

ARAŞTIRMA

Açık Erişim

Önemli uyarı: Bu makaleye atıfta bulunmak istiyorsanız, lütfen bunu yazarlara ve derginin etki faktörüne saygı göstererek orijinal yayın aracılığıyla yapınız.

Standart Kardiyovasküler Manyetik Rezonans Görüntüleme (KMR) Protokolleri: 2020 güncellemesi

Christopher M. Kramer^{1*}, Jörg Barkhausen², Chiara Bucciarelli-Ducci³, Scott D. Flamm⁴, Raymond J. Kim⁵ and Eike Nagel⁶

Özet

Bu rapor, Kardiyovasküler Manyetik Rezonans Derneği (SCMR) Mütevelli Heyeti Standart Protokoller Çalışma Grubu'nun 2013 yılı raporunun bir güncellemesidir. Bu güncelleme raporu ile eş zamanlı olarak, çalışma grubu tarafından bu rapor ile birlikte ele alınması gereken 3 ek rapor daha yayınlanacaktır. Birincisi, 2004 raporunun bir güncellemesi olan "KMR için Klinik Endikasyonlar" hakkında bir belgedir. İkinci belge, 2010 yılında yine SCMR Çalışma Grubu tarafından yayınlanmış olan "KMR Raporu Hazırlama" belgesinin bir güncellemesi olacaktır. Üçüncü belge ise 2013 yılında yayınlanmış olan "KMR Görüntü Analizi" belgesinin güncel bir düzenlemesi olacaktır. Konjenital kalp hastalığına ilişkin tüm protokoller ayrı bir belgede ele alınmıştır.

Genel ilke ve teknikler bölümü, KMR içinde yaygın kullanım alanı bulan daha çok teknik standardize edildiği için genişletilmiştir. Günlük klinik uygulamada giderek daha fazla görüldüğü için cihazlı hastalarda görüntüleme üzerine bir bölüm eklenmiştir. Yazarların beklentisi, mevcut belgenin hasta temelli klinik KMR yaklaşımının standartlaşması ve kolaylaşmasına katkı sunmasıdır. KMR alanı gelişme gösterdikçe, bu belge düzenli aralıklarla güncellenecektir.

Giriş

Bu rapor, Kardiyovasküler Manyetik Rezonans Derneği (SCMR) Mütevelli Heyeti Standart Protokoller Çalışma Grubu'nun 2013 yılı raporunun bir güncellemesidir [1]. Bu güncelleme raporu ile eş zamanlı olarak, çalışma grubu tarafından bu rapor ile birlikte ele alınması gereken 3 ek rapor daha yayınlanacaktır. Birincisi, 2004 raporunun bir güncellemesi olan "KMR için Klinik Endikasyonlar" hakkında bir belgedir [2]. İkinci belge, 2010 yılında yine SCMR Çalışma Grubu tarafından yayınlanmış olan "KMR Raporu Hazırlama" belgesinin bir güncellemesi olacaktır [3]. Üçüncü belge ise 2013 yılında yayınlanmış olan "KMR Görüntü Analizi" belgesinin güncel bir düzenlemesi olacaktır [4]. Konjenital kalp hastalığına ilişkin tüm protokoller ayrı bir belgede ele alınmıştır [5].

Genel ilke ve teknikler bölümü, KMR içinde yaygın kullanım alanı bulan daha çok teknik standardize edildiği için genişletilmiştir. Günlük klinik uygulamada giderek daha fazla görüldüğü için cihazlı hastalarda görüntüleme

üzerine bir bölüm eklenmiştir. Yazarların beklentisi, mevcut belgenin hasta temelli klinik KMR yaklaşımının standartlaşması ve kolaylaşmasına katkı sunmasıdır. KMR alanı gelişme gösterdikçe, bu belge düzenli aralıklarla güncellenecektir.

Genel İlkeler

Alan kuvveti ile ilgili hususlar

Klinik KMR farklı alan kuvvetlerinde uygulanabilir. Şu an itibarıyla, incelemelerin büyük çoğunluğu 1.5-T sistemleri ile gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, 3-T sistemleri de giderek artan bir sayıda kullanılmaktadır; ilgili avantajlar ve dikkat edilmesi gereken durumlar aşağıda belirtilmiştir.

1. Elektrokardiografi (EKG) eşliğinde 3-T ile görüntü alımı, 1.5-T'ye göre daha sorunlu olabilir. EKG sinyalinin güvenilir olmadığı durumlarda, periferik nabız eşliğinde alım, sine görüntüleme gibi retrospektif alıma uygun durumlarda başarı sağlayabilir.
2. Artmış sinyal/gürültü oranının (SGO) sonucu olarak, 3-T ilk geçiş perfüzyon (**FPP**) ve geç gadolinyum artışı (**LGE**) için avantajlı olabilir. Ayrıca, **tagging** sekansı ve 4B akım görüntüleme teknikleri 3-T'den fayda görebilir.

* Correspondence: ckramer@virginia.edu

¹Cardiovascular Medicine, University of Virginia Health System, Lee Street, Box 800158, Charlottesville, VA 22908, USA

Full list of author information is available at the end of the article

3. Balanced steady-state free precession (**bSSFP**), 1.5-T sine incelemeleri için tercih edilen yerleşik bir metod olmuştur. Bununla birlikte, 3-T sisteminin rezonans etkilerine daha duyarlı oluşu **dark-banding** ve akım artefaktlarını kötüleştirilmektedir. Bu artefaktları azaltmak için dikkatlice **shimming** uygulamak gerekebilir. Nadir vakalarda, hasta için spesifik frekans ayarlanması gerekebilir.
4. 1.5-T sisteminde test edilip güvenli olduğu tespit edilmiş cihazlar, 3-T sisteminde güvenli olmayabilir. Lütfen, cihazların yüksek manyetik alana sahip KMR ile güvenliğine dair bölümü kontrol ediniz. (Lütfen bölüm 1.6'ya bakınız.)

Donanım ile ilgili hususlar

KMR tarayıcısı

1. Klinik KMR taramaları için, MR tarayıcıları ≥ 1.0 -T alan gücünde olmalıdır ve tipik olarak kullanılan alan gücü 1.5-T'dir; her ne kadar bir dizi merkezde 3-T kullanılıyor olsa da.
2. Birden fazla sargı elementine (tipik olarak ≥ 8 element) sahip kardiyak görüntülemeye özel bir yüzey sargısı şiddetle tavsiye edilir. Bu sargı modeli ayrıca tarama zamanı ve soluk tutma süresini kısaltmaya yarayan paralel görüntüleme tekniklerinin uygulanabilmesi için de gereklidir.
3. **ECG-gating** (EKG-geçitlemesi) için uygun donanım ve yazılım gereklidir, tercihen vektör-kardiyografik geçitlemesi içermeli. EKG-geçitlemesi şu fonksiyonlara sahip olmalıdır: prospektif-geçitleme, retrospektif-geçitleme ve **triggered** (tetiklemeli) geçitleme.

Yazılım/darbe sekansları

1. KMR incelemesi için gerekli sekanslar: sine **bSSFP** görüntülemesi, hızlı çok-kesitli miyokart perfüzyon görüntülemesi, **LGE** görüntülemesi, faz-kontrast akım ölçümü ve 3B kontrastlı anjiyografik görüntüleme.
2. Paralel görüntüleme teknikleri (örn. Sensitivity encoding (**SENSE**), simultaneous acquisition of spatial harmonics (**SMASH**), generalized autocalibrating partially parallel acquisition_ (**GRAPPA**)) tarama zamanı ve soluk tutma süresinin kısaltılması için önemle tavsiye edilir.

Ek donanım

1. KMR uyumlu enjektör; miyokart perfüzyon

görüntüleme veya kontrastlı MR anjiyografi (MRA) tekniklerinin uygulanabilmesi için gereklidir.

Stres ajanları

Vazodilatör stres perfüzyon testi inotropik stres fonksiyonel testine nazaran daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Vazodilatör stres ajanları:

1. Adenozin: 2-4 dakika boyunca, 140 $\mu\text{g/kg/dk}$ (2-3 dakika sonra, kalp hızı dakikada 10 artmazsa ve/veya sistolik kan basıncı 10 mmHg'dan fazla düşmezse, kurumsal ve lokal normlara bağlı olarak maksimum 210 $\mu\text{g/kg/dk}$ 'ya kadar çıkılabilir)
2. Dipiridamol: 0.142 $\mu\text{g/kg/dk}$, 4 dakika üzeri
3. Regadenoson: 0.4 mg tek injeksiyon
4. Adenozin trifosfat (ATP): 3-5 dakika boyunca, 140 $\mu\text{g/kg/dk}$ (2-3 dakika sonra, kalp hızı dakikada 10 artmazsa ve/veya sistolik kan basıncı 10 mmHg'dan fazla düşmezse, kurumsal ve lokal normlara bağlı olarak maksimum 210 $\mu\text{g/kg/dk}$ 'ya kadar çıkılabilir)

İnotropik stres ajanları:

1. Dobutamin: tipik maksimum doz 40 $\mu\text{g/kg/dk} \pm$ atropin: 0.25 mg fraksiyonlar halinde (maksimum 2 mg) (iskemi) veya 2.5-10 $\mu\text{g/kg/dk}$ dobutamin (canlı doku değerlendirmesi)

Kontraendikasyonlar

Adenozin, dipiridamol, ATP, regadenoson

- 2. derece (tip 2) veya tam atriyoventriküler (AV) blok
- Sistolik kan basıncı < 90 mmHg
- Ciddi sistemik kan basıncı ($> 220/120$ mmHg)
- Sinüs bradikardisi (kalp hızı < 40 vuru/dk)
- Düzenli inhaler kullanımı gerektiren aktif bronkokonstriktif veya bronkospastik hastalık
- Adenozin, dipiridamol veya regadenoson'a karşı bilinen aşırı duyarlılık

