

Nükleer Kardiyoloji Uygulama Kılavuzu

Türkiye Nükleer Tıp Derneği Kardiyoloji Çalışma Grubu

Çiğdem Akıncıoğlu (1), Tamer Atasever (2), Biray Caner (3), Gamze Çapa Kaya (4), Suna Kırış (5), Mustafa Ünlü (2).*

(1) Uludağ Üniversitesi, Tıp Fakültesi Nükleer Tıp ABD, (2) Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi Nükleer Tıp ABD, (3) Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi Nükleer Tıp ABD, (4) Dokuz Eylül Üniversitesi, Tıp Fakültesi Nükleer Tıp ABD, (5) Pamukkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi Nükleer Tıp ABD,

(* Yazar isimleri alfabetik sırayla dizilmiştir.)

Turk J Nucl Med, 2001, Vol. 10, (Supp)
Nuclear Cardiology- Procedure Guidelines
Turkish Society of Nuclear Medicine
Nuclear Cardiology Task Group

Bu kılavuzun amacı, nükleer tıp hekimlerine nükleer kardiyoloji çalışmalarının endikasyonlarının seçimi, uygulanması, değerlendirilmesi ve rapor edilmesinde yardımcı olmaktır.

Miyokard görüntüleme teknikleri şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Miyokard perfüzyon sintigrafisi.
- Radyonüklid ventrikülografi (MUGA).
- Diğer nükleer kardiyoloji incelemeleri.
 - 1) First pass çalışması

A. Miyokard perfüzyon sintigrafisi

Ön bilgi ve tanımlar:

Miyokard perfüzyon sintigrafisi miyokardı besleyen kan akımının dağılımının intravenöz olarak uygulanan bir radyofarmasötik ile gösterilmesini sağlar. Perfüzyon görüntüleme iskemisi veya skar ile ilişkili olan göreceli veya mutlak azalmış miyokardiyal kan akımı olan alanları belirlemede yararlıdır. Perfüzyonun göreceli bölgesel dağılımı kardiyovasküler stres, istirahat veya her iki

durumda da incelenebilir. Perfüzyon görüntüleri miyokarda tutulan ve belli bir zaman aralığında miyokarda kalan radyofarmasötikleri kullanarak planar, SPECT veya PET teknikleri ile elde edilebilir. Bu şekilde elde edilen veriler görsel ve/veya kantitatif teknikler ile analiz edilir. Bu kılavuzda yalnızca tek foton yayan radyofarmasötiklere ait bilgilere yer verilmiştir. Miyokard perfüzyon sintigrafisinde ^{99m}Tc ile işaretli katyonik kompleksler veya ^{201}Tl veya pozitron yayan radyofarmasötikler kullanılabilir. Obstrüktif koroner arter hastalığı (KAH) veya anormal koroner vazoreaktiviteye bağlı ciddi koroner arter darlığı olan hastalarda düşük düzeyde perfüze olan alanda azalmış radyofarmasötik konsantrasyonu görülür. Eğer bu bölge(ler)de perfüzyon radyofarmasötik stres sırasında enjekte edildiğinde istirahatteki göre daha az ise bu durum olasılıkla iskemiyeye bağlıdır. Eğer bu bölge(ler)deki azalmış perfüzyon istirahat halinde yapılan enjeksiyonda da

değişmiyorsa lezyon muhtemelen skara aittir.*

Başlıca endikasyonlar:

1. Miyokardiyal iskemi veya skarın varlığı, lokalizasyonu, yaygınlığı ve şiddetinin değerlendirilmesi.
2. Anjiyografideki koroner stenozun bölgesel perfüzyona etkisinin değerlendirilmesi.
3. Miyokard canlılığının değerlendirilmesi ve revaskülarizasyon sonrası fonksiyonel düzelmenin ön görülmesi.
4. Miyokard infarktüsü sonrası ve non-kardiyak cerrahi öncesi risk ve prognoz değerlendirilmesi.
5. Koroner revaskülarizasyon işlemleri, yaşam tarzı değişikliği ve tıbbi tedavinin etkinliğinin izlenmesi.
6. İskemik kardiyomiyopatinin idiyopatik olandan ayırt edilmesi.
7. Akut göğüs ağrısı sendromlarında koroner ve koroner dışı nedenlerin ayırt edilmesi.

Hasta hazırlığı ve stres protokolleri:

Uygulanacak stres testi hakkında sözlü ve/veya yazılı olarak hastaya ön bilgi verilmelidir. Kardiyovasküler tıbbi öykü ve bazal vital bulguları da içeren kardiyorespiratuar muayene stres çalışmalarından önce elde edilmelidir. Tıbbi öyküde dikkat edilmesi gereken özgül alanlar şunları içerir; tetkik endikasyonu, kullanılan ilaçlar, semptomlar, kardiyak risk faktörleri ve önceki tanısal veya tedaviye yönelik işlemler. Akut iskemi, aritmi veya ileti bozukluklarını (ör. Sol dal bloğu) belirlemek için önce 12 derivasyonlu EKG değerlendirilir. İnsülin alan diyabetik hastalar tetkik günü diyet ve insülin dozajının optimizasyonu için vaka bazında değerlendirilmelidir. Acil yaşam destek ekipmanları ve ilaçları stres testinin uygulandığı ünite

bulunmalıdır. Stres testi sırasında ve test sonlandırılırken hekim ve bir yardımcı sağlık personeli bulunmalıdır. Test sırasında belirli aralıklarla hasta şikayetleri yönünden sorgulanmalıdır.

A. İstirahatte enjeksiyon sonrası miyokard perfüzyon görüntülemesi

Bu test genellikle miyokard canlılığının araştırılması için uygulandığından perfüzyon görüntülemesi öncesinde ilaçların kesilmesi gerekmez. Hastanın aç olması tercih edilir. Radyofarmasötik uygulaması için iyi bir i.v. yol gerekir. İmplant edilmiş radyopak objeler (metal, silikon vb) gibi potansiyel atenüasyon faktörlerinin bulunup bulunmadığına dikkat edilmelidir. Ciddi koroner hastalığı olduğu bilinen vakalarda canlılık araştırılan bölgenin perfüzyonunun artırılması amacıyla istirahat enjeksiyonundan yaklaşık 3 dakika önce sublingual nitroglicerine verilebilir.

B. Egzersiz stres testi ve miyokard perfüzyon görüntülemesi

Stres çalışmasından önce en az 4 saatlik açlık gerekir. Sürekli hasta monitorizasyonu ile aşamalı egzersiz stres genelde treadmill (yürüme bandı) veya bisiklet ergometrede uygulanır. Egzersiz testi, hastanın yaşına göre saptanan maksimum kalp hızının %85 ve fazlasına ulaşınca veya semptom sınırlı olmalıdır. Genelde stres çalışmasına alınan hastalar testten en az 48 saat öncesinden itibaren hemodinamik ve klinik olarak stabil olmalıdır. Tıbbi olarak kontrendikasyon yoksa tanısal çalışmalar için egzersize yanıt olarak kalp hızı ve kan basıncını etkileyebilecek kalsiyum kanal blokleri veya beta bloker gibi ilaçlar 24-48 saat önceden kesilmelidir (kullanılan ilaçların yarılanma süresi dikkate alınarak kesilme süresi belirlenebilir). Stres sırasında radyofarmasötik uygulanabilmesi için güvenli bir i.v. yol sağlanmalıdır. Hastalar uygun giysi ve ayakkabı giymelidirler.

