Kawamoto M, Torizuka T, Tadamura E, Yonekura Y,et al. Myocardial tomography using technetium-99m-tetrafosmin to evaluate coronary artery disease .J Nucl Med 1994; 35:594-600
9. Matsunari I, Fujino S, Tki J, Senma J, Aoyama T, Wakasugi T, et al. Myocardial viability assesment with technetium-99m-tetrafosmin and thallium – 201 reinjection in coronary artery disease. J Nuc Med 1995;36:1961-1967
10. Manting F, Manting MGM.Gated SPECT with technetium –99m-sestamibi for assessment of myocardial perfusion abnormalities .J Nuc Med1993; 34: 601-608

11. De Puey EG, Rozanski A. Using gated technetium- 99m sestamibi SPECT to characterize fixed myocardial defects as infarct or artifact. *J Nuc Med* 1995; 36:952-955
12. Williams KA, Taillon LA. Left ventricular function in patients with coronary artery disease assessed by gated tomographic myocardial perfusion images. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27:173-181
13. Wackers F, Mattera J, Bowman L, Zaret B. Gated Tc-99m-isonitrile myocardial perfusion imaging :Disparity between endo-,epicardial wall motion. *Circulation* 1987;76(S4):203-207
14. Marcassa C, Marzullo P, Parodi O, Sambuceti G, L'Abbate A. A new method for noninvasive quantitation of segmental myocardial wall thickening using technetium-99m 2-methoxy-isobutyl-isonitrile scintigraphy –results in normal subjects. *J Nuc Med* 1990; 31:173-177
15. Tischler MD, Niggel JB, Battle RW, Fairbank JT, Brown KA. Validation of global and segmental left ventricular contractile function using gated planar technetium –99m sestamibi myocard perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol* 1994;23:141-145
16. Jamar F, Topçuoğlu R, Cauwe F, De Coster P, Roelants V, Beckers C, et al. Exercise gated planar myocardial perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol* 1994;23:141-145
17. Williams KA, Taillon LA. Gated technetium 99m labelled sestamibi myocardial perfusion image inversion for quantitative scintigraphic assesment of left ventricular function . *J Nuc Cardiol* 1995;2:285-295
18. Nakajima K, Taki J, Matsuyama T , Kita Y, Hwang E-H, Tanami N. Functional imaging og gated Tc-99m tetrafosmin study as a simple method to quantify ventricular wall motion. *Ann Nuc Med* 1997;11:87-94
19. Nicolai E, Cuocolo A, Pace L, Maurea S, Nappi A, Imbriaco M, Morisco C, Argenziano L, Salvatore M. Assessment of systolic wall thickening using technetium-99m methoxyisobutylisonitrile in patients with coronary artery disease: relation to thallium-201 scintigraphy with re-injection. *Eur J Nucl Med* 1995 Sep;22(9):1017-22

20. Kumita S, Nishimura T, Uehara T, Shimonagata T. [Evaluation of left ventricular function using gated planar myocardial imaging with Tc-99m-MIBI]. *Kaku Igaku* 1991 Jun;28(6):591-7
21. Tischler MD, Niggel JB, Battle RW, Fairbank JT, Brown KA. Validation of global and segmental left ventricular contractile function using gated planar technetium – 99 m sestamibi myocardial perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol* 1994 Jan ;23(1): 141-145
22. Bruce FM.,Robbert C.Schlant .Anotomy of the Heart.In:R.Wayne A (ed.) Hurst's The Heart Arteries and Veins.(ninth ed.) .Vol 1.McGraw –Hill Co.,1998;19-76
23. Richard SS., *Clinical Anatomy For Medical Students*. 3th ed.Boston /Toronto .Little Brown and Co.1986 ;101-111
24. Arthur CG.Tibbi Fizyoloji.7.Baskı. Cilt 1. İstanbul, Nobel Tıp Kitabevi/ SaundersCo.1986 ;217-253
25. Waller BF.Anotomy, histology and pathology of the major epicardial coronary arteries relevant to echocardiographic imaging techniques .*J Am Soc Echocardiogr*1989; 2:232 –252
26. LTC Londe R, F.A.C.C. Wilford Hall Air Force Medical Center .*Nuclear Medicine ReviewManual* .<http://radiology. Utsca.edu/rad/Williamms/wmstoc.htm>
27. Mitchel GAG. *Cardiovascular Innervation*.Baltimore:Williams and Wilkins;1956
28. Janes RD, Brandys JC, Hopkins DA, Johnstone DE, Murphy DA, Armour JA.Anatomy of human extrinsic cardiac nerves and ganglia. *Am J Cardiol* 1986; 57:299-309
29. Randall WC,ed.*Nervous Control of Cardiovascular Function*.New York :Oxford University Press;1982
30. Robert CS. Edmund HS,Arnold MK.Normal Physiology of The Cardiovascular System. In:R.Wayne A(ed.) Hurst's The Heart Arteries and Veins.(ninth ed.).Vol 1.McGraw –Hill Co.,1998; 81-124
31. Lakatta EG.Starling's law of the heart is explained by an intimate interaction of muscle length and myofilament calcium interaction.*J Am Coll Cardiol* 1987;10:1157-1164