Dobutamin

- İleri sistemik arteriyel hipertansiyon ($\geq 220/120$ mmHg)
- Stabil olmayan angina pectoris
- İleri aort kapak darlığı (pik gradyan > 60 mmHg veya kapak alanı < 1 cm^2)
- Kontrol altında olmayan atriyal fibrilasyon gibi kompleks kardiyak aritmiler
- Hipertrofik obstrüktif kardiyomiyopati

- Miyokardit, endokardit veya perikardit
- Kontrol altında olmayan kalp yetersizliği

Atropin

- Dar açılı glokom
- Myastenia gravis
- Obstrüktif üropati
- Obstrüktif gastrointestinal bozukluklar

Hasta hazırlanması

1. Merkez için uygulanabilir ise, stres testi için bilgilendirilmiş onam formu alınız.
2. Stres ajanlarının etkilerini tam olarak görmek için, hastalar aşağıdaki madde ve ilaçlardan incelemenden önce 12-24 saat boyunca, stres ajanıyla etkileşim riski nedeniyle uzak kalmalıdır.
 - Tüm vazodilatör ajanlar: kafein (kahve, çay, kafeinli içecekler veya yiyecekler - örn. çikolata, kafeinli ilaçlar), teofilin, dipiridamol.
 - Dobutamin: beta-bloker ve nitratlar.
Not: Kafein ve nikotin etkilerinin daha yüksek dozlarda adenoazin ve regadenoson ile aşılabileceğine dair veriler artmaktadır.
3. Aç kalmak zorunlu değilse de genellikle tavsiye edilir. Çünkü, stres ajanlarının bilinen yan etkilerinden olan bulantı ve kusma kısıtlı bir alanda sırtüstü uzanıldığında probleme yol açabilir.
4. Eğer adenoazin kullanılıyor ise, her biri bir kolda olmak üzere iki intravenöz yol kullanılması tercih edilir, biri gadolinyum bazlı kontrast madde (GBKA) için, diğeri adenoazin için. Tercih edilen kontrast infüzyon bölgesi antekübital damardır, ancak diğer damarlar da kullanılabilir. Kontrast ajan için en büyük kanül kullanılmalıdır. Kontrast ajanın infüzyon hızı kullanılan kanülün büyüklüğüne göre ayarlanmalıdır.
5. Kan basıncı manşonu, GBKA veya adenoazin infüzyonuna müdahale etmemeye özen gösterilerek kullanılmalıdır.
6. Regadenoson için sadece bir intravenöz yol gereklidir. Birçok merkez, stres görüntülerini elde ettikten sonra, 100 mg IV aminofilin ile regadenoson'un etkilerini gidermektedir. Bu müdahale, yan etkileri azaltabilir ve kalp hızını hızlıca başlangıç seviyesine döndürebilirse de, aminofilin aritmojenik yan etkilere sahip olduğu için dikkatli kullanılmalıdır. Yan etkiler genellikle 2-3 dakika sonra dağılır.
7. Regadenoson ile yan etkiler diğer vazodilatörlere göre daha az ciddi olarak değerlendirilmekte ise de, regadenoson'un yarı ömrü, aktif bir şekilde geri döndürülmezse daha uzundur.

Potansiyel yan etkiler

Adenoazin, ATP ve regadenoson kızarma, göğüs ağrısı, çarpıntı ve nefes darlığına neden olabilir. Daha ciddi yan etkiler arasında geçici kalp bloğu, geçici hipotansiyon veya bronkospazm bulunur.

Dipiridamol göğüs ağrısı, baş ağrısı ve baş dönmesine neden olabilir. Miyokard enfarktüsü, ventriküler taşikardi ve geçici iskemik atak gibi daha ciddi yan etkiler nadirdir.

Dobutamin yüksek dozlarda göğüs ağrısı ve çarpıntıya neden olabilir. Miyokard enfarktüsü, ventriküler fibrilasyon ve sürekli ventriküler taşikardi dahil olmak üzere daha ciddi komplikasyonlar nadirdir.

Stres ve güvenlik ekipmanları

1. İzleme ekipmanları (kan basıncı; kalp ritminin izlenmesi için en az tek derivasyon EKG; hasta ile iletişim kurmak için interkom; cihazı olan hastalar için - nabız oksimetre)
2. Hastanın tarayıcıdan hızlı bir şekilde çıkarılması için hazırlık ve düzenli departman tatbikatları
3. Yürürlükte olan acil canlandırma politikası
4. Tarayıcı odası dışında belirli bir konumda tutulan uygun resüsitasyon ilaçlarının bulunduğu resüsitasyon arabası, sarf malzemeleri ve ekipmanları
 - a. Hemen elinizin altında: beta-bloker (örn. esmolol veya metoprolol), nitrogliserin, aminofilin, bronkodilatör, oksijen
 - b. Resüsitasyon arabasında: eksiksiz acil durum ilaç seti (örn. epinefrin, beta-blokerler, atropin, bronkodilatörler, antiaritmikler)
5. Dobutamin için – görüntü alımı sırasında duvar hareketlerinin hızlıca değerlendirebilme becerisi

Gadolinyum bazlı kontrast ajan (GBKA) dozunun ayarlanması ve güvenlik

Bak. Tablo 1.

Notlar:

1. Hacimler ve enjeksiyon hızı, kontrast ajan ve tarama protokolüne bağlı olarak değişir.
2. Enjeksiyon hızları 1 mmol/ml kontrast ajanlar (örn. gadobutrol) ve 0.5 mmol/ml kontrast ajanlar için farklıdır. Kılavuz olarak, verilen enjeksiyon oranlarını 1 mmol/ml için 2 ile bölünüz.
3. Yüksek relaksiviteye sahip GBKA kontrast ajanları için daha düşük dozlar yeterlidir.

Tablo 1 Kontrast ve takip bolus dozları ve enjeksiyon hızları

Endikasyon	Kontrast dozu (mmol/kg)	İnjesiyon oranı	Salin takip dozu	İnjesiyon dozu
Perfüzyon	0.05–0.1	3–7 ml/s	30 ml	3–7 ml/s
Geç gadolinyum artışı	0.1–0.2		20 ml	
Anjiyografi (karotidler, böbrekler, aorta)	0.1–0.2	2–3 ml/s	20 ml	2–3 ml/s
Zamansal anjiyografi	0.05	3–5 ml/s	30 ml	3–5 ml/s
Periferik anjiyografi	0.2	ilk 10 ml @ 1.5 ml/s, istirahat @ 0.4–0.8 ml/s	20 ml	0.4–0.8 ml/s

Güvenlik hususları:

- 1988'den beri dünya çapında 300 milyondan fazla GBKA dozu uygulanmıştır [5]. GBKA'lar birçok uygulamada önemli tıbbi bilgiler sağlar ve mükemmel bir güvenlik profiline sahiptir.
- Bununla birlikte, nefrojenik sistemik skleroz (NSS) ve beyinde uzun süreli gadolinyum tutulumu, ilgili düzenleyici önlemler alınmasını sonuç vermiştir.
- 2017 yılında Avrupa İlaç Ajansı (EMA) tüm çok amaçlı lineer GBKA'ların pazarlama yetkilerini askıya almaya ve tüm makrosiklik GBKA'ları kullanmaya devam etmeye karar verdi. Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tüm GBKA'ların pazarlanma yetkisini devam ettirdi, ancak gadolinyum birikimi riskinin lineer GBKA'lar ile daha yüksek olduğu uyarısının reçete bilgisine dahil edilmesine karar verdi. Ayrıca, risk azaltma adımları ve her ürün için bir İlaç Kılavuzu ürün bilgileri güncellemelerinde yer almalıdır.
- Sağlık uzmanları, bir GBKA seçerken her bir ajanın gadolinyum tutulum karakteristiklerini göz önünde bulundurmalı; özellikle NSS veya gadolinyum tutulum riski daha yüksek olan hastalar için [6].
- Tüm KMR uygulamalarında GBKA dozu, yeterli görüntü kalitesini elde edecek şekilde mümkün olduğunca düşük tutulmalı ve ürünlerin reçetelendirme bilgilerinin yanı sıra kurumsal, bölgesel veya ulusal yönergelere uyulmalıdır.
- Mümkün olduğunca kontrastsız teknikler, kontrastlı tekniklere alternatif olarak düşünülmelidir.

- Cihazın çıkarılıp leadin bırakıldığı veya epikardiyal lead olan hastalarda, klinik endikasyon zorlayıcı değilse ve bilgilendirilmiş hasta onayı alınmadıkça tarama genel olarak yapılmamalıdır.
- Cihazın programlanması pil bağımlılığına ve elektrofizyoloji uzmanlarının tavsiyelerine bağlıdır. Genel olarak, hasta pil bağımlı ise, kalp pili asenkron moda ayarlanmalıdır. Pil bağımlı değil ise, 'nonpacing' veya 'inhibited' moda programlanmalıdır.
- Cihazlar KMR taramasından önce ve sonra kontrol edilmelidir.
- Tarama sırasında EKG ve oksijen saturasyon izlemi için eğitimli personel bulunmalıdır.
- Resüsitasyon ekipmanı tarayıcı odasına yakın bir yerde tutulmalıdır.

2. Görüntüleme

- Tarama sırasında, kalp pili jeneratörü olan taraftaki kolun baş üzerine yerleştirilmesi görüntü kalitesini artırabilir.
- Görüntüleme sırasında derin inspirasyon görüntü kalitesini artırabilir.
- bSSFP** sine görüntüler üzerinde belirgin artefaktlar var ise, **gradient-echo** sine görüntüleme tercih edilebilir.
- Cihaz ile ilgili görüntü artefaktlarını azaltmak için geniş-bant geç gadolinyum artışı görüntülenmesi faydalı olabilir, özellikle implante edilmiş bir defibrilatör varlığında.