*Klinik duruma göre böyle sabit anormallikler canlı, hiberne miyokard bölgelerindeki yüksek dereceli obstrüksiyonu yansıtabilir. Radyofarmasötik olarak 201Tl kullanıldığında, geç görüntüleme ve/veya radyofarmasötik yeniden enjeksiyonu sonrasında yapılan görüntüleme bu lezyonların skardan ayırt edilmesinde faydalıdır. Radyofarmasötik olarak 99mTc-sestamibi kullanıldığında istirahat enjeksiyonundan önce nitroglicerine verilmesi bu ayırımı yapılışında yardımcı olabilir. Verilerin hem SPECT hem EKG gating ile kaydedilmesi perfüzyonun bölgesel fonksiyon ile olan ilişkisinin incelenmesini sağlar.

Egzersiz stres testi için mutlak kontraendikasyonlar şu şekilde sıralanabilir:

- Yeni anjina atağı (48 saat>), kararsız anjina veya konjestif kalp yetmezliği.
- Yeni geçirilmiş miyokard infarktüsü (2-4 gün içinde).
- Kontrolsüz sistemik (sistolik>220, diyastolik >120) hipertansiyon.
- Ciddi pulmoner hipertansiyon.
- Tedavi edilmemiş hayatı tehdit eden aritmiler.
- Dekompanse konjestif kalp yetmezliği.
- İleri derece AV blok (*pacemaker'sız*).
- Akut miyokardit veya perikardit.

Egzersiz stres testi için göreceli kontraendikasyonlar şu şekilde sıralanabilir:

- Ciddi mitral veya aort darlığı.
- Ciddi obstrüktif kardiyomyopati.
- Akut sistemik hastalık.

Nörolojik hastalık, ortopedik hastalık, artrit hastalık, ciddi pulmoner hastalık, periferik vasküler hastalık, ciddi kondisyon bozukluğu veya egzersiz protokolüne uyum sağlayamama gibi egzersizi bozabilecek durumlar olguya göre değerlendirilmelidir.

C. Farmakolojik stres testi ve miyokard perfüzyon görüntülemesi

Çeşitli nedenlerle egzersiz yapamayan hastalara (ör. ciddi pulmoner hastalık, artrit, amputasyon, nörolojik hastalık vb.) koroner hiperemi oluşturan veya kardiyak iş yükünü arttıran ilaçlar ile farmakolojik stres uygulanabilir.

1. Koroner vazodilatör ajanlar:

Koroner hiperemi yaratmak için dipiridamol, adenozin gibi vazodilatör stres ajanları uygulanabilir. Koroner hiperemiyi bozabilecek kafein içeren içecekler ve metilksantin içeren ilaçlar farmakolojik stres görüntülemesinden en az 12 saat önce kesilmelidir. Uzun etkili metilksantin preparatları etki süreleri dikkate alınarak kesilmelidir. Subdiyafragmatik

radyofarmasötik tutulumunu ve vazodilatörlerle ilişkili semptomları en aza indirmek için mümkünse hastalara aynı zamanda düşük düzeyde egzersiz yaptırılabilir. Vazodilatör olarak dipiridamol veriliyorsa radyofarmasötik uygulamasını takiben yan etkilerini ortadan kaldırmak için aminofilin (veya kafeinli bir içecek) verilebilir. Kısa etki süresine sahip olması nedeniyle adenozin için böyle bir uygulama gerekmez. Vazodilatör ajanlar ile farmakolojik stres testi için mutlak kontraendikasyonlar egzersiz stres testi için olanlara ek olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Bronkospazm, pulmoner hastalık (astım veya pulmoner hipertansiyon) öyküsü olan, ciddi pulmoner hastalık nedeniyle önceden entübe olmuş hastalar.
- Sistemik hipotansiyon (sistolik<90) veya ciddi ortostatik hipotansiyon.
- Ciddi mitral kapak hastalığı ve dipiridamol veya adenozin önceden duyarlılığı olan hastalar.
- Bronkospazmı kontrol etmek için metilksantin içeren ilaç kullanan hastalar.
- İleri derecede (2. veya 3.) AV blok veya hasta sinüs sendromu olan hastalar.
- Son 48 saat içinde geçirilmiş miyokard infarktüsü veya kararsız anjina atağı.

Vazodilatör ajanlar ile farmakolojik stres testi için göreceli kontraendikasyonlar egzersiz stres testi için olanlara ek olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Ciddi aort stenozu.
- Ciddi obstrüktif hipertrofik kardiyomyopati.
- Ciddi sinüs bradikardisi (kalp hızı < 40 atım/dk).

2. Ino/kronotropik adrenerjik ajanlar:

Ino/kronotropik adrenerjik ajanlar (ör. dobutamin, arbutamin) miyokardiyal oksijen ihtiyacını ve iş yükünü arttırmak için uygulanabilir. Dobutamin veya arbutaminin adrenerjik uyarıcı etkisine yanıt olarak ortaya

çikan pozitif kronotropiyi azaltabilecek ilaçlar (ör. beta blokerler) not edilmeli ve mümkünse prosedürden 24-48 saat önce kesilmelidir (kullanılan ilaçların yarılanması dikkate alınarak kesilme süresi belirlenebilir). Bazı hastalarda dobutamine kalp hızı yanıtını arttırmak için atropin uygulanabilir. Ino/kronotropik adrenerjik ajanlar ile farmakolojik stres testi için kontraendikasyonlar

stres testi için olanlar ile aynı olup, kararsız anjinal ve obstrüktif veya hipertrofik kardiyomiyopati hastalarda ve akut infarkt sonrası erken dönemde bu ajanların kullanımında dikkatli olunmalıdır.

Farmakolojik stres testinde kullanılan ajanlar ve radyofarmasötik enjeksiyon zamanları Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Farmakolojik stres testinde kullanılan ajanlar ve radyofarmasötik enjeksiyon zamanları

Farmakolojik ajan	Doz	Radyofarmasötik enjeksiyon Zamanı	Görüntüleme
Dipiridamol 201Tl	0.14 mg/kg/dk x 4dk (total 0.56 mg/kg)	7-9.dk 201Tl i.v.	10-15.dk
Dipiridamol 99mTc-MIBI	0.14 mg/kg/dk x 4dk (total 0.56 mg/kg)	7-9.dk 99mTc-MIBI i.v.	30-60.dk
Adenozin 201Tl	140 µgr/kg/dk x 6dk (total 840 µgr/kg)	3.dk 201Tl i.v.	10-15.dk
Adenozin 99mTc-MIBI	140 µgr/kg/dk x 6dk (total 840 µgr/kg)	3.dk 99mTc-MIBI i.v.	30-60.dk
Dobutamin 201Tl	*5-40 µgr/kg/dk	¶maksimum stres 201Tl i.v.	radyofarmasötik enj.dan sonra 5-10. dk
Dobutamin 99mTc-MIBI	*5-40 µgr/kg/dk	¶maksimum stres 99mTc-MIBI i.v.	radyofarmasötik enj.dan sonra 30-60. dk

*Farmakolojik strese 5 µgr/kg/dk doz ile başlanır, her 3 dakikada bir +5 µgr/kg/dk artırılarak 40 µgr/kg/dk maksimum farmakolojik stres dozuna ulaşılır.