32. Babu A, Sonnenblick EH, Gulati J. Molecular basis for the influence of muscle length on myocardial performance. *Science* 1988 ;240:74-76.
33. Lakatta EG. Length modulation of muscle performance :Frank Starling law of the heart. In: Fozzard HA, Haber E, Jennings RB, Katz AM, Morgan HE, eds. *The Heart and Cardiovascular System*, 2d ed. New York: Raven;1991:1325-1351.
34. Gault JH, Ross J Jr, Braunwald E. Contractile state of the left ventricle in man. Instantaneous tension-velocity-length relation in patients with and without disease of the left ventricular myocardium. *Circ Res* 1968;22:451-463
35. Mahler F, Ross J Jr, O'Rourke RA, Covell JW. Effects of changes in preload ,afterload and inotropic state on ejection and isovolumic phase measures of contractility in the conscious dog. *Am J Cardiol* 1975; 35: 626-634
36. Strobeck JE, Sonnenblick EH, Myocardial contractile properties and ventricular performance .In:Fozzard HA ,Haber E,Jennings RB,Katz AM,Morgan HE,eds .*The Heart and Cardiovascular System: Scientific Foundations* .New York: Raven;1986: 31-49
37. Brutsaert DL, Sonnenblick EH, Force –velocity –length-time relations of the contractile elements in heart muscle of the eat. *Circ Res* 1969;24:137-149
38. Noble MIM .Problems concerning the application of concepts of muscle echanics to the determination of the contractile state of the heart. *Circulation* 1972; 45:25252-255
39. Peterson KL, Skloven D, Ludbrook P, Uther Jb, Ross J J r. Comparison of isovolemic and ejection phase indices of myocardial performance in man. *Circulation* 1974;49:1088-1101
40. Sonnenblick EH, Strobeck JE. Derived indices of ventricular and myocardial function . *N Eng J Med* 1977;296-982
41. Mahler F, Yoran C, Ross J Jr. Inotropic effect of tachycardia and poststimulation potentiation in the conscious dog. *Am J Physiol* 1974;227:569-575
42. Hawthorne EW. Instantaneous dimensional changes of the ventricle in dogs. *Circ Res* 1961;9:110-119

43. Schlant RC, Dixon F, Elson SH, Rawls WJ, Williamson FR Jr. Modification of the law of the heart: Influence of early contracting areas (abst.). *Circulation* 1964;30(suppl 3):153
44. Schlant RC, Rawls WJ, Dixon F, Elson S. An additional determinant of ventricular performance (abst.). *Clin Res* 1965;13:62
45. Schlant RC. Idioventricular kick (abst.). *Circulation* 1966; 34(suppl 3): 209.
46. Brutsaert DL, Rademakers FE, Sys SU, Gillebert TC, Hausman PR. Analysis of relaxation in the evaluation of ventricular function of the heart. *Prog Cardiovasc Dis* 1985; 28: 143-163
47. Sonnenblick EH. The structural basis and importance of resorting forces and elastic recoil for the filling of the heart. *Eur Heart J* 1980;1(suppl A) : 107-110
48. Mitchell JH, Gilmore JP, Sarnoff SJ. The transport function of the atrium. Factors influencing the relation between mean left atrial pressure and left ventricular end diastolic pressure. *Am J Cardiol* 1962;9:237-247
49. Dietz JR. Release of natriuretic factor from rat heart-lung preparations by atrial distention. *Am J Physiol* 1984; 247:R1093-R1096
50. Debold AJ. Atrial natriuretic factor: A hormone produced by the heart. *Science* 1985; 230: 767-770
51. Tikkanen I, Fyhrquist F, Metsarinne K, Leidenius R. Plasma atrial natriuretic peptide in cardiac disease and during infusion in healthy volunteers. *Lancet* 1985;2:66-69
52. Espiner EA, Crozier IG, Nicholls MG, Cuneo R, Yondle TG, Ikram H. Cardiac secretion of atrial natriuretic peptide. *Lancet* 1985;2: 398-399
53. Genest J, Cantin M. Atrial Natriuretic factor. *Circulation* 1987;75 (suppl 1):118-124
54. Susanni EE, Vatner DE, Homey CJ. The beta-adrenergic receptor/adenyl cyclase system. In : Fozzard HA, Haber E, Jennings RB, Katz AM, Morgan HE, eds . *The heart and Cardiovascular System*, 2nd ed. New York : Raven ;1991: 1685-17
55. Dzau VJ, Re RN. Evidence for the existence of renin in the heart , *Circulation* 1987 ;75:1134-1136