Kardiyak cihazı olan hastaların görüntülenmesi (kalp pili ve defibrilatörler)

- Güvenlik
 - MR-uyumlu ve MR-uyumsuz cihazlara sahip hastalar için üretici ve kurumsal kılavuzları takip ediniz.
 - KMR taramasından <6 hafta önce implante edilen kalp cihazı olan hastalar, klinik endikasyon zorlayıcı değilse ve bilgilendirilmiş hasta onayı alınmadıkça tarama genel olarak yapılmamalıdır.

Genel teknikler**Sol ventrikül (LV) yapı ve fonksiyonu**

- Keşif görüntülenmesi – transaksial, koronal, sagittal – Genel olarak bunlar bir soluk tutulması sırasında alınmış tek bir kalp vurusunu içeren görüntülerdir.

2. Göğüs boyunca alınmış transaksiyel (8-10 mm) **bSSFP** veya fast spin echo (**FSE**) görüntüler. Bunlar, 1-2 soluk tutulması sırasında alınmış, **single-shot**, tek kalp vurusu görüntü setidir.
3. Kısa-aks görüntülerini hizalamak için keşif – uzun-aks hareketleri ve iç akımın görselleştirilmesi gerektiğinden, sine görüntüler **single-shot verine** tercih edilir
 - a. LV iki-boşluk (vertikal) uzun aks planlaması: Transaksial keşif görüntülerine dik ve apeks ve mitral kapakın merkezi ile hizalanmış. (Fig. 1).
 - b. LV dört-boşluk (horizontal) uzun aks planlaması: 2-boşluk uzun aksa dik, mitral kapak ve sol atriyumun merkezini geçerek ve LV'nin uzun aksı boyunca devam ederek (Fig. 1)
4. **bSSFP**, miyokart ve kan havuzu arasında yüksek SGO ve mükemmel kontrast sağladığından ötürü sine görüntüleme için tercih edilen yöntemdir.
 - a. 3T'da, **bSSFP** sine görüntülerin kalitesi artefaktlardan ötürü zarar görebilir; **spoiled gradient-echo** sekansları alternatif olarak düşünülebilir.
 - b. **Banding** artefaktını azaltma veya taşıma stratejileri, **shimming**, **TR** azaltma ve **RF** frekansını ayarlama (frekans 'keşif' sekansı bunun için yardımcı olabilir)
 - c. Sine görüntüleri soluk tutma sırasında alınır. Ekspirasyon sırasındaki soluk tutma daha tutarlı konumlandırma sağlar, ancak inspiratuar soluk tutma bazı hastalar için daha rahat ve sürdürülmesi daha kolay olabilir.
5. **bSSFP** kısa-aks sine görüntüleri (Fig. 2)
 - a. Görüntüler **LV** tabanından itibaren apekse doğru alınır.
 - b. İlk kısa-aks sine düzlemi 4 ve 2 boşluk uzun-aks görüntüleri kullanılarak planlanmalı ve LV gövdesinin uzun eksenine dik olmalıdır. Bu düzlem mitral kapak düzlemine her zaman paralel olmayabilir.
 - c. Kesit kalınlığı 6–8 mm, 2-4 mm ara boşluklar

- olsun olmasın (toplam 10 mm yapmak için).
- d. Duvar hareketi değerlendirmesini optimize etmek için fazlar arasında zamansal rezolüsyon ≤ 45 ms
- e. Tarama süresini kısaltmak için mevcudiyet durumuna göre paralel-görüntüleme veya **compressed-sensing** kullanılabilir.

6. **bSSFP** uzun-aks sine görüntüleri

- a. 4-boşluk uzun-aks, 2-boşluk uzun-aks görünümünden apeks ve mitral ve triküspit kapakların merkezi boyunca planlanır. Bu planlama, bazal kısa-aks görüntüler üzerinden kontrol edilerek değiştirilebilir; düzlemin sağ ventrikül (**RV**) serbest duvarının keskin uç kenarını geçmesi ve interventriküler septuma dik olması sağlanarak.
- b. 2-boşluk **LV** görünümü, önceden elde edilmiş olan vertikal uzun-aks keşif üzerinden planlanır; anterior ve inferior miyokardiyal duvarlardan geçmesi için modifiye edilerek.
- c. 3-boşluk **LV**, apeks ve mitral kapakın merkezini geçecek şekilde ve LV çıkış yolu (**LVOT**)'dan aort kapakına doğru hizalanarak planlanır. Bazal kısa-aks üzerinde görüldüğü üzere (Fig. 3)
- d. İsteğe bağlı - 3'ten fazla uzun-aks görünümü elde edilebilir.

7. **Real-time** sine görüntülemesi (opsiyonel)

- a. Ventriküller arası bağımlılığın (inter-dependence) değerlendirilmesi veya düzensiz ritim veya soluk tutma problemi yaşayan hastalarda, standart bir sine görüntülemesi elde edilemiyorsa, **real-time** sine görüntülemesi (çeşitli farklı k-uzay edinimi yaklaşımları kullanarak) **LV** fonksiyonunun değerlendirilmesi için kullanılabilir.
- b. Fazlar arasında zamansal rezolüsyonun ≤ 60 ms olması tercih edilir.
- c. **Real-time** sine görüntülemesi kullanarak **LV** hacim kantifikasyonu tipik olarak daha az doğru ve hassastır.

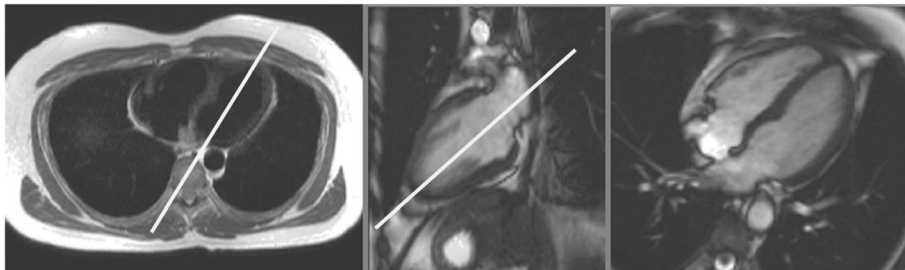


Fig. 1 Sol – Kara kan aksiyel keşif görüntüsü (sol ve sağ ventrikül tabanı boyunca). 2-boşluk uzun-aksın planlaması beyaz çizgi ile gösterilmiştir. Merkez – parlak kan 2-boşluk uzun-aks keşif görüntüsü. 4-boşluk uzun-aksın planlaması beyaz çizgi ile gösterilmiştir. Sağ – Parlak kan 4-boşluk uzun-aks keşif görüntüsü

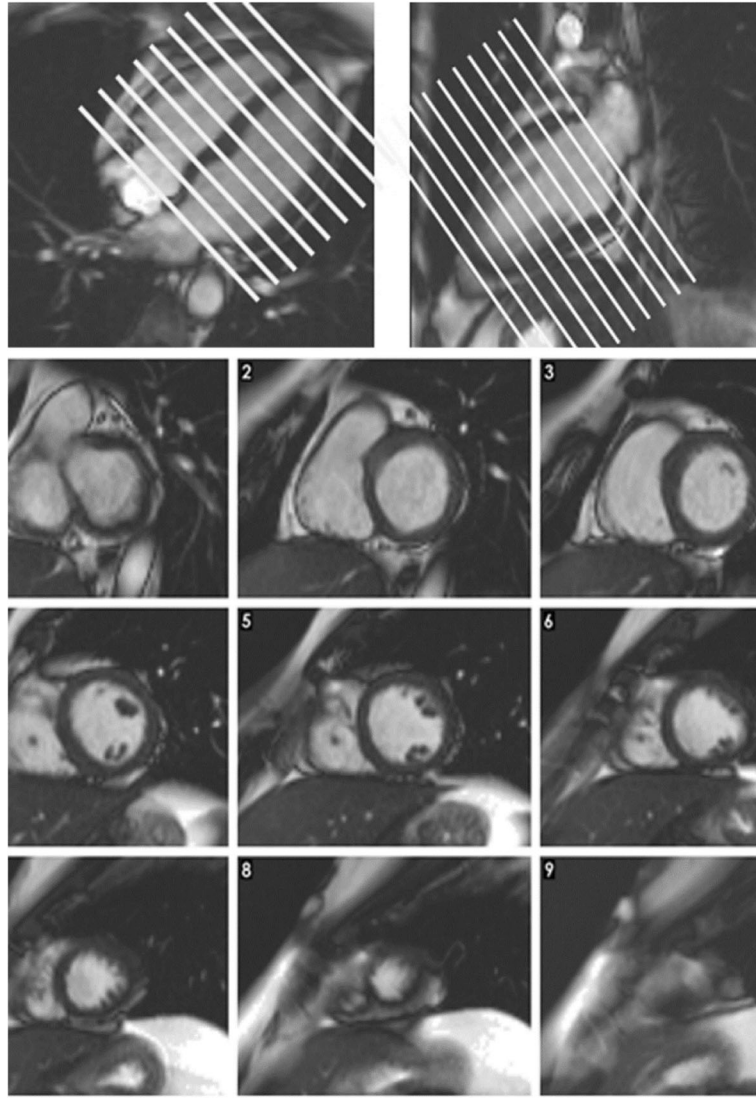


Fig. 2 Üst – Kısa-aks düzlem planlaması, mitral kapağa paralel olarak 4-boşluk uzun-aks düzlemi (*sol*) ve 2-boşluk uzun-aks düzlemi (*sağ*). Alt panel – 9 kısa-aks sine kesitleri bazal seviyeden itibaren gösterilmektedir (üst sol) apekse doğru (alt sağ)