¶Dobutamin infüzyonu hastanın semptomları, klinik ve EKG bulgularına göre daha önce durdurulabilir.

Radyofarmasötikler:

Miyokard perfüzyon görüntülemesinde kullanılan radyofarmasötikler 201Talyum, 99mTc-MIBI ve 99mTc-Tetrofosmindir. SPECT ajanlarının uygulanacak protokole göre dozları ve radyasyon dozimetresi ile ilgili bilgiler Tablo 2'de belirtilmiştir.

Tablo 2. SPECT ajanlarının dozları ve radyasyon dozimetresi

Radyofarmasötik	Stres	İstirahat	*Reinjeksiyon	En yüksek radyasyon Dozunu alan organ mGy (rad)	Efektif doz mSv (rem)
201Tl	2.5-3 mCi	----	1-1.5 mCi	böbrekler 0.54 (2.0)	0.23 (0.85)
99mTc-MIBI (aynı gün stres-istirahat)	10-15 mCi	25-30 mCi	----		
99mTc-MIBI (aynı gün istirahat-stres)	8-12 mCi	22-25 mCi	----		
99mTc-MIBI (ayrı gün)	20-30 mCi	20-30 mCi	----	safra kesesi 0.036 (0.13)	0.0085 (0.032)

Radyofarmasötiklerin dozu hastanın vücut ağırlığına göre, bu sınırlar içinde olmak kaydıyla ayarlanır.

*opsiyonel uygulama

Stres testi ve radyofarmasötik enjeksiyonu sırasında kullanılan şırınga ve iğne uçlarının, radyoaktif materyaller ve hasta atıklarının emniyetli kullanımı için her zaman düzenleyici yönergeler takip edilmelidir.

Görüntüleme:

1. Planar görüntüleme

Görüntüler en az 3 standart projeksiyonda alınmalıdır. Bunlar, anterior, sol anterior oblik ve sol lateral görüntülerdir. Abdominal atenüasyonu azaltmak için tercihen sağ lateral dekübitüs görüntüsü ve kalbin normal yerleşimi dışında olduğu durumlarda ilave görüntüler alınabilir. Görüntüleme düşük enerjili genel amaçlı (LEGP) veya düşük enerjili yüksek çözünürlüklü (LEHR) kolimatörler kullanılabilir. Görüntüleme sırasında kolimatör hastanın göğüs duvarına mümkün olan en yakın mesafede olmalıdır. Kalp, UFOV'un %35-50'sini kaplayacak şekilde görüntü alanına yerleştirilmelidir. Geniş görüş açılı gamma kamera kullanılıyor ise büyütme teknikleri uygulanabilir. Hasta stres ve istirahat görüntüleri karşılaştırılabilir bir

şekilde konumlandırılmalıdır. Tanısal değeri olan görüntüler elde edilmesi için her bir pozisyonda en az 600 000 (tercihen 1 000 000) sayım alınmalıdır.

2. SPECT görüntüleme

Kullanılan gamma kameranın teknik özelliklerine göre, görüntüler 180 veya 360 derece lik yörünge kullanılarak elde edilebilir. Her iki kol görüntü alanından uzaklaştırılmalıdır. Görüntüleme genellikle supin, gerekli olduğunda pron pozisyonda yapılır. Atenüasyona bağlı artefaktları azaltmak için atenüasyon düzeltmesi kullanılabilir. Akciğer tutulumunu değerlendirmek ve akciğer/kalp oranını hesaplamak için ek planar anterior görüntü alınabilir.

Görüntüleme planar, SPECT veya her iki tekniğin birleşimi şeklinde uygulanabilir. Planar ve SPECT görüntüleme protokolleri sırasıyla Tablo 3 ve 4'de özetlenmiştir. Dual izotop ile miyokard perfüzyon SPECT protokolüne ait bilgiler ise Tablo 5'de özetlenmiştir.

Tablo 3. Planar görüntüleme protokolleri

Radyofarmasötik	^{99m} Tc	²⁰¹ Tl
Kolimatör	LEHR	LEGP
Görüntü alanı	Geniş görüş alanlı kamerada: 1.2-1.5 büyütme Küçük görüş alanlı kamerada: (10 inç FOV) büyütme yapılmaz	Geniş görüş alanlı kamerada: 1.2-1.5 büyütme Küçük görüş alanlı kamerada: (10 inç FOV) büyütme yapılmaz
Matris	128 x 128	128 x 128
Pencere	140 keV, %20	72 keV, %30
Gating (opsiyonel)	16 frame/kalp siklusu	
Görüntüleme zamanı	5 dk (gating ile 10 dk)	8 dk
Görüntü sayımları	en az 1 000 000	en az 1 000 000

Tablo 4. SPECT görüntüleme protokolleri

Radyofarmasötik	Stres çalışması	İstirahat çalışması
201Tl*	supin 10-15.dk	supin 3-4. saat
	72 keV, %20 ve 167 keV, %20	aynı
	LEGP	aynı
	180° orbit (45 RAO - 45 LPO)	aynı
	maksimum piksel boyutu 6.4±0.2 mm	aynı
	sürekli/step-and-shoot	aynı
	32 projeksiyon	aynı
	64 x 64 matris	aynı
	zaman/projeksiyon 40 sn	aynı
	99mTc-MIBI (aynı gün istirahat-stres)	supin 140 keV, %20 LEHR 180° orbit (45 RAO - 45 LPO) maksimum piksel boyutu 6.4±0.2 mm sürekli/step-and-shoot 64 projeksiyon 64 x 64 matris zaman/projeksiyon 25 sn EKG gated – uygulanmaz
99mTc-MIBI (aynı gün stres-istirahat)	supin	aynı
	140 keV, %20	aynı
	LEHR	aynı
	180° orbit (45 RAO - 45 LPO)	aynı
	maksimum piksel boyutu 6.4±0.2 mm	aynı
	sürekli/step-and-shoot	aynı
	64 projeksiyon	aynı
	64 x 64 matris	aynı
	zaman/projeksiyon 20 sn	aynı
	EKG gated – uygulanmaz	zaman/projeksiyon 25 sn EKG gated – opsiyonel R-R aralığı %100 8 frame/siklus
99mTc-MIBI (ayrı gün)	supin	aynı
	140 keV, %20	aynı
	LEHR	aynı
	180° orbit (45 RAO - 45 LPO)	aynı
	maksimum piksel boyutu 6.4±0.2 mm	aynı
	sürekli/step-and-shoot	aynı
	64 projeksiyon	aynı
	64 x 64 matris	aynı
	zaman/projeksiyon 20 sn	aynı
	EKG gated – opsiyonel R-R aralığı %100 8 frame/siklus	zaman/projeksiyon 20 sn EKG gated – opsiyonel R-R aralığı %100 8 frame/siklus

*201Tl istirahat-redistribüsyon ve reinjeksiyon sonrası SPECT görüntüleme protokolleri de aynıdır.