56. Dzau VJ, Cardiac renin angiotensin system: Molecular and functional aspects. *Am J Med* 1988;84:22-27
57. Fozzard HA, Haber E, Jennings RB, Katz AM, Morgan HE, EDS. *The Heart and Cardiovascular System: Scientific foundations*, 2d ed. New York : Raven ; 1991:1-2193
58. Ebashi S. Excitation - Contraction And The Mechanism Of Muscle Contraction. *Annu Rev Physiol* 1991; 53:1-16
59. Callewaert G. Excitation –contraction coupling in mammalian cardiac cells. *Cardiovasc Res* 1992;26:923-932
60. Vanhoutte PM. Endothelium and control of vascular function. *Hypertension* 1989;13:658-667
61. Vane JR, Anggard EE, Botting RM. Regulatory functions of the vascular endothelium., *N Eng J Med* 1990; 323:27-36
62. Masaki T, Kimura S, Yanagisawa M, Goto K. Molecular and cellular mechanisms of endothelin regulation: Implications for vascular function. *Circulation* 1991;84:1457-1468
63. Lerman A, Burnett JC Jr. Intact and altered endothelium in regulation of vasomotion. *Circulation* 1992; 86(suppl III) III12-III19
64. Rocamora JM, Downing SE. Preservation of ventricular function by adrenergic influences during metabolic acidosis in the rat. *Circ Res* 1969;24:373-381
65. Eugene Braunwald. Assessment of Cardiac Function. In : Eugene Braunwald. *Heart Disease, A textbook of Cardiovascular Medicine* (fourth ed.). Vol1. W.B. Saunders Co. 1992; 419-443
66. Braunwald E.: On the difference between the heart's output and its contractile state (Editorial). *Circulation* 1971;43:171
67. Ross, J., Jr.: Cardiac function and myocardial contractility: A perspective. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1983;1:52,
68. Frommer PL, Robinson BF, Braunwald E: Paired electrical stimulation. A comparison of the effects on performance of the failing and nonfailing heart. *Am J Cardiol* 1966;18:738

69. Mattleman S, Hakkı AH, Iskandrian AS, Kane SA. Effects of angiographic contrast medium on left ventricular function: Evaluation by contrast angiography and radionuclide angiography. *Cathet. Cardiovasc. Diagn* 1984;10:129
70. Salem DN, Konstam MA, Isner JM, Bonin MA. Comparison of the electrocardiographic and hemodynamic responses to ionic and nonionic radiocontrast media during left ventriculography: A randomized double-blind study. *Am Heart J* 1986;111:533
71. Gertz EW, Wisneski JA, Chiu D. Clinical superiority of a new nonionic contrast agent (iopamidol) for cardiographic angiography. *J Am Coll Cardiol* 1985;5:250
72. Tani M, Handa S, Norma S. Changes in left ventricular diastolic function after left ventriculography: A comparison with iopamidol and urografin. *Am Heart J* 1985;110:617
73. Hirai T, Fujita M, Nakajima H. Importance of collateral circulation for prevention of left ventricular aneurysm formation in acute myocardial infarction. *Circulation* 1989;79:791
74. Sheehan FH, Stewart DK, Dodge HT. Variability in the measurement of regional left ventricular wall motion from contrast angiograms. *Circulation* 1983;68:550
75. Vas RD, Diamond GA, Forrester JS. Computer enhanced digital angiography: Correlation of clinical assessment of left ventricular ejection fraction and regional wall motion. *Am Heart J*. 1982;104:732
76. Simon AL, Ross J, Jr, Gault JH. Angiographic anatomy of the left ventricle and mitral valve in idiopathic hypertrophic subaortic stenosis. *Circulation* 1967;36:852
77. Williams RS, Behar VS, Peter RH. Left bundle branch block: Angiographic segmental wall motion abnormalities. *Am J Cardiol* 1979;44:1046
78. Cohn PF, Herman MV, Gorlin R. Ventricular dysfunction in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1974;33:307
79. Banka VS, Bodenheimer MM, Shah R, Helfant RH. Intervention ventriculography: Comparative value of nitroglycerine, post-extrasystolic potentiation and nitroglycerine plus post-extrasystolic potentiation. *Circulation* 1976;53:632