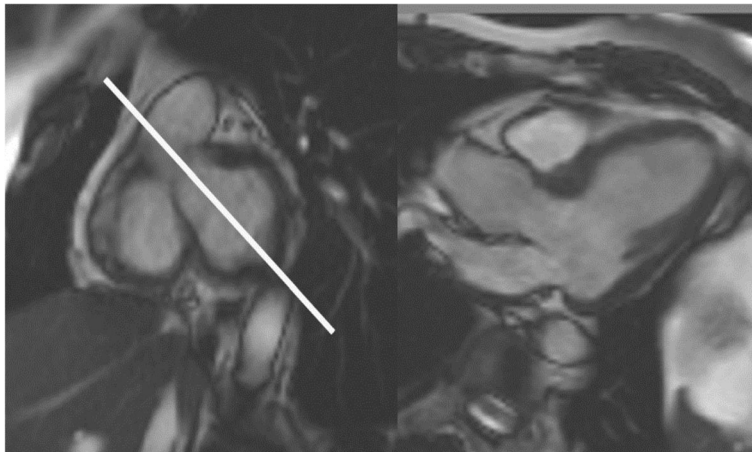


Fig. 3 Sol – Bazal kısa-aks sine görüntüsü. 3-boşluk uzun-aksın planlaması beyaz çizgi le gösterilmiştir. Sağ – 3-boşluk uzun-aks sine görüntüsü

Sağ ventrikül (RV) yapı ve fonksiyonu

1. RV kısa-aks görüntüleri, LV yapı ve fonksiyonuna benzer şekilde elde edilebilir. Kantifikasyon için kısa-aks kullanılıyorsa, bazal kısa-aks kesidini hemen RV'nin miyokardiyal tarafına yerleştirmek önemlidir.
2. Uzun-aks görüntüleri, triküspit kapak iç-akım ve RV çıkış yolu ile hizalanmış bir RV vertikal uzun-aks görünümü (pulmoner kapak boyunca sagittal veya oblik sagittal düzlem) içermelidir. (Fig. 4)
3. RV'nin kapsandığı transaksiyel sine görüntüleri RV hacim ölçümleri için alternatif olarak değerlendirilebilir. (Fig. 4)

İlk geçiş perfüzyon (FPP)

1. LV yapı ve fonksiyonu için keşif görüntüleme
2. Darbe sekansları: Tipik olarak saturasyon-düzeltme görüntüleme (**bSSFP**), gradyan eko (**GRE**) veya **GRE-echo planar (GRE-EPI)**
3. Kısa-aks görüntüleme (her kalp atımı için en az 3 kesit)(Fig. 5)

- a. İskemi değerlendirmesi için, mümkünse her kalp atışında veri elde edilmelidir.
- b. Kesit kalınlığı 8-10mm
- c. Paralel-görüntüleme, mümkün ise
- d. Düzlem rezolüsyonu, $\sim < 3$ mm
- e. **Readout** zamansal rezolüsyon $\sim 100-125$ ms veya mümkün olduğunca daha kısa
- f. Kontrast verilir (0.05-0.1 mmol/kg, 3-7 ml/s), ardından en az 30 ml salin yıkaması (3-7 ml/sn)
- g. Soluk tutulması kontrast LV boşluğuna ulaşmadan başlar.
- h. LV miyokartından kontrastın geçtiğinden emin olmak için yeterli sayıda görüntü edinin (tipik olarak en az 50-60 kalp atışı, ancak düşük kardiyak debisi olan hastalarda daha fazla görüntü alınması gerekebilir)
- i. İsteğe bağlı olarak görüntüler serbest-solunum ile de elde edilebilir, özellikle hareket düzeltme sekansları mevcutsa.

Geç kontrast artışı (LGE)

1. Darbe sekansları:

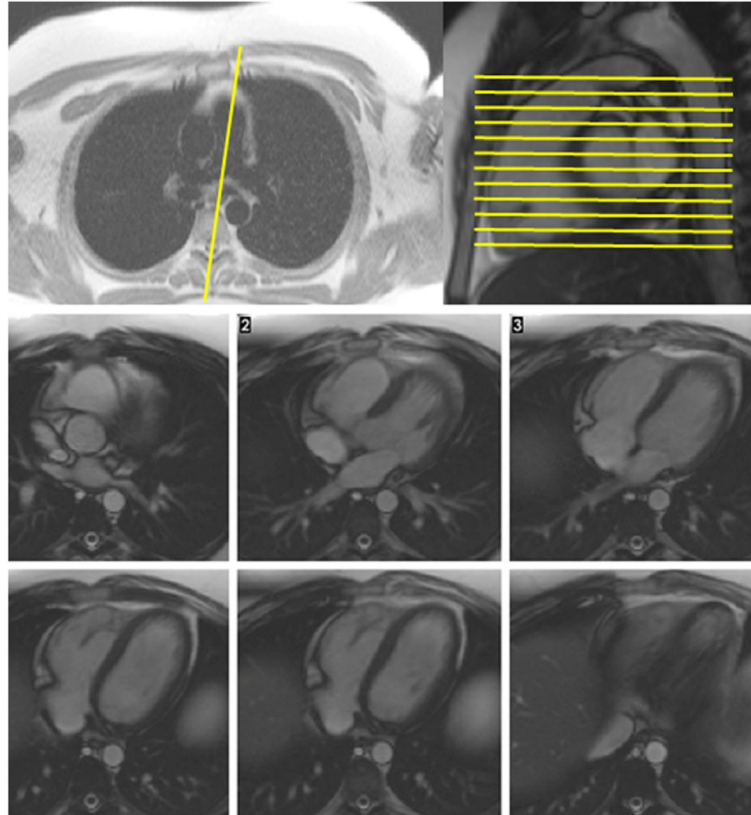


Fig. 4 Üst sol – aksiyel kara kan keşif görüntüsü, pulmoner arter boyunca RV çıkış yolu (RVOT) planlaması sarı çizgi ile gösterilmiştir. Üst sağ – RVOT sine görüntüsü. Aksiyel dizin görüntülerinin planlaması sarı çizgiler ile gösterilmiştir Alt panel – 6 sıralı aksiyel görüntü RVOT'den (sol üst) RV'nin alt ucuna (alt sağ) doğru gösterilmiştir.

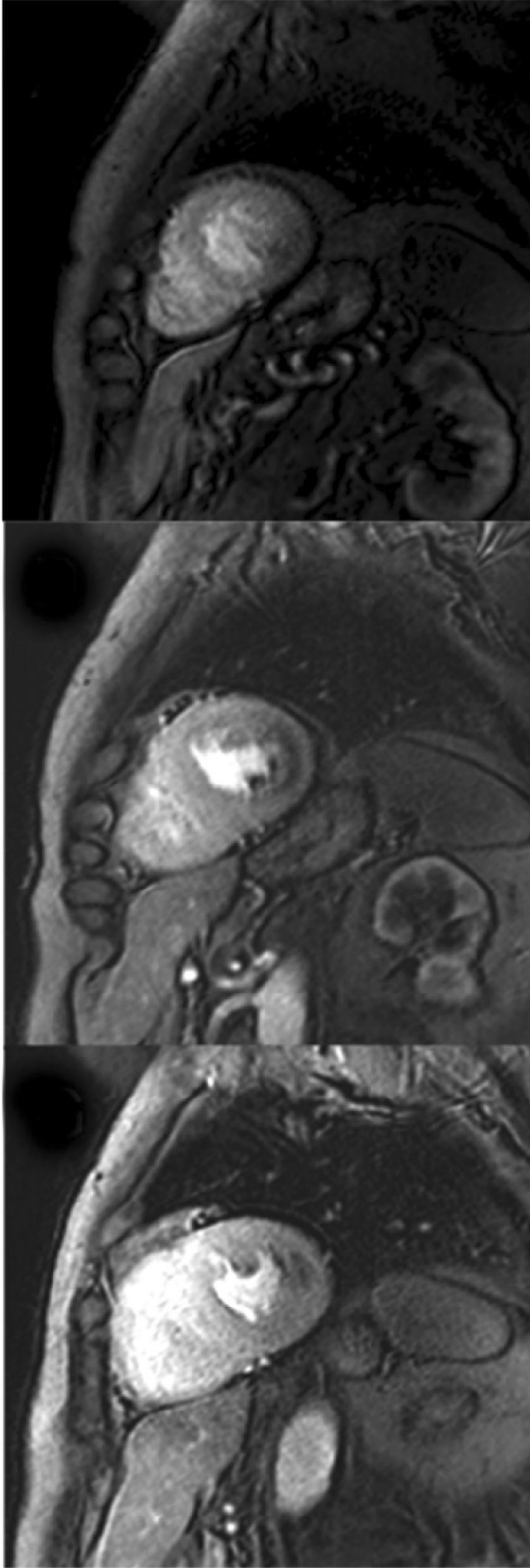


Fig. 5 Üç kısa-aks görüntüsü (apikal bölge üstte, mid bölge ortada ve bazal bölge altta) gadolinyum bazlı kontrast maddenin miyokarttan ilk geçişi sırasında elde edilmiştir. Orta ve bazal kesitlerde, lateral duvarda perfüzyon defektine dikkat ediniz.