Tablo 5. Dual izotop miyokard perfüzyon SPECT görüntüleme protokolü

Radyofarmasötik	İstirahat çalışması
201Tl (2.5 mCi)	supin 15.dk 72 keV, %30 ve 167 keV, %20 LEHR 180° orbit (45 RAO – 45 LPO) maksimum piksel boyutu 6.4 ± 0.2 mm sürekli/step-and-shoot 64 projeksiyon 64 x 64 matris zaman/projeksiyon 25 sn EKG-gated – uygulanmaz
(istirahat görüntülemesini takiben)	Stres çalışması
99mTc-MIBI (22-25 mCi)	supin 15.dk-1.saat 140 keV, %15 LEHR 180° orbit (45 RAO – 45 LPO) maksimum piksel boyutu 6.4 ± 0.2 mm sürekli/step-and-shoot 64 projeksiyon 64 x 64 matris zaman/projeksiyon 20 sn EKG gated – opsiyonel R-R aralığı %100 8 frame/siklus

Görüntülerin genel değerlendirmesi:

Yorum yapacak olan hekim görsel ve kantitatif değerlendirme yapmadan önce olası artefaktlar, görüntü işleme problemleri, hasta hareketi ve görüntü kalitesi yönünden miyokard perfüzyon sintigrafisinin kalitesini bütün olarak değerlendirmelidir. Görüntüler kontrast ve parlaklık ayarları yönünden bilgisayar ekranından değerlendirilir. Elde edilen verilere 'filtered back projection' veya 'iterative reconstruction' algoritması uygulanmalıdır. Stres ve istirahat görüntüleri uygun olarak dizilmeli ve bire bir karşılaştırılmaya izin verecek bir formatta ekrana getirilmeli ve yine aynı formatta filme basılmalıdır. Ham veriler ve işleminden geçmiş görüntülerin görsel değerlendirilmesinin ardından yorum için stres ve istirahat görüntüleri geri plan ve hedef doku aktivitesinin karşılaştırılmasını sağlamak için normalize edilmelidir. Bilgisayar görüntülerine renkli veya gri skalada bakılabilir. Perfüzyondaki ufak aktivite farklılıkları lezyon olarak yo-

rumlanabileceğinden görüntülerde aşırı kontrast uygulanmamalıdır. Bilgisayar destekli kantitatif analiz programları, bölgesel miyokard aktivitesini hesaplamak, perfüzyon bozukluğunun şiddetini ve boyutunu değerlendirmek ve planar çalışmalarda radyofarmasötüğün bölgesel klirensini hesaplamak için kullanılabilir. Hem perfüzyon görüntüleri hem de fonksiyonel değerlendirme (EKG gated çekim yapıldığı takdirde) sinematik bir formatta ekrana getirilerek izlenebilir. Eğer varsa, hastanın önceki sintigrafi sonuçları karşılaştırma yapmak üzere tekrar gözden geçirilmelidir.

Verilerin işlenmesi:

Miyokard perfüzyon görüntüleri her bir miyokard bölgesinde görel aktivite için analiz edilebilir ve sonuçlar normal veri tabanı ile karşılaştırılabilir. Kantitatif analiz öncesi görüntüler atenuasyon veya beklenmeyen artmış aktivite alanları şeklinde ortaya çıkan artefaktlar yönünden gözden geçirilir.

Miyokard perfüzyon sintigrafisi kantitatif olarak değerlendirilecek ise normal laboratuvar değerlerinin belirlenip, otomatik bilgisayar programları kullanılarak aktivitenin görece dağılımı kesitler veya haritalar ile gösterilebilir.

Yorumlama ölçütleri:

İstirahat görüntülerinde normalin altında radyofarmasötik konsantrasyonu olan miyokard bölgeleri genellikle skar doku ile ilişkilidir. Streste izlenen ve istirahatte düzelme gösteren lezyonlar genellikle iskemi bulgusudur. Stres 201Tl miyokard perfüzyon sintigrafilerinde izlenen artmış akciğer tutulumu ve sol ventrikül kavite dilatasyonu ciddi sol ventrikül fonksiyon bozukluğunu işaret edebilen ek bulgular olarak belirtilebilir. Miyokard canlılığını değerlendirmek için istirahat-redistribüsyon protokolü uygulanmışsa başlangıçta radyofarmasötik tutulumu azalmış olan bölgede redistribüsyon görüntülerinde izlenen artış canlı miyokard dokusunu belirtir. Miyokard hipertrofisi ve artmış iş yükünü tanımlamak açısından miyokardın kalınlığı ve radyofarmasötüğün sağ ventrikül miyokardındaki konsantrasyonuna dikkat edilmelidir.

Rapor hazırlama:

Raporda şunlar belirtilmelidir:

- Çalışmanın endikasyonu.
- Olgu hakkında bilgi (yaş, cinsiyet, isim, vb.).
- Çalışmada uygulanan protokol ve görüntüleme tekniği.
- Kullanılan radyofarmasötik ve dozu.
- Stres testinin çeşidi ve elde edilen bulgular.

- Perfüzyon görüntülerindeki bulgular, varsa artefaktlar ve diğer ek bulgular (akciğer tutulumu, sol ventrikül kavite dilatasyonu vb).
- Kantitatif değerlendirme yapılmış ise sonuçları.
- Gerek görülüyorsa çalışma kalitesinin belirtilmesi.
- Çalışmanın normal veya anormal olduğuna ilişkin yargı, anormal ise bulguların miyokardiyal lokalizasyonu ve yaygınlığı.
- Değişik veri toplama ve işleme teknikleri ile elde edilen bulgular varsa belirtilmelidir (ör. saptanan lezyonun şiddeti, bölgesel duvar hareketi ve duvar kalınlaşması vb.).

Hata nedenleri:

- Radyofarmasötüğün ekstrasözasyonu.
- Hasta hareketi.
- Yetersiz ve uygun olmayan stres düzeyi.
- Görüntü işleme hataları.
- Atenüasyon artefaktları.
- Ham verilerin değerlendirilmemesi.
- Stres ve istirahat görüntülerinin dizilimlerindeki uygunsuzluk.

Değerlendirilmesi ve açıklanması gereken diğer konular:

- ^{99m}Tc ile işaretli perfüzyon ajanlarıyla gated SPECT uygulamaları.

EK:**Anormal SPECT görüntülerinin kantitatif değerlendirilmesi ve risk belirleme yönünden karakteristik özellikleri:**

Defekt büyüklüğü	Küçük	Orta	Büyük
Bölgelere göre görsel değerlendir.	1 damar bölgesinin 1 / 2'sinden küçük	yalnızca 1 damar bölgesi	2 veya 3 damar bölgesi
Toplam stres skoru (TSS)	4-8	9-13	>13
Polar haritalar*	†LV miyo. alanının %10'undan küçük	LV miyo. alanının %10-20'si	LV miyo. alanının %20'sinden büyük
Çevresel profiller‡	%5'ten küçük	%5-10	%10'dan büyük

† LV: Sol ventrikül

Risk kategorileri şu şekilde tanımlanır:

düşük risk → normal veya küçük defekt, *orta derecede risk* → orta derecede veya küçük defekte ek olarak aşağıdakilerden ikisinin varlığı: LV dilatasyonu, artmış pulmoner 201Talyum tutulumu, ciddi defekt*yüksek risk* → Büyük defekt veya Orta derecede defektin yanı sıra aşağıdakilerden ikisinin varlığı:

LV dilatasyonu, artmış pulmoner 201Talyum tutulumu, 201Tl veta 99mTc bileşikleriyle ilgili ciddi defekt

TSS 20 segment modelinden türetilmiştir. Her segment 0= normal perfüzyon, 1= hafif azalmış perfüzyon, 2= orta derecede azalmış perfüzyon, 3= belirgin azalmış perfüzyon, 4= perfüzyon kaybı şeklinde skorlanır.