- 80.** McAnulty JH, Hattenhauer MT, Rösch J .Improvement in left ventricular wall motion following nitroglycerin.Circulation 1975 ;51:140
- 81.** Dodge HT, Sandler H,Ballew DW,Lord JD, Jr. Use of biplane angiocardigraphy for the measurement of left ventricular volume in man. Am Heart J 1960;60:762
- 82.** Binak K, Ilerigelen B,Sırmacı N,Önsel Ç.Teknik Kardiyoloji.1996;23-89,264-322
- 83.** Bruce HB.Computed Tomography of the Heart .In:R.Wayne A(ed.) Hurst's The Heart Arteries and Veins.(ninth ed.).Vol 1.McGraw –Hill Co.,1998; 623-640
- 84.** Feiring AJ, Rumberger JA, Reiter SJ, Collins SM, Skorton DJ, Rees M.Sectional and segmental variability of left ventricular function:Experimental and clinical studies using ultrafast computed tomography .J Am Coll Cardiol 1988;12:415-425
- 85.** Reiter SJ,Rumberger JA,Feiring AJ,Stanford W,Marcus ML. Precision of measurement of right and left ventricular volume by cine computed tomography.Circulation 1986;74:890-900
- 86.** Rumberger JA,Weiss RM,Feiring AJ, Stanford W,Hajduczuk ZD ,Rezai K. Patterns of regional diastolic function in the normal human left ventricle:An ultrafast computed tomography study. J Am Coll Cardiol 1989;14:119-126
- 87.** Lanzer P,Garrett J,Sievers R,O'Connell WO, Botvinick E,Higgins CB.Quantitation of regional myocardial function by cine computed tomography :Pharmacologic changes in wall thickness.J Am Coll Cardiol 1986;8:682-692
- 88.** Rumberger JA,Bell MR.Measurement of myocardial perfusion and cardiac output using intravenous injection methods by ultrafast (cine)computed tomography. Invest Radiol 1992;27:S40-S46
- 89.** Feiring AJ, Rumberger JA, Reiter SJ ,Skorton DJ, Collins SM, Lipton MJ.Determination of left ventricular mass in dogs in rapid acquisition cardiac computed tomography . Circulation 1985;72:1355-1364
- 90.** Wolfkiel CJ, Ferguson JL,Chomka EV, Law WR,Labin IN,Tenzer ML. Measurement of myocardial blood flow by ultrafast computed tomography .Circulation 1987;76:1262-1273