- a. 2B segmentli inversiyon-düzelme **GRE** veya **bSSFP**, faz-duyarlı inversiyon-düzelme (**PSIR**) veya 3B sekanslar soluşunu yeterli süre tutabilen uygun hastalarda, SGO da yeterli ise tercih edilir.
 - b. Tek vuru görüntülemesi (**bSSFP readout**) alternatif ikinci bir görüntü seti olarak veya düzensiz kalp ritmi olan ve/veya soluk tutma güçlüğü çeken hastalarda yedek çekim olarak uygulanabilir.
2. **GBKA** enjeksiyonundan sonra en az 10 dakika bekleyin (dozlama için bkz. Tablo 1). Düşük gadolinyum dozları kullanılırsa, kan havuzu sinyali geç kontrast tutmuş miyokartın altına düştüğü için, 10 dakikadan kısa beklenebilir. Görüntüler genellikle diyastolde elde edilir. Ayrıca, stres ve dinlenme perfüzyon görüntüleme yapılırsa, bekleme süresi 2. kontrast enjeksiyonundan sonra 5 dakika olmalıdır.
 3. Sine görüntüler ile aynı görünüm (kısa- ve uzun-aks görüntüler (Fig. 6))
 4. Kesit kalınlığı, sine görüntüler ile aynı görünüm
 5. Düzlem rezolüsyonu, ~ 1.4–1.8 mm



Fig. 6 Dört boşluk uzun-aks inversiyon-düzelme gradyan eko geç gadolinyum artış görüntüsü; %50–75 transmural apikal septal ve apikal miyokart enfarktüsü olan bir hasta.

6. Her R-R aralığı için 200 ms altında görüntü alımı süresi; görüntü bulanıklığını önlemek için taşikardi durumunda daha az olmalıdır.
7. İnversiyon süresi (**TI**), normal miyokartın sıfırlanması için ayarlanmalıdır. “**TI** keşif”, R dalgasının başlangıcında oynatılan inversiyon darbesi ile olan bir sine sekansdır ve **TI**'yi ayarlamak için kaba bir kılavuz olarak kullanılır. Bununla birlikte, **TI** keşif sekansı genellikle bölümlere ayrılmış **LGE** sekansı ile aynı **readout** parametrelerine sahip değildir ve doğru **TI**, iki sekans arasında 50 ms'ye kadar farkedebilir. Alternatif olarak, **TI**'nin hassas bir şekilde ayarlanması ihtiyacını ortadan kaldıran bir **PSIR** sekansı kullanılabilir.
 - a. Uzun bir inversiyon süresi (1.5-T'de ~ 550 ms ve 3-T'de 850 ms) kullanarak görüntüleme, **no-reflow** bölgeleri veya mural trombüsü canlı miyokart dokusundan ayırt etmede yardımcı olabilir.
 - b. Kısa bir inversiyon süresi (~ 200 ms) ve **PSIR** kullanarak görüntüleme subendokardiyal skarın ayırt edilmesinde yardımcı olabilir.
8. **Read-out** genellikle her diğer kalp atışında yapılır, ancak bradikardi (<60 vuru/dk) durumunda her kalp atışına ve taşikardi (> 100 vuru/dk) veya aritmi durumlarında ise her üçüncü kalp atışına ayarlanmalıdır.
9. Kara-kan **LGE** görüntülemesi (opsiyonel)
 - a. Mevcutsa, akıştan bağımsız “siyah kan” teknikleri, geleneksel **LGE** görüntülemeye kıyasla subendokardiyal **LGE**'yi kan havuzundan ayırmada yardımcı olabilir.
 - b. İnversiyon süresi (kullanılan belirli diziye göre ayarlanır) dışındaki ayarlar, geleneksel **LGE** görüntülemeye benzer.

Stress perfüzyon (vazodilatör)

1. **LV** yapı ve fonksiyonu (alternatif olarak, stres ve istirahat perfüzyonu arasında gerçekleştirilebilir, her ne kadar kontrast infüzyonunun hemen sonrasında görüntü alımı kan-endokart arası kontrastı azaltsa da)
2. **Adenozin** stres perfüzyon görüntülemesi. Seçenek – ilk **adenozin** infüzyonu hasta tarayıcı dışında iken gerçekleştirilebilir. Sonrasında hastayı infüzyonun ikinci safhasında tarayıcı içine ilerletiniz.
 - a. İlk geçiş perfüzyonu
 - b. **Adenozin** infüzyonunun son dakikasında **GBKA** enjekte edilir.
 - c. Dipiridamol için aynı yaklaşımı kullanınız.
3. Alternatif olarak: regadenoson stres perfüzyon görüntüleme (bolus injeksiyon 0.4 mg).
 - a. İlk geçiş perfüzyon

- b. Regadenoson injeksiyonundan takriben 45-60sn sonra, **GBKA** injekte ediniz.
4. İstirahat Perfüzyonu
 - a. Stres perfüzyon görüntülemenin etkisinin geçmesi için en az 10 dakika bekleyin. Bu süre zarfında sine görüntüleme tamamlanabilir (örn. uzun-aks görüntüleri).
 - b. Aynı doz **GBKA** kullanarak adenozin/regadenoson olmadan tekrarlanan perfüzyon görüntüleme
 - c. Kurumsal politika ve deneyimlere bağlı olarak istirahat perfüzyonu atlanabilir. İstirahat taramasının çok az bilgi eklediği ve mümkün olduğunda atlanması yönünde veriler artmaktadır.
 - d. Ek **GBKA**, geç gadolinyum artışı için gerekeceği için verilebilir (toplam 0.1–0.2 mmol/kg)
5. Geç gadolinyum artışı
 - a. Gerçekleştirilmiş ise, istirahat perfüzyonundan sonra en az 5 dakika beklenmesi gerekir
6. Seçenek – Kantitatif perfüzyon görüntüleme
 - a. Kontrast madde konsantrasyonu ile sinyal yoğunluğu arasında doğrusal bir ilişki olmamasının etkisini azaltmak için çift-bolus veya çift-sekans yaklaşımını kullanmayı düşünün.
 - b. Kontrast enjeksiyonundan önce proton yoğunluklu görüntüler eklemeyi düşünün. Bu, tam kantifikasyon için başlangıç düzeltmesi olarak kullanılabilir, ancak tüm tarayıcılarda bulunmayan belirli bir yazılım gerektirir.

Stres fonksiyonu (dobutamin veya egzersiz)

1. **LV** yapı ve fonksiyonu
2. **Dobutamin** stimülasyonu (Bak 1.2, Stres ajanlar)
 - a. Hedef kalp atış hızına [% 85 x (220-yaş)] ulaşılan kadar 10 ug/kg/dk ile başlayarak her 3 dakikada bir 10 ug/kg/dk dozunda artışlarla dobutamini arttırın.
 - b. Kalp atış hızı yanıtı yetersizse 0,5 mg artışlı dozlarda atropin ekleyin.
 - c. Her artış sırasında 3 kısa-aks ve 3 uzun-aks sine görüntülerini tekrarlayın. Düşük kalp hızlarında, soluk tutularak veya **real-time** görüntüleme ile görüntüler edinilebilir, ancak yüksek kalp hızlarında, zamansal rezolüsyonu iyileştirme yeteneğinden ötürü soluk tutulması önerilir.
 - d. Her aşamada ve sürekli EKG monitörizasyonu ve kan basıncı ölçümü
 - e. Sine görüntülerini alındıktan sonra her aşamada görüntüleyin.
 - f. Kalp atış hızı arttıkça zamansal rezolüsyonu optimize etmek için **bSSFP** sine sekansını uyarlayın.

- g. Yeni bir duvar hareketi anormalliği, ciddi bir yan etki veya hedef kalp atış hızına ulaşılması durumlarında testi durdurun.
3. Alternatif - tarayıcı odasında KMR uyumlu bir koşu bandı ile başlangıçta ve zirve egzersizi sonrasında görüntüleme (3 kısa-aks ve 3 uzun-aks sine görünümü). Egzersiz sonrası taramalar için **bSSFP** sine sekansının zamansal rezolüsyonunun kısaltılması gerekecektir.
4. Alternatif – sırt üstü bisiklet egzersizi – KMR uyumlu ergometre ile başlangıçta ve pik egzersizden sonra yapılan görüntüleme (3 kısa-aks ve 3 uzun-aks sine görünümü). Egzersiz sonrası taramalar için **bSSFP** sine sekansının zamansal rezolüsyonunun kısaltılması gerekecektir.
4. Görüntüleme parametreleri: kesit kalınlığı 5-8 mm; damar çapının en az 1/10'u düzlem rezolüsyonu. Hız kodlama sensitivitesi (**Venc**) beklenen hızlara adapte edilmelidir – **aliasing** olmadan mevcut en düşük hız kullanılmalıdır. Her taramadan sonra, faz farkı görüntülerinin **aliasing** için kontrol edilmesi gerekir. **Aliasing** varsa, **Venc** ayarlarının buna göre artırılması gerekir. Mevcutsa, bir hız keşfi **Venc**'in optimum şekilde ayarlanmasına olanak verebilir.
5. Fazlar arasında ≤ 50 ms'lik zamansal çözünürlük tercih edilir. Zamansal rezolüsyon, gerçekte elde edilen görüntüler arasındaki zaman olarak hesaplanmalıdır. Birçok satıcı, görüntü interpolasyonu ile ekstra karelerin oluşturulmasına izin verir, bu da zamansal rezolüsyonu yapay olarak iyileştirir. Retrospektif alım tüm kardiyak döngüyü kapsar ve daha uygundur, ancak aritmiyle ilgili yanlışlıkları gizleyebilir.
6. **Read-out** için, görüntü alım süresini bir soluk tutma ile sınırlamak amacıyla çoklu kalp atımları üzerinde k-uzay segmentasyonu kullanılır. Alternatif olarak, gerektiğinde zamansal veya uzamsal rezolüsyonu iyileştirmek için navigatör temelli serbest-solunum teknikleri uygulanabilir. Ayrıca, çoklu sinyal ortalamaları (**NEX, NSA**) ile serbest-solunum yaklaşımlarının nefes tutma kapasitesi sınırlı hastalarda yararlı olduğu kanıtlanmıştır.
7. Eko süresi (**TE**), özellikle stenozlar görüntülendiğinde en kısa süreye ayarlanmalıdır.
8. Mevcutsa, **4D Flow KMR** sekansını göz önünde bulundurun. Uygulaması giderek daha kolay olan bu tekniğin klinik olarak benzersiz bir kavrayış sunabildiği gösterilmiştir.