* Cinsiyet uyumlu normal veri tabanı ile karşılaştırılır ve sadece defekt yaygınlığını ifade eder

‡ Normal veri tabanı ile karşılaştırılır ve hem defekt şiddetini hem de yaygınlığını ifade eder.

B. Radyonüklid ventrikülografi (MUGA)**Ön bilgi ve tanımlar:**

Radyonüklid ventrikülografi (MUGA) hastanın eritrositlerinin işaretlenip, EKG ile senkronize kardiyak görüntülerin elde edildiği bir prosedürdür. Sol ve/veya sağ ventrikül fonksiyonlarına ait görsel bilgiler ve kantitatif ölçümler elde edilir. Kalp atımı görüntüsünün elde edilebilmesi için yüzlerce kalp siklusundan veriler toplanmalıdır. Bu yöntem;

- bölgesel ve global duvar hareketlerinin,
- kalp boşluklarının boyutu ve morfolojisinin,
- ventrikül ejeksiyon fraksiyonu ve sistolik, diastolik fonksiyonlarının değerlendirilmesini sağlar.

MUGA görüntülemesi istirahat, stres sırasında, farmakolojik, mekanik girişimleri takiben yapılabilir.

MUGA görüntülemesi ile global ventriküler sistolik fonksiyon, bölgesel duvar hareketi, ventrikül hacimleri (görsel veya kantitatif), sistolik ve diastolik indeksler, atım hacmi oranları gibi parametreler hesaplanabilir ve

bu parametrelerin egzersiz veya diğer girişimlere yanıtı değerlendirilebilir.

Başlıca endikasyonlar:

- Bilinen KAH'da kardiyak fonksiyonların takibi (miyokard infarktüsü olmaksızın KAH, AMİremote MI).
- Şüpheli KAH'da sol ventrikül fonksiyonunun strese yanıtının belirlenmesi.
- Bilinen veya şüpheli konjestif kalp yetmezliği (KKY)(iskemik-noniskemik nedenlerin ayırt edilmesi, sistolik-diastolik fonksiyon bozukluklarının belirlenmesi).
- Kemoterapi alacak hastalarda bazal ve kemoterapi almakta olan hastalarda kardiyak fonksiyonların ilaç toksisitesi yönünden değerlendirilmesi.
- Valvuler darlık ve/veya yetmezliğinde ventriküler fonksiyonun değerlendirilmesi.

MUGA yukarıda belirtilen durumlarda uzun-dönem prognozun belirlenmesi, kısa-dönem riskin değerlendirilmesi ve cerrahi veya diğer tedavi girişimlerine yanıtın monitorizasyonu, için kullanılabilir.

Prosedür:

1. Hasta hazırlığı

A. İstirahat: istirahat MUGA için özel bir hazırlık gerekmez ancak, açlık genelde tercih edilir.

Herhangi bir ilacın kesilmesi şart değildir. Optimal EKG sinyalinin alınması için elektrotlar cilde iyi yapıştırılmalıdır.

B. Egzersiz: Hasta çalışmadan en az 3-4

saat öncesinden aç, hemodinamik ve klinik olarak stabil olmalıdır. Genelde egzersiz stres tercih edilir. Non-kardiyak sebeplerle egzersiz yapamayan hastalara farmakolojik stres uygulanır. Kontraendikasyon yoksa kalp hızı yanıtını değiştirebilecek ilaçların önceden kesilmesi önerilir.

Stres testinin uygulandığı ünite de acil yaşam destek ekipmanları ve ilaçları bulunmalıdır. Stres sırasında ve test sonlandırılırken hekim ve bir yardımcı sağlık personeli bulunmalıdır. Stres çalışmasının tüm fazları boyunca EKG monitorizasyonu uygulanmalıdır. Stresten önce, stres sırasında ve sonlandırdıktan sonraki fazlarda aralıklı olarak tansiyon ölçümü ve EKG kayıtları alınıp, not edilmelidir. Stres testi sırasında ve bitiminde hasta klinik olarak gözlenmeli ve semptomatoloji, hemodinami veya EKG'deki herhangi bir anormallik düzeline dek takip edilmelidir.

2. Prosedürün uygulanmasına ait bilgi

Tanısal inceleme öncesi klinik öykü ve kardiyovasküler muayene gereklidir. Test endikasyonu(ları), kullanılan ilaçlar, semptomatoloji, kardiyak risk faktörleri ve önceden yapılmış kardiyak prosedürler (tanısal veya tedaviye ait) gibi özgül konular gözden geçirilmelidir. Belirgin kalp atım hızı değişkenliği MUGA'nın hem uygulanmasını hem de değerlendirilmesini kısıtlayabileceğinden, hastanın kardiyak ritmi de not edilmelidir. Fiziksel kısıtlılıklar egzersiz gerektiren çalışmanın performansını olumsuz etkile-

yebilir veya çalışmayı engelleyebilir. Egzersiz çalışmasından önce istirahatte 12 derivasyonlu EKG kaydedilmelidir.

3. Önlemler

-- İnsan kan ürünlerinin radyoaktif madde ile işaretlenmesi ile ilgili çalışmalarda güvenliğe dikkat edilmelidir.

-- Otolog eritrosit işaretlemesinde In vitro bir metot uygulandığı zaman, işaretli hücrelerin ait olduğu hastaya verildiğinden emin olunmalıdır.

-- Potansiyel olarak stabil olmayan kardiyak ritimli hastalarda (ör. paroksizmal supraventriküler taşikardi veya ventriküler taşikardi) veya implante cihazları olanlarda (ör. implante defibrilatör) egzersize beklenmedik yanıtlar ortaya çıkabileceğinden özel önlemler gerekebilir.

Radyofarmasötikler:

Erişkin için genelde uygulanan yöntem In vivo, modifiye In vitro veya In vitro teknikler kullanılarak otolog eritrositlerin 555-1110 MBq (15-30 mCi) 99mTc ile işaretlenmesidir (Tablo 1 ve 2). Çocuklarda genelde uygulanan radyoaktivite, minimum 70-150 MBq (2-4 mCi) olmak üzere, 7-15 MBq/kg (0.2-0.4 mCi/kg)dir. En yüksek radyasyon dozunu alan organ kalptir (0.02 mSv/MBq). 99mTc-işaretli eritrositlerin kan havuzu içinde, tahmini dağılım hacmi vücut ağırlığının yaklaşık %4-7'sidir.

İşaretleme etkinliği In vivo teknikte en az, modifiye In vitro teknikte orta ve In vitro teknikte en yüksektir. Radyoaktif işaretli eritrositlere alternatif 99mTc-HSA (insan serum albumini) olabilir.