91. Agatson AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer AR, Viamonte M, Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 1990;15:827-832
92. Brundage BH, Hart K, Chomka E, Kieras K, Pietras RJ, Pavel D. Detection, location and sizing of acute myocardial infarction by fast computed tomography. (Abstract) *Clin Res* 1985;33:172A
93. Agatson AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer AR, Viamonte M, Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 1990;15:827-832
94. Breen JF, Sheedy PF, Schwartz RS, Stanson AW, Kaufmann RB, Moll PP. Coronary artery calcification detected with ultrafast CT as an indication of coronary artery disease. *Radiology* 1992;185:435-439
95. Budoff MJ, Georgiou D, Brody A, Agatson AS, Kennedy J, Wolfkiel C. Ultrafast computed tomography as a diagnostic modality in the detection of coronary artery disease. A multicenter study. *Circulation* 1996;93:898-904
96. Robert EF, Gerald MP. Magnetic resonance imaging of the heart and great vessels. In: R. Wayne A (ed.) *Hurst's The Heart Arteries and Veins*. (ninth ed.). Vol 1. McGraw-Hill Co., 1998 ;641-660
97. Friedman BJ, Waters J, Kwan OL, Demeria AN. Comparison of magnetic resonance imaging and echocardiography in determination of cardiac dimensions in normal subjects. *J Am Coll Cardiol* 1985; 5: 1369-1376
98. Byrd BF III, Schiller NB, Botvinick EH, Higgins CB. Normal cardiac dimensions by magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 1985; 55:1440-1442
99. Kaul SW, Wisner G, Brady TJ, Johnson DL, Weyman AE, Okadad RD. Measurement of normal left heart dimensions using optimally oriented MR Images. *AJR* ;146:75-79 1986
100. Van Rossum AC, Visser FC, Sprenger M, Van Eenige MJ, Valk J, Ross JP. Evaluation of magnetic resonance imaging for determination of left ventricular ejection fraction and comparison with angiography. *Am J Cardiol* 1988; 62:628-633
101. Buser PT, Aufferman W, Holt WW, Wagner S, Kircher B, Wolfe C. Noninvasive evaluation of global left ventricular function with use of cine nuclear magnetic resonance. *J Am Coll Cardiol* 1989;13 :1294-1300

- 102.** Cranney GB, Lotan CS, Dean L, Baxley W, Bouchard A, Pohost GM. Left ventricular volume measurement using cardiac axis nuclear magnetic resonance imaging. Validation by calibrated ventricular angiography. *Circulation* 1990;82:154-163
- 103.** Yamaoka O, Yabe T, Okada M, Endoh s, Nakamura Y, Mitsunami K. Evaluation of left ventricular mass: Comparison of ultrafast computed tomography ,magnetic resonance imaging and contrast left ventriculography. *Am Heart J* 1993; 126:1372-1379
- 104.** Augemma G, Davidoff A, Silver K, Boehmer J. Left ventricular mass quantification using single –phase cardiac magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 1992; 70:259-262
- 105.** Saugishita J, Koscki S, Matsido M, Tamura T, Yamauchi I, Ito I. Dissociation between regional myocardial dysfunction and EKG changes during myocardial ischemia induced by exercise in patients with angina pectoris. *Am Heart J* 1993;106:1-8
- 106.** Lotan CS, Cranney CB, Bouchard A, Bittner V, Pohost GM .The value of cine magnetic resonans imaging for assessing regional ventricular function . *J Am Coll Cardiol* 1989 ;14:1721-1729
- 107.** Simor T, Chu W-J, Johnson L, Safranko A, Doyle M, Pohost G. In vivo MRI visualization of myocardial ischemia and reperfusion in ferrets by the persistent action of contrast agent Gd (BME-DTPA). *Circulation* 1995; 92:3549-3559
- 108.** Higgins CB, Sakuma H. Heart Disease : F unctional evaluation with MR imaging . *Radiology* 1996 ;199:307-315
- 109.** Pflugfelder PW, Sechtem UP, White RD, Higgins CB. Quantification of regional myocardial function by rapid cine MR imaging . *AJR* 1988;150:523-529
- 110.** Sechtem U, Baer F, Voth H, Schneider C, Theissen P, Schicha H. Assesment of residual viability in patients with myocardial infarction using magnetic resonans imaging . *Int J Cardiac Imaging* 1993;9:931-940
- 111.** Baer FM, Smolarz K, Jungehulsing M, Buckwilm J, Theissen P, Sechtem U. Chronic mypocardial infarction: Assesment of morphology, function and perfusion by gradient echo magnetic resonance imaging and 99m Tc-methoxyisobutyl-isonitrile SPECT . *Am Heart J* 1992;122:636-645