Kan akım kantifikasyonu

1. Genellikle diğer kardiyovasküler protokollerin bir parçasıdır. Mevcut keşif görüntüleri kullanılabilir. En iyisi ilgilenilen damar iki yönde gösteriliyorsa veya MRA tarayıcıda daha fazla planlama için yeniden biçimlendirilebilir de (örn. ek **bSSFP**, kontrastlı (CE) - MRA veya tek atımlı kara kan keşifler yardımcı olur).
2. Sekans: tipik olarak tek yönlü (**through-plane**) hareket-kodlamalı sine gradyan-eko sekansları uygulanır (Fig. 7)
3. Optimum sonuçlar için görüntüleme düzlemi
 - a. İlgilenilen damarda merkezlenmiş
 - b. İki uzamsal yönde beklenen ana kan akış yönüne dik olarak hizalanır
 - c. Tarayıcının izo-merkezinde ortalanmış

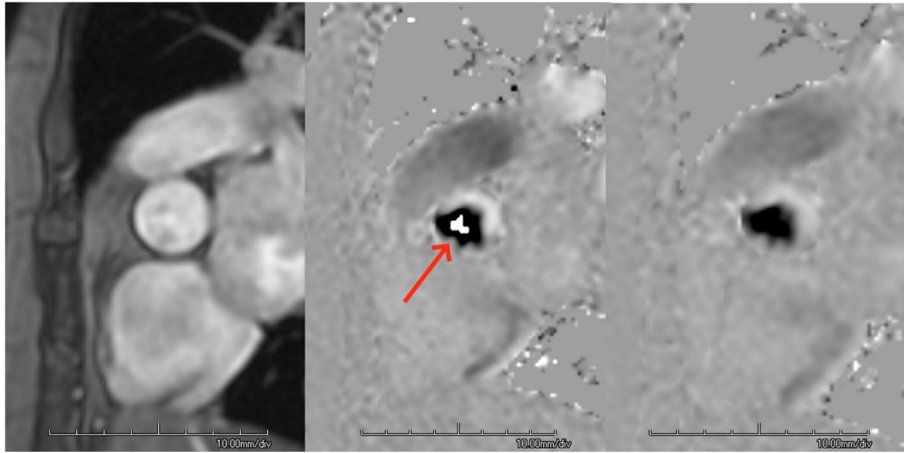


Fig. 7 Aort darlığı olan bir hastada sinotübüler bileşkede hız-kodlu akım kantifikasyon sekansı. İlk sekans (Magnitüd [sol] ve hız [merkez] görüntüler) çok düşük olan 250 cm/sn VENC ile alındı, aliasing (kırmızı ok) belirgin. Sekans yeniden 350cm/sn VENC ile alındığında (sağ), aliasing kayboldu.

İleri doku karakterizasyonu

Doku karakterizasyonu alanı hızla gelişen bir alandır ve satıcı platformlarında bulunan darbe sekansları önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Ölçülen değerler genellikle farklı ve kuruma özgü olabilmesine rağmen, görüntü alımları 1,5-T ile 3-T arasında benzerdir. Bu nedenle, aşağıda standartlaştırmaya yönelik sadece genel yönergeler listelenmiştir. Her bir kurum kendi normal değerlerini belirlemelidir. Özellikle 3-T'da görüntüleme öncesinde **manuel shimming**, optimum performans için düşünülmelidir. Ayrıntılı öneriler için lütfen [7] 'ye bakın.

1. T1 haritalama

- Doğal T1 mapping, kontrast ajan kullanmadan gerçekleştirilir.
- Look Locker** görüntüleme (modified Look Locker Inversion recovery (**MOLLI**) veya shortened MOLLI (**ShMOLLI**) veya eşdeğer) kullanılmalıdır.
- Diyastol, sistolün tercih edilebileceği atriyal fibrilasyon hariç görüntü alımı için en iyi zamandır. Yüksek kalp atım hızına sahip hastalarda, bu kalp atım hızları için tasarlanmış spesifik sekanslar kullanılmalıdır.
- Elde edilen görüntülerde hareket/artefakt kontrolü yapılmalı ve gerekirse çekim tekrarlanmalıdır.
- Kesit kalınlığı: 6–8 mm, düzlem rezolüsyonu ~ 1.6–2.0 mm
- Elde edilen kesitlerin sayısı ve yönü endikasyona bağlıdır. Her zaman en az bir kısa-aks harita elde edilmelidir.
- Ekstrasellüler hacim ölçümleri için, T1 haritalama kontrasttan önce ve kontrast bolusundan sonra 10 ila 30 dakika arasında en az 1 zaman noktasında
- Hematokrit, en doğru ekstrasellüler hacim fraksiyon ölçümü için görüntülemenin yapıldığı 24 saat içinde ölçülmelidir.

2. T2 haritalama ve **T2w** görüntüleme

- Haritalama - kantifikasyon hedefleniyor ve sekans mevcutsa
 - Birçok alternatif mevcut: farklı T2-hazırlık süresi ile elde edilen **T2-prepared single-shot bSSFP** sekansı, gradyan ve spin eko (**GraSE**) veya **FSE**-bazlı darbe sekansları gibi
 - Gerektiğinde hareket düzeltme
 - Kesit kalınlığı: 6–8 mm, düzlem rezolüsyonu ~ 1.6–2.0 mm
 - Elde edilen kesitlerin sayısı ve yönü endikasyona bağlı olacaktır. Kısa-aks haritaları her zaman alınmalıdır.
- T2w** Görüntüleme

i. Kara kan **T2w short Tau inversion recovery (STIR)**

- Potansiyel tuzaklar - düşük akım olan alanlarda parlak sinyal, hareket nedeniyle sinyal düşmesi ve intramyokardial kanama olan bölgelerde düşük sinyal.

ii. Parlak kan **T2w sequences**

1. **T2-prepared single-shot bSSFP sequence**

- FSE-bSSFP hybrid** alternatif olarak
- Potansiyel tuzak –parlak sinyal endokardiyal sınırı gizleyebilir

3. T2* haritalama

- T2* görüntüleri kontrast uygulamasından önce elde edilmelidir.
- Darbe sekansı, tek bir soluk tutma ile, ~ 2 ms başlayıp ~ 18 ms'ye kadar uzanan, 2 ms aralıklı 6-9 ekoluk dizi içeren **gradient-echo, multi-echo** taramadır. R dalgasından sonra 0 ms'lik gecikme süresi tipik olarak kullanılır.
- Opsiyonel - şiddetli demir birikimi olan hastalarda, daha kısa eko aralığına sahip bir darbe dizisi, T2* değerlerini doğru bir şekilde belirlemek için yardımcı olabilir: 1 ms aralıklarla, 1 ms ile başlayıp ~ 12 ms'ye kadar uzanan 6-9 ekoluk bir dizi
- Tek bir mid-ventriküler kısa-aks görüntüsü elde edilir.
- Kesit kalınlığı: 8–10 mm, düzlem rezolüsyonu ~ 1.6–3.0 mm
- (Opsiyonel) Yukarıdakine benzer bir görüntüleme sekansı, **ECG-gated** olmasa da, hepatik demir birikimini değerlendirmek için karaciğerin mid bölgesinde aksiyel oryantasyonda elde edilir. **ECG-gating** olmaması, yinelemeli eko zamanlarının daha yakın aralık ile alımına olanak vererek daha fazla sayıda eko alımını sağlar.

Hızlı protokoller

1,5-T tarayıcılar için hızlı protokoller geliştirilmiş ve kardiyomiyopati değerlendirmeleri için başarıyla uygulanmıştır. Kardiyomiyopatilere ek olarak, hızlı protokollerin uygulanabileceği ek endikasyonlar, canlı doku tayini için kronik iskemik kalp hastalığı ve hipertansif kalp hastalığını içerir. Bu protokol, inceleme sürelerini en aza indirir ve maliyet etkinliğini en üst düzeye çıkarır. Test edilen protokol aşağıdaki gibidir:

- Lokalizatörler, 2-boşluk keşif görüntüsü, 3 kesitlik kısa-aks keşif görüntü dizini ve anatomik değerlendirme için transvers kara-kan **single-shot FSE** dizisi.
- Sine görüntüleme: dört, iki, üç boşluk ve aort kapak segmentli k-uzay sine alımları.

3. Uygun dozda GBKA enjeksiyonu
4. Sine görüntüleme: kısa-aks sine dizini (7 mm kesit kalınlığı, 3 mm seriler arası boşluk) segmentli k-uzay sine alımları.
5. **LGE** görüntüleme:
 - a. İnversiyon süresini belirlemek için isteğe bağlı sekans
 - b. Standart uzun ve kısa aks düzlemlerinde segmentli k-uzay **LGE** görüntü alımı (faz-duyarlı ve magnitud rekonstrüksiyonları ile)

Hastalıklara spesifik protokoller

İskemik kalp hastalığı

KMR, iskemik ve çeşitli iskemik olmayan akut miyokardiyal hasar formlarını ayırt etmede eşsiz bir şekilde yardımcı olabilir. Miyokart enfarktüsü (**MI**) tanısı konduktan sonra bile, KMR rezidüel canlılığı, stunning ve mikrovasküler hasarı belirlemede yardımcı olabilir. Ek olarak, **MI** sonrası sekeller olan **LV** trombüsü, **LV** anevrizması veya psödoanevrizma oluşumu ve perikardit kolayca tanımlanabilir.