Tablo 1. Radyasyon dozimetresi (erişkin)

Radyofarmasötik	Verilen aktivite MBq (mCi)	En yüksek radyasyon dozunu alan organ mGy (rad)	Efektif doz mSv (rem)
99mTc işaretli eritrositler	555-1110 i.v (15-30)	0.023 kalp (0.085)	0.0085 (0.031)
99mTc Albumin	370-740 i.v (10-20)	0.020 kalp (0.074)	0.0079 (0.029)

Tablo 2. Radyasyon dozimetresi (çocuk – 5 yaş)

Radyofarmasötik	Verilen aktivite MBq/kg (mCi/kg)	En yüksek radyasyon dozunu alan organ mGy/mCi (rad/mCi)	Efektif doz mSv/mCi (rem/mCi)
99mTc işaretli eritrositler	7-15 i.v (0.2-0.4)	0.062 kalp (0.23)	0.025 (0.093)
99mTc Albumin	5-10 i.v (0.1-0.3)	0.054 kalp (0.20)	0.023 (0.085)

Görüntüleme:**İstirahat çalışması**

1. Cihaz kullanımı: Bilgisayar ile bağlantılı bir gamma kamera ile görüntüleme yapılır. Görüntüleme LEAP veya LEHR kolimatör kullanılabilir. Akuzisyon bilgisayarı trigger ile bağlantılı olmalıdır. Çalışma başlatılmadan önce, trigger R-dalgası ile hastanın QRS kompleksinin eş zamanlı olduğu teyit edilmelidir. Kalp hızı değişkenliğini kompanse etmek ve ektopiyi bir ölçüde ekarte etmek için uygun bir R-R aralığının kabul edilebilirlik penceresi belirlenmelidir. Kalp hızı değişkenliği sistolik parametreleri diyastolik parametrelerden daha az etkiler. Heterojen kalp atımlarından tek bir kalp siklusu oluşturabilmek için list-mode akuzisyonu önerilir.

2. Görüntüleme parametreleri: Ejeksiyon fraksiyonu ve duvar hareketlerinin doğru değerlendirilebilmesi için R-R aralığı en az 16 frame'e bölünmelidir. Diyastolik dolun parametrelerinin ayrıntılı ölçümü için daha yüksek sayıda frame (R-R'in 32-64'e bölünmesi) gerekir.

Kalp, UFOV'un %50'sini kaplayacak şekilde kamera alanına yerleştirilerek görüntüleme yapılır. Normal bir çekimde 3-7 milyon sayım toplanır. Sol ventrikülün tüm

segmentlerini görebilmek için minimum 3 görüntü ile supin konumda çekim yapılır. Sol anterior oblik (LAO) görüntüleme 45° veya sağ ve sol ventrikülün en iyi ayırt edildiği açıda (en iyi septal ayırım görüntüsü) yapılır. Anterior görüntüleme 0° veya en iyi septal görüntüden -45° daha düşük açıda yapılır. Lateral görüntüleme 90° veya en iyi septal görüntüden +45° daha ileri açıda yapılır. Sol lateral görüntü yerine 70° LAO görüntü alınabilir. Sol posterior oblik (LPO) veya sağ posterior oblik (RPO) görüntülerin de faydası olabilir. Ventriküllerin atriyadan ayırımında kaudal-sefalik planda angulasyon için *slant-hole* kolimatör kullanılabilir.

Stres çalışması

1. Cihaz kullanımı: İstirahat çalışmasının enstrümantasyon bölümüne bakınız. Stres MUGA çalışması için yüksek duyarlılıklı veya LEGP kolimatör tercih edilir.

Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (LVEF) ve duvar hareketlerinin değerlendirilmesinde R-R aralığının 16 frame'e bölünmesi yeterlidir. Görüntüler, hasta bisiklet ergometrede iken, supin, yarı-oturur veya dik pozisyonda önceden tanımlanmış olan en iyi septal ayırım yapıldığı açıda veya özellikle incelenmek istenen bir bölge varsa ona göre konumlandı-

rılarak alınır. LVEF'in en yüksek doğrulukla belirlendiği görüntü interventriküler septumun en iyi ayırt edildiği görüntüdür. Egzersizin her düzeyinde, stabil kalp hızı olduğu an, 2-3 dakikalık görüntüleme yapılabilir (genelde her egzersiz düzeyinin 1. dakikasından sonra). Egzersizin son düzeyi görüntü istatistiğini arttırmak amacıyla uzatılabilir, ama bu arada iş yükü azaltılmamalıdır. Egzersiz sonrası düzelmeyi değerlendirmek için de MUGA görüntülemesi istenir.

İnotropik ajanlar veya vazodilatörler ile farmakolojik stres veya atrial veya ventriküler *pacings* uygulanması pek yaygın olmayan egzersiz testi alternatifleridir.

2. Görüntüleme parametreleri: İstirahat çalışmasındaki gibidir.

Verilerin İşlemden geçirilmesi:

Sayım istatistiği ve radyofarmasötik işaretlemesinin yeterliliği ve diğer teknik faktörleri (uygun EKG gating vb.) gözden geçirilerek veriler sinematik olarak izlenir. LVEF hesaplanmasından önce sol ventrikül sistolik fonksiyonunun görsel subjektif değerlendirilmesi yapılmalıdır. Elle veya otomatik olarak sol ventriküle ait tüm aktiviteyi içine alacak şekilde ilgi alanları çizilmelidir. Zemin aktivite düzeltmeleri için kullanılan ilgi alanına dalak veya inen aortanın aktivitesi girmemelidir. Sistolik ve diyastolik diğer parametreler de oluşturulabilir (ör. faz/amplitüd görüntüleri).

Yorumlama ölçütleri:

1. Kardiyak morfoloji

Kalp boşluklarının ve büyük damarların morfoloji, oryantasyon ve boyutları görsel olarak incelenmeli ve rapor edilmelidir. Perikardiyal silüet de görsel olarak incelenebilir ve rapor edilebilir. Mutlak ventriküler hacimler ölçülebiliyorsa rapora eklenmelidir.

2. Sistolik ventriküler fonksiyon

Global sol ventrikül fonksiyonu görsel olarak değerlendirilmeli ve hesaplanan ejeksiyon fraksiyonu ile karşılaştırılmalıdır. Ventrikül segmentleri sinematik modda izlenerek, bölgesel fonksiyonlar akinezi, hipokinezi ve diskinezi gibi konvansiyonel terimler ile ifade

edilmelidir. Standart kayıt formları sistematik rapor hazırlamaya yardımcı olabilir. Faz ve amplitüd görüntüleri gibi parametrik görüntüler kasılmanın zamanlaması ve büyüklüğündeki bölgesel değişiklikler, valvuler planların belirlenmesi ve ileti bozukluklarının saptanmasında yardımcı olabilir. Sol ventrikül diyastolik fonksiyon paterni görsel olarak incelenebilir ve kantitatif ölçümlerle desteklenebilir. Sağ ventrikül sistolik fonksiyonu sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (RVEF) hesaplanarak değerlendirilebilir, ancak daha yüksek doğrulukla belirleme için first pass anjiyografi gerekebilir.

3. Stres görüntüleri

Stres görüntüsü sinematik modda istirahat görüntüsü ile yan yana ekrana getirilmelidir. Her iki ventrikül boşluk boyutlarındaki değişiklikler, bölgesel duvar hareketleri ve global ejeksiyon fraksiyonu görsel olarak değerlendirilmeli ve raporlanmalıdır.

4. Önceki çalışmalar ile karşılaştırma

Mümkünse, sonuçlar önceki çalışmalar ile sinematik görüntüler şeklinde karşılaştırılmalıdır.