- 112.** Baer FM, Voth E, Schneider CA, Theissen P, Schicha H, Sechtem u.. Comparison of low-dose dobutamine-gradient –echo magnetic resonance imaging and positron emission tomography with ¹⁸F fluorodeoxyglucose in patients with chronic coronary artery disease. *Circulation* 1995;91:1006-1015
- 113.** Sodee DB, Pirt SC, O'Donnell, Khaw BA, Narula J, Yasuda T, Strauss HW. Cardiovascular System. In: Early PJ, Sodes B. Principles and Practice Of Nuclear Medicine
- 114.** Brateman L, Buckley K, Keim SG, Wargovich TJ, Williams CM. Left Ventricular Regional wall motion assessment by radionuclide ventriculography : A comparison of cine display with Fourier Imaging. *J Nucl Med* 1991; 32: 777-782
- 115.** Williams KA. Clinical Applications of Myocardial Perfusion Imaging. In: Henkin RE, Boles MA, Dillehay GL, Halama JR, Karesh SM, Wagner RH, Zimmer AM. Nuclear Medicine. Vol 1. Mosby Year Book .1996; 696-733
- 116.** Groch MW. Cardiac Function: Gated Cardiac Blood Pool and First Pass Imaging. In: Henkin RE, Boles MA, Dillehay GL, Halama JR, Karesh SM, Wagner RH, Zimmer AM. Nuclear Medicine. Vol 1. Mosby Year Book .1996; 626-643
- 117.** Williams KA. Clinical applications of Myocardial Perfusion Imaging . In Henkin RE, Boles MA, Dillehay GL, Halama JR, Karesh SM, Wagner RH, Zimmer AM. Nuclear Medicine VOL2. Mosby. 1996, 717
- 118.** Marcassa C, Marzullo P, Parodi O, Sambuceti G, L' Abbate A. A New Method for Noninvasive Quantification Of Segmental Myocardial Wall Thickening Using Technetium –99m 2- Methoxy-Isobutyl- Isonitrile Scintigraphy –Results In Normal Subjects . *J Nuc Med* .1990;31:173-177
- 119.** Wagner RH, Sobotka PA. Functional Cardiac Imaging. In Henkin RE, Boles MA, Dillehay GL, Halama JR, Karesh SM, Wagner RH, Zimmer AM. Nuclear Medicine VOL2. Mosby. 1996, 672
- 120.** Massie BM, Botvinick EH, Brundage BH, Greenberg B, Shames D, Gelberg H. Relationship of regional myocardial perfusion to segmental Wall Motion. *Circulation* 1978;58: 1154-1162(second ed.) Mosby-Year Book .1995; 370-442

- 121-** Walton S, Yiannikas J, Jarritt PH, Brown NJG, Swanton RH, Ell PJ. Phasic abnormalities of left ventricular emptying in coronary artery disease. *Br Heart J* 1981;46:245-253
- 122.** Turner DA, Shima MA, Ruggie N, Von Behren PL, Jrosky MJ, Ali A, et al. Coronary artery disease :detection by phase analysis rest/exercise radionuclide angiocardiograms. *Radiology* ,1983;148:539-545.
- 123.** Henze E, Tymiec A, Delagardelle C, Adam WE, Bitter F, Stauch M. Specification of regional wall motion abnormalities by phase analysis of radionuclide angiograms in coronary artery disease and non coronary artery disease patients. *J Nucl Med* 1986;27:781-787,
- 124.** Brateman L, Buckley K, Keim SG, Wargovich T, Williams CM. Left ventricular regional wall motion assessment by radionuclide ventriculography: A comparison of cine display with Fourier imaging. *J Nucl Med* 1991;32 :782-784
- 125.** Becker LC.[Editorial] Radionuclide ventriculography : Should Fourier analysis replace the cine display. *J Nuc Med* 1991;32:782-784.
- 126.** Casans Tormo I, Gomez Aldaravi R, Bodi Peris V, Sanchis Fores J, Ciudad Platero J, Insa Perez L, Manjon Soriano J. Determination of ejection fraction and left ventricular fraction using isotopic ventriculography and bidimensional echocardiography. Comparison with contrast ventriculography *Rev Esp Cardiol* 1998;51 Suppl 1:10-8
- 127.** Lucariello RJ, Sun Y, Doganay G, Chiaramida SA. Sensitivity and specificity of left ventricular ejection fraction by echocardiographic automated border detection: comparison with radionuclide ventriculography. *Clin Cardiol* 1997 Nov;20(11):943-8
- 128.** Sisson DD, Daniel GB, Twardock AR Comparison of left ventricular ejection fractions determined in healthy anesthetized dogs by echocardiography and gated equilibrium radionuclide ventriculography. *Am J Vet Res* 1989 Nov;50(11):1840-7
- 129.** Gorcsan J 3d, Lazar JM, Schulman DS, Follansbee WP Comparison of left ventricular function by echocardiographic automated border detection and by radionuclide ejection fraction. *Am J Cardiol* 1993 Oct 1;72(11):810-5