Akut MI veya koroner sendromlar

1. LV yapı ve fonksiyonu
2. İleri doku karakterizasyonu - opsiyonel, sıklıkla akut nekrotik yaralanmaya eşlik edebilecek ödem/inflamasyonu değerlendirmek için kullanılır.
3. Opsiyonel - İlk geçiş perfüzyonu (sadece istirahat). Sorumlu damar revaskülarize edilmişse enfarktüs dışı bölgelerde iskemiye değerlendirmek için stres perfüzyonunu düşünün
4. İsteğe bağlı - Erken gadolinyum artışı, erken mikrovasküler tıkanıklığı (MVO) aramak için kontrast infüzyonundan sonraki ilk 1-3 dakika içinde
5. **LGE**

Kronik iskemik kalp hastalığı ve canlı doku değerlendirmesi

KMR'nin genel amacı, temel LV morfolojisi, kontraktilesi, canlılık ve (sıklıkla) iskemiye belgelemektir. Takip görüntüleme, klinik olaylar ve/veya tıbbi tedavi müdahaleleri sonrasında ventriküler yeniden şekillenmedeki değişikliklerin yanı sıra skar ve/veya iskemi yükünün değerlendirilmesinde yardımcı olabilir. LV trombüsünün saptanması da önemlidir.

1. LV yapı ve fonksiyonu
2. İleri doku karakterizasyonu - opsiyonel, ancak diğer potansiyel patolojileri dışlamak için kullanılabilir
3. Opsiyonel - duvar kalınlaşmasında iyileşme olarak tanımlanan kontraktıl rezervi değerlendirmek için 5–10 dk 2,5–10 µg/kg/dk dobutamin infüzyonu ile düşük doz dobutamin

4. İsteğe bağlı - indüklenabilir iskeminin varlığını belirlemek için vazodilatör stres-istirahat perfüzyonu veya yüksek doz dobutamin fonksiyonel görüntüleme
5. **LGE**

Non-iskemik kalp hastalığı

Hipertrofik kardiyomiopati (HKM)

HKM görüntülemenin hedefleri arasında **LV** kütlesi ve hacimleri, global fonksiyon ve maksimum duvar kalınlığı (sine görüntüleme ile), skar (**LGE** ve T1 haritalama) değerlendirmesi ve varsa **LVOT** gradyanının ölçülmesi yer alır.

1. **LV** yapı ve işlevi
2. 3-boşluk **bSSFP** görüntüde **LVOT** akış görüntüleme: mitral kapak veya kordada sistolik anterior hareket ve türbülans değerlendirmesi. **LVOT** obstrüksiyonu varsa, gradyan için faz hızı ölçümleri (Üç boşlukta **in-plane** veya **LVOT**'ye perpendiküler **through-plane** faz-hız ölçümleri)
3. İleri doku karakterizasyonu - sıkça kullanılmasına rağmen isteğe bağlı
4. Opsiyonel - altta yatan iskemi düşünüldüğünde vazodilatör stres perfüzyonunu düşünün
5. **LGE**

Hipertansif kalp hastalığı

Hipertansif kalp hastalığı görüntülemenin hedefleri arasında **LV** kitlesi, duvar kalınlığı, hacimler, global işlev (sine görüntüleme ile) ve skar (**LGE** ve T1 haritalama) değerlendirilir.

1. LV yapı ve fonksiyonu
2. İleri doku karakterizasyonu - sıkça kullanılmasına rağmen isteğe bağlı
3. Opsiyonel - indüklenabilir iskeminin varlığını belirlemek için vazodilatör stres-istirahat perfüzyonu veya yüksek doz dobutamin fonksiyonel görüntüleme
4. İsteğe bağlı - ikincil hipertansiyon nedenlerini dışlamak için aortik görüntüleme ve renal MRA
5. **LGE**

Sol ventriküler non-kompaksiyon

LV non-kompaksiyonu görüntülemenin hedefleri arasında trabekülasyonların değerlendirilmesi ve kompakt ve kompakt olmayan segmentlerin duvar kalınlığının ölçülmesinin yanı sıra LV hacimleri, global fonksiyonu, trombüsü ve skar (**LGE**) değerlendirmesi

1. LV yapı ve fonksiyonu

- İleri doku karakterizasyonu - diğer potansiyel etiyolojileri dışlamak için sıklıkla kullanılmasına rağmen isteğe bağlıdır.
- İsteğe bağlı - indüklenabilir iskeminin varlığını belirlemek için vazodilatör stres-istirahat perfüzyonu veya yüksek doz dobutamin fonksiyonel görüntüleme

4. **LGE**

Dilate kardiyomiyopati

Dilate kardiyomiyopatiyi görüntülemenin amaçları arasında **LV** kitlesi, hacimleri ve global fonksiyonun (sine görüntülemeyle) ölçülmesi ve skarın (**LGE** ve T1 haritalama) değerlendirilmesi bulunur.

- LV** yapı ve işlevi
- İleri doku karakterizasyonu - sıkça kullanılmasına rağmen isteğe bağlı
- Opsiyonel - indüklenabilir iskeminin varlığını belirlemek için vazodilatör stres-istirahat perfüzyonu veya yüksek doz dobutamin fonksiyonel görüntüleme

4. **LGE**

Aritmojenik ventriküler kardiyomiyopati (AVC)

AVC görüntülemenin hedefleri arasında **RV** ve **LV** hacimlerinin ölçülmesi ve global ve bölgesel fonksiyon (sine görüntüleme ile) ve RV ve LV skarının (**LGE**) değerlendirilmesi bulunur.

- LV yapı ve fonksiyonu - 5-6 mm kesit kalınlığını göz önünde bulundurun.
- RV** çıkış yolu (**RVOT**) dahil **RV**'yi kapsayan transaksyonel veya oblik transaksyonel **bSSFP** sine görüntüleri (kesit kalınlığı 5-6 mm). Triküspit içakımı ile hizalanmış bir RV vertikal uzun-aks görüntüsü önerilir.
- İsteğe bağlı diziler
 - Seçilmiş transaksyonel veya oblik transaksyonel karakan görüntüleri (çift inversiyon-düzeltme T1 ağırlıklı (T1w) **FSE**)
 - Yağ baskılama ile aynı geometriyi tekrarlayın
- LGE, RV** için T1 sıfırlamayı düşünün

Siderotik kardiyomiyopati

Siderotik kardiyomiyopati görüntülemenin amaçları arasında **LV** kitlesi, hacimleri ve global fonksiyonun (sine görüntüleme ile) ölçülmesi ve aşırı demir yükünün (T2* görüntüleme) değerlendirilmesi bulunur.

- LV** yapı ve fonksiyonu
 - T2 * haritalama kullanarak ileri doku karakterizasyonu
 - Opsiyonel - indüklenabilir iskeminin varlığını belirlemek için vazodilatör stres-istirahat perfüzyonu veya yüksek doz dobutamin fonksiyonel görüntüleme
4. Opsiyonel - **LGE** (LV veya RV ejeksiyon fraksiyonunun anormal olup olmadığını değerlendirmek için)

Restriktif kardiyomiyopati

Restriktif kardiyomiyopati görüntüleme hedefleri arasında **LV** kitlesi, hacimleri ve global fonksiyonu (sine görüntüleme ile) ölçmek ve skar ve infiltrasyonu değerlendirmek (**LGE** ve T1 haritalama) yer alır.

- LV yapı ve işlevi
- İleri doku karakterizasyonu - sıkça kullanılmasına rağmen isteğe bağlı
- LGE**
- İsteğe bağlı (konstriktif fizyolojiyi dışlamak için) - anormal ventriküler bağımlılık için dinamik solunum manevraları sırasında **real-time** sine görüntüleme, sol mid ventriküler kısa-aks

Kardiyak sarkoidozis

Sarkoidozis görüntülemenin hedefleri arasında **LV** kitlesi, hacimleri ve global fonksiyonu (sine görüntüleme ile) ölçmek ve skar (**LGE** ve T1 haritalama) ve inflamasyon/ödem (**T2w** görüntüleme veya T2 haritalama) değerlendirilebilir.

- LV yapı ve fonksiyonu
- İleri doku karakterizasyonu
- LGE**

Miyokardit

Miyokardit görüntüleme hedefleri arasında **LV** kitlesi, hacimleri ve global ve bölgesel fonksiyonun (sine görüntüleme ile) ölçülmesi ve inflamasyon/ödem (**T2w** görüntüleme veya T2 haritalama) ve artmış interstisyel boşluk (T1 haritalama, **LGE**) değerlendirmesi bulunur.

- LV yapı ve fonksiyonu
- Yukarıda listelenen teknikleri içeren ileri doku karakterizasyonu
- Opsiyonel - Erken Gadolinium Artışı
- LGE**

Kanser ilişkili kardiyomiyopatiler

Kansere bağlı kardiyomiyopatiyi görüntülemenin hedefleri arasında **LV** kitle ve hacimlerinin ölçülmesi, global fonksiyon ve maksimum duvar kalınlığı (sine görüntülemeyle) ve skar (**LGE** ve T1 haritalama) değerlendirilir. Kemoterapötik ajanlara bağlı kardiyomiyopati veya miyokardit göz önünde bulundurulduğunda, inflamasyon/ödem için akut/subakut değerlendirme (**T2w** görüntüleme veya T2 haritalama) dahil edilebilir.

- LV** yapı ve fonksiyonu
- İleri doku karakterizasyonu - sıkça kullanılmasına rağmen isteğe bağlı
- Opsiyonel - indüklenabilir iskeminin varlığını belirlemek için vazodilatör stres-istirahat perfüzyonu veya yüksek doz dobutamin fonksiyonel görüntüleme
- LGE**

Rekreasyonel ilaca bağlı kardiyomiyopatiler

Rekreasyonel ilaca bağlı kardiyomiyopatiyi görüntülemenin amaçları arasında **LV** kitlesi, hacimleri ve global fonksiyonun (sine görüntüleme ile) ölçülmesi ve skarın (**LGE** ve T1 haritalama) değerlendirilmesi bulunur.