Rapor hazırlama:

A. İşlemler ve malzeme:

EKG gating yöntemi ile ilgili rapor hazırlama, atım kabul/rejeksiyonu ve kardiyak ritme ait bilgileri içermelidir. Radyoaktif işaretlemenin tipi ve dozunun (99mTc-eritrositler – In vivo, modifiye In vivo, In vitro; 99mTc-HSA) da belirtilmesi gerekir.

B. Bulgular:

Kardiyak morfoloji: Kalp boşlukları, ventrikül duvar kalınlığı ve perkardiyal silüete ait yorumlar belirtilir.

Sistolik fonksiyon: Global sol ve sağ ventrikül ejeksiyon fraksiyonu, sol ventrikülün bölgesel duvar hareketleri rapor edilir. Diyastolik dolum ve sistolik boşalma indeksleri tercihe bağlı olarak rapor edilebilir. Stres görüntüleri: Bazal, pik ve iyileşme fazındaki LVEF, bölgesel duvar hareketindeki herhangi bir değişiklik, stres EKG ve hemodinamiye ait bulgular rapor edilir.

Hata nedenleri:

- Eritrosit işaretlenmesi: Bazı ilaçlar (ör. heparin) ve hastalıklar (ör. kronik böbrek yetmezliği) işaretlenme etkinliğini düşürür ve hedef/zemin aktivite oranını azaltır.
- Hasta konumu: Sol ventrikülün diğer yapılardan iyi ayırt edilememesi ejeksiyon fraksiyonunun hatalı hesaplanmasına neden olabilir.
- *Gating* hataları : Zayıf EKG sinyali veya QRS dışında bir kompleksin dominant olduğu bir EKG'de hatalı gating olur ve veriler yorumlanamaz. Trigger sinyalinin QRS kompleksine ait olmasına dikkat edilmelidir.
- Kalp hızı değişkenliği: Kalp hızı değişkenliğinin yüksek olması diyastolik doluluk indekslerinin belirlenmesini önleyebilir.
- Görüntü istatistiği: Sayım/frame yetersiz ise kantitatif ölçümlerin istatistiksel güvenilirliği azalır ve görüntülerin yorumlanması zorlaşır.
- İşleme hataları: Ventrikül dışı aktivitenin çizilen ilgi alanına girmesi ejeksiyon fraksiyonunun olduğundan daha düşük, ventrikül aktivitesinin bir kısmının çizilen ilgi alanının dışında kalması ise ejeksiyon fraksiyonunun olduğundan daha yüksek hesaplanmasına neden olur. Dalak veya inen aorta gibi yapıların zemin aktiviteye ait ilgi alanının içine girmesi de sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunu değiştirebilir.

Değerlendirilmesi ve açıklanması gereken diğer konular:

- Gated miyokard perfüzyon ve kan havuzu SPECT çalışmalarında teknik ve bölgesel, global Efr hesaplaması.

C. Diğer nükleer kardiyoloji incelemeleri**1) First pass çalışması****Ön bilgi ve tanımlar:**

First pass çalışması, kalbin kasılma fonksiyonunun kantitatif, semikantitatif ve kalitatif

indekslerinin yanısıra vasküler anomaliler hakkında bilgi veren bir tetkiktir.

Başlıca endikasyonlar:

1. Bilinen veya şüphe edilen koroner arter hastalığı (atım fonksiyonu ile ilgili bilgi).
2. Valvüler kalp hastalığı (yetmezliğin ciddiyeti ile ilgili bilgi).
3. Konjenital kalp hastalıkları (özellikle soldan sağa şantların tespiti ve kantifikasyonu).

Prosedür:

Çalışmadan önce hastanın EKG'si gözden geçirilmelidir. Sık ektopik atımlar sintigrafik verilerin işleminden geçirilmesini ve yorumlamayı güçleştirebilir. Böyle bir durumda ektopik atımları ayıklayabilen MUGA çalışmasının yapılması daha uygun olabilir, bu mümkün değilse first pass çalışması ertelenmelidir. Başarılı bir first pass çalışması için sağ-sol kalp boşluklarının ayırımının mutlaka çok iyi yapılması gerekmektedir. Hastanın sağlam bir damar yolu olduğundan emin olunmalıdır. İntravenöz enjeksiyon ile verilecek radyofarmasötüğün hacmi 1-1.5 cc'den fazla olmamalı ve bolus enjeksiyonun ardından 10-20 cc serum fizyolojik ile yıkama yapılmalıdır. Çalışma stres veya istirahatte uygulanabilir. Bisiklet ergometre ile yapılan egzersiz çalışmalarında hasta hareketinin kontrolü için göğüs duvarına eksternal işaretleyici yerleştirilmelidir.

Radyofarmasötikler:

Çalışmada genellikle ^{99m}Tc bileşikleri kullanılmaktadır (^{99m}Tc işaretli eritrositler, ^{99m}Tc -MIBI, ^{99m}Tc -DTPA gibi). First pass çalışmasına miyokard perfüzyon SPECT çalışması eşlik edecek ise ^{99m}Tc -MIBI tercih edilmelidir, bunun dışında renal ekskresyonunun daha hızlı olması nedeniyle daha düşük radyasyon dozu verdiği için ^{99m}Tc -DTPA kullanılabilir. Yeterli dozda uygulanabilecek (20-25 mCi) ^{99m}Tc ile işaretli herhangi bir radyofarmasötik, kuramsal olarak first pass çalışması için kullanılabilir. Radyofarmasötik dozu vücut ağırlığı, gamma kamera dead time kaybı ve çekim

çeşidine göre değişmektedir ancak, tipik bir first pass çalışması için 0.3-0.4 mCi/kg ^{99m}Tc dozu gerekir. Pediatrik hasta grubunda uygulanacak şant analizi çalışmalarında daha düşük dozlar kullanılması ve radyofarmasötik olarak ^{99m}Tc-DTPA tercih edilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Görüntüleme:

Akuzisyon bilgisayarı trigger ile bağlantılı olmalıdır. Çalışma başlatılmadan önce, trigger R-dalgası ile hastanın QRS kompleksinin eşzamanlı olduğu doğrulanmalıdır. Verilerin kalitesi ve doğruluğu için görüntüleme sisteminin özellikleri çok önemlidir.

Sistemin %20 sayım kaybı ile saniyede en az 150 000-200 000 sayım toplayabilmesi gerekir.

En çok bilgi veren ve sıklıkla kullanılan görüntüler 20-30° sağ anterior oblik (RAO) ve anterior pozisyonlardır. Sol ventrikül çalışmalarında inen aorta ve sol ventrikül ayrımını sağlayabildiği için daha çok RAO tercih edilir. Şant çalışması ise genellikle anterior pozisyonda uygulanır ve akciğerler mümkün olduğunca görüntü alanının içine alınır. Patent duktus şüphesinde 20-30° LAO görüntü duktusun kendisini gösterebilir. Önerilen görüntüleme parametreleri Tablo 1 ve 2'de belirtilmiştir.

Tablo 1. First pass çalışmasında görüntüleme parametreleri (sol ventrikül)

	İstirahat	Egzersiz	
Radyofarmasötik	^{99m} Tc	^{99m} Tc	
Doz	25mCi/0.3-0.5ml	25mCi/0.3-0.5ml	standart Enjeksiyon
yeri	antekübital ven	antekübital ven	standart
	eksternal jugular	eksternal jugular	opsiyonel
i.v kanül	18 gauge – kol	18 gauge – kol	standart
	20 gauge – boyun	20 gauge – boyun	standart
Enjeksiyon hızı	bolus (FWHM<1 sn)	bolus (FWHM<1 sn)	standart
Pozisyon	dik	dik	tercih edilen
	supin	supin	opsiyonel
	anterior	anterior	standart
	RAO, LAO, lateral	RAO veya LAO	opsiyonel
EKG sinyali	(+)	(+)	standart
Enerji penceresi	120-160keV	120-160keV	standart
Frame süresi	25 milisaniye	25 milisaniye	standart
	50 milisaniye	25 milisaniye	opsiyonel
Toplam frame sayısı	2000	1500-2000	standart
Matris	32 x 32	32 x 32	tercih edilen
	64 x 64	64 x 64	opsiyonel
Kolimatör	Yüksek duyarlılık	Yüksek duyarlılık	standart
	ultra-yüksek sensitivite	ultra-yüksek sensitivite	tercih edilen
	LEGP*	LEGP*	opsiyonel

* Kristal kalınlığı, kamera konfigürasyonu saniyede 150 000 sayım elde edilmesini sağlıyorsa kullanılabilir.

Verilerin İşlemden geçirilmesi:

Sağ veya sol ventrikül analizinde üç temel rutin işleme kullanılır: ventrikül çevresinden çizilen ilgi alanı ile zaman-aktivite eğrisinin elde edilmesi, bu eğriden mümkün olduğunca çok uygun atımların seçilerek temsili bir kardiyak siklus görüntüsünün oluşturulması ve bu siklusun geri plan aktivitesine göre düzeltiminin yapılması. Düzeltme sonrası siklus oluşturulunca, ejeksiyon fraksiyonu belirlenir ve siklus duvar hareketini

değerlendirmek üzere sinematik formatta ekrana getirilen görüntüler incelenir.

Soldan sağa şant analizinde sağ ve sol akciğerin tamamını mümkün olduğu kadar içine alan ve mutlaka kalp boşluklarını dışarıda bırakan ilgi alanları çizilmelidir. Sol ventrikül çevresinden de ayrıca ilgi alanı çizilir. Bu alanlardan zaman-aktivite eğrileri elde edilir. Şant analizi için pulmoner kan akımı / sistemik kan akımı oranı hesaplanması gerekir.

Tablo 2. First pass çalışmasında görüntüleme parametreleri (sağ -ventrikül)

	İstirahat	Egzersiz	
Radyofarmasötik	99mTc	99mTc	
Doz	20-25mCi/0.3-0.5ml	20-25mCi/0.3-0.5ml	standart Enjeksiyon
yeri	antekübital ven	antekübital ven	standart
	eksternal jugular	eksternal jugular	opsiyonel
i.v kanül	18 gauge – kol	18 gauge – kol	standart
	20 gauge – boyun	20 gauge – boyun	opsiyonel
Enjeksiyon hızı	yavaş (FWHM 2-3 sn)	yavaş (FWHM 2-3 sn)	tercih edilen
Pozisyon	dik	dik	standart
	supin	supin	opsiyonel
	20°-30° RAO	20°-30° RAO	tercih edilen
	anterior	anterior	opsiyonel
EKG sinyali	(+)	(+)	standart
Enerji penceresi	120-160keV	120-160keV	standart
Frame süresi	25 milisaniye	25 milisaniye	standart
	50 milisaniye	25 milisaniye	opsiyonel
Toplam frame sayısı	2000	1500-2000	standart
Matris	64 x 64	64 x 64	tercih edilen
	32 x 32	32 x 32	opsiyonel
Kolimatör	Yüksek duyarlılık	Yüksek duyarlılık	standart
	ultra-yüksek sensitivite	ultra-yüksek sensitivite	opsiyonel
	LEGP*	LEGP*	opsiyonel

* Kristal kalınlığı, kamera konfigürasyonu saniyede 150 000 sayım elde edilmesini sağlıyorsa kullanılabilir.

Yorumlama:

Değerlendirme radyontükolidin santral dolaşımından geçişinin izlenmesi ile başlar. Bu inceleme kalite kontrolü ve bazı konjenital kalp hastalıklarında önemli tanısal bilgi sağlayabildiğinden önemlidir. Mitral ve aort yetmezliğinde sol ventrikül geçişi yavaşlar. Sol ventrikül zaman-aktivite eğrisi her zaman geri plan aktivitesinin düzeltiminden önce izlenmelidir. İstirahatte sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu % 50-80 arasında ve bölgesel duvar hareketleri simetrik olmalıdır. Egzersiz ile ejeksiyon fraksiyonu genellikle artar ve segmentler daha kuvvetli kasılır. Önemli derecede koroner arter hastalığında ise ejeksiyon fraksiyonunda azalma, sistol sonu hacimde artış ve darlık olan arterlerin beslediği segmentlerin duvar hareketlerinde bozulma olur. Koroner arter hastalığında, duvar hareketlerindeki bozulma ejeksiyon fraksiyonundaki azalmadan daha sık izlenir.

Şant analizinin hesaplanmasında kullanılan pulmoner kan akımı / sistemik kan akımı oranı şantın ciddiyeti ile orantılıdır.

Hata nedenleri:

- Bolusun uygun olmaması (yavaş enjeksiyon, ekstrevasiyon, radyonüklid verilmesinden sonra yetersiz yıkama).
- Pozisyonlamanın uygun olmaması.
- Çizilen ilgi alanlarının uygun olmaması.

Değerlendirilmesi ve açıklanması gereken diğer konular:

- Metabolik görüntüleme:
 1. 123I-MIBG adrenerjik innervasyon çalışması.
 2. 123I işaretli yağ asidi çalışmaları.
- Pozitron yayan ajanlar ile yapılan çalışmalar (PET miyokard kan akımı ve koroner akım rezervi kantifikasyon çalışmaları).

Bu kılavuzun hazırlanmasındaki değerli katkıları nedeniyle Nükleer Kardiyoloji Çalışma Grubunun aktif üyeleri; **Gülay D. Altun, Recep Bekiş, Emre Entok, Güzin Töre, Oktay Yapıcı, Mustafa Yıldırım'a** teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. Society of Nuclear Medicine Procedure Guideline for Myocardial Perfusion Imaging. JNM 1999 (www.snm.org).
2. Society of Nuclear Medicine Procedure Guideline for Gated Equilibrium Radionuclide Ventriculography. JNM 1999 (www.snm.org).
3. Imaging guidelines for Nuclear Cardiology Procedures (Part 1). J Nucl Cardiol 1996; 3(3):G34-G46.
4. Imaging guidelines for Nuclear Cardiology Procedures (Part 2). J Nucl Cardiol 1999; 6(2):G53-G83.
5. Updated Imaging Guidelines for Nuclear Cardiology Procedures (Part 1). J Nucl Cardiol 2001; 8(1):G1-G58.
6. ACC/AHA TASK FORCE REPORT: Guidelines for clinical use of cardiac radionuclide imaging. JACC 1995; 25(2):521-47.
7. Wintergreen Panel Summaries. J Nucl Cardiol 1999; 6(1): 93-155.
8. Nükleer Kardiyoloji Klinik Kullanım Kılavuzu. Türk Kardiyoloji Derneği Nükleer Kardiyoloji Çalışma Grubu. Türk Kardiyoloji Derneği Arşivi Der-gisi 2002 (basımda).