1. LV yapı ve işlevi
2. İleri doku karakterizasyonu - sıkça kullanılmasına rağmen isteğe bağlı
3. Opsiyonel - indüklenabilir iskeminin varlığını belirlemek için vazodilatör stres-istirahat perfüzyonu veya yüksek doz dobutamin fonksiyonel görüntüleme
4. **LGE**

Kalp nakli sonrası

Kalp transplantasyonu sonrası kardiyomiyopatiyi görüntülemenin amaçları arasında LV kitlesi, hacimleri ve global fonksiyonun (sine görüntülemeyle) ölçülmesi ve skar (**LGE** ve T1 haritalama) ve inflamasyon/ödem (**T2w** görüntüleme veya T2 haritalama) değerlendirilmesi yer alır.

1. LV yapı ve işlevi
2. İleri doku karakterizasyonu - sıkça kullanılmasına rağmen isteğe bağlı
3. Opsiyonel - indüklenabilir iskeminin varlığını belirlemek için vazodilatör stres-istirahat perfüzyon görüntüleme
4. **LGE**

Vasküler hastalıklar**Periferik MRA**

1. Periferik vasküler sargı veya sargıların kombinasyonu, mevcudiyet durumuna göre
2. Transaksiyel, düşük rezolüsyon, **time-of-flight** MRA veya **bSSFP** ile damar keşfi
3. Gadoliniumun zamanlaması
 - a. Seçenek 1 - Distal abdominal aort seviyesinde bir test bolusu (transaksiyel veya koronal). 2 ml **GBKA** enjeksiyonu, ardından 20 ml salin. **Single-shot** bolus takip sekansı kullanarak enjeksiyondan sonra maksimuma çıkma süresini belirleyin.
 - b. Seçenek 2 - Taramanın zaman başlangıcına kadar bolus tetikleme tekniği
4. Basamak tablosu, mid abdominal aortadan ayaklara kadar koronal projeksiyonda, Gadoliniumlu MRA
 - a. İki volümetrik görüntü alımı - bir ön-kontrast (çıkarma için) ve bir kontrast uygulaması sırasında
 - b. Venöz kontaminasyonu en aza indirmek için **GBKA** 2 fazda verilir ve ardından salin enjekte edilir. Bkz. Tablo 1
 - c. Kesit kalınlığı 1–1,5 mm; düzlem uzamsal rezolüsyonu 0,8–1,5 mm

- d. Kesitler - ilgili damarları içermesi için tipik olarak 60-100
- e. Karın/pelvis ve uyluklardan elde edilen hacimler daha kaba uzamsal rezolüsyon (daha geniş damarlar) olabilirken, diz altı bacak için tercihen milimetre altı uzamsal rezolüsyon. Önceki alımlar tipik olarak 15-20s gerektirirken, bacak alımları uzamsal rezolüsyon artışından ötürü 60-90 s sürebilir. Eliptik merkezli k-uzay kazanımı bacaklar için avantajlıdır. Eğer mevcutsa, bacaklar için zamana bağlı alımlar tercih edilir.
- f. Paralel alım önerilir (çok kanallı yüzey sargısı gerekir)

Alternatif: çift enjeksiyon protokolü

1. Tek doz GBKA: baldır ve ayak damarları için zamana bağlı MRA
2. Tek doz GBKA: karın ve uyluk damarları

Alternatif: Kontrastsız MRA tekniği

Kontrastsız MRA hızla gelişmekte ve eski yöntemlerin modifikasyonunun yanı sıra sürekli yeni teknikler de önerilmektedir. Çoğu klinik KMR sistemi için teknikler mevcuttur; ancak diğer sekanslarda olduğu gibi, satıcıya özgü adlandırma genel ifadeleri zorlaştırmaktadır. Ek olarak, birçok yeni teknik ticari ürün olarak sadece sınırlı sayıda satıcı tarafından sunulmaktadır.

1. İki EKG tetiklemeli 3B **fast (turbo) spin-echo** sekansının, önce sistol ve sonra diyastol ile tetiklenerek yapıldığı “Taze Kan Görüntüleme”. Sistolik görüntünün diyastolik görüntü kümesinden çıkarılması, arteriyel görüntüleri sonuç verir. Bunlar, satıcıya özgü farklı kısaltmalar kullanan çoğu klinik KMR sistemi için kullanılan tekniklerdir.
 - a. Kesit kalınlığı ~ 2 mm; düzlem rezolüsyonu 0.6-0.8 mm
 - b. Kesitler - ilgilenilen damarları içeren, tipik olarak 40
 - c. Paralel çekim önerilir (çok kanallı yüzey sargısı gerekir)
2. İnversiyon hazırlama darbesi ile olan 3B **bSSFP**, uygun bir TI ile arka plan dokusunun bastırılmasını sağlar ve inversiyon-düzelme ile hazırlanan hacmin dışından arteriyel kanın ilgi alanına girmesine izin vererek yüksek arteriyel sinyal sağlar. Bu, daha küçük hacimli alımlar için daha uygundur.
 - a. Alınan hacim: ~ 340 × 300 × 70; edinilmiş uzamsal rezolüsyon ~ 1.3 × 1.3 × 1.4
 - b. Paralel çekim önerilir (çok kanallı yüzey bobini gerekir)

3. **Quiescent Interval slice selective (QISS)** MRA, kardiyak çekimli, 2B çok kesitli iç-akım tekniğidir, artımlı masa hareketi ve pelvisten ayaklara kadar kapsayıcı birçok aksiyel kesit grubundan elde edilir. Sekans, venöz akışı ve durağan dokuyu bastırmak için manyetizasyon hazırlama darbeleri kullanır ve arteriyel sinyal, **single-shot bSSFP** sekansı kullanılarak alınır.

Kesit kalınlığı 2–3 mm, düzlem rezolüsyonu 1,0–1,2 mm

- a. Paralel alım rutini

Torasik aorta MRA

1. Lokalizatörler, 3 oriyantasyon
2. **Single shot** kara kan veya **bSSFP** (bir kez soluk tutuş, tüm toraks) Transaksiyel oriyantasyon
3. Transaksiyel **T1w FSE** veya **spoiled GRE** aorta boyunca (intramural hematoma, diseksiyon)
4. Aort mid çizgisine paralel ve boyunca parasagittal düzlemde **bSSFP** sine görüntüleme Seçenek - 3 noktalı pilot kullanın
5. Aort kapağını valvüler protokole göre değerlendirin
6. Kontrast zamanlaması
 - a. Seçenek 1 -Torasik aortada transaksiyel/sagittal oblik test bolusu. 2 ml GBKA enjeksiyonu, ardından 20 ml salin. Enjeksiyondan sonra maksimuma çıkma süresini belirleyin
 - b. Seçenek 2 - Taramanın zaman başlangıcına kadar bolus tetikleme tekniği
 - c. Seçenek 3 - Zamanlama olmadan hızlı çok fazlı 3B alımları
7. 3B GBKA artışı MRA (0.1–0.2 mmol/kg)
 - a. En az 1–1,5 mm uzamsal rezolüsyon kullanın
 - b. Varsa, paralel görüntüleme
 - c. Varsa EKG-geçitleme kullanın
 - d. Kontrast enjeksiyondan sonra en az 2 alım
8. Opsiyonel - aortit için kontrast sonrası yağ baskılama ile transaksiyel **T1w** görüntüleme
9. Opsiyonel - kontrastsız MRA teknikleri için bkz. Bölüm 3.2.1 (Periferik MRA)

Koroner arterler

1. LV yapı ve fonksiyonu, duvar hareket anormallikleri aramak için
 - a. Sağ koroner arterin (RCA) durgun dönemini doğru bir şekilde belirlemek için yüksek zamansal rezolüsyona sahip (faz başına <<20 ms) tekrar bir horizontal uzun-aks ekleyin.
2. **Navigator-gated**, 3B, serbest-solunum, MRA sekansı:

- a. Proksimal ana pulmoner arter seviyesinden sağ atriyumun ortasına kadar uzanan transaksiyel kesitler (tüm kardiyak alanın kapsanması; istenirse). Kesit kalınlığı 1–1,5 mm; düzlemde 1.0 mm veya daha az uzamsal rezolüsyon. Yağ baskılama tipik olarak kullanılır.
 - b. Kesitler - tipik olarak 50–80, tüm ilgili damarların kapsanması için gereklidir
 - c. Tetikleyici gecikmeyi ve çekim penceresini gözlemlenen durgun koroner döneme göre ayarlayın
 - d. Paralel görüntüleme tercih edilir
 - e. Navigasyon sağ hemi-diyafraam üzerinde
 - f. Opsiyonel – Kontrast ajanı daha önce taramanın bir parçası olarak uygulanmışsa, GBKA damar görünümünü belirginleştirebilir. KMR ile koroner arter görüntüleme nispeten uzun bir tarama olduğu için bolus enjeksiyonu önerilmez.
3. İsteğe bağlı –
 - a. Soluk tutum teknikleri, görüntü kalitesi düşük veya navigatörler kullanılamıyorsa veya kalitesi düşükse
 - b. T2 ile hazırlanmış sekans miyokardiyal ve venöz sinyali baskılama için yararlı olabilir

Pulmoner ven değerlendirilmesi – ablasyon öncesi ve sonrası

1. LV yapı ve fonksiyonu (isteğe bağlı)
2. Pulmoner venleri ve sol atriyumu kapsayan koronal projeksiyonda yapılan soluk-tutulan 3B kontrastlı MRA (soluk tutuş yeterli ise daha fazla anterior kapsama)
 - a. Opsiyonel - pulmoner damarları merkeze alan oblik düzlem, kesit bloğu kalınlığını ve dolayısıyla soluk tutma süresini azaltabilir, ancak sol atriyumun daha az kapsanmasına neden olur
 - b. Opsiyonel – EKG-geçitlemesi. Hastanın düzensiz ritmi varsa, **readout** (okuma) sistol ile senkronize edilmelidir (tetik gecikmesi yok)
 - c. 2 veya 3 hacimsel alım: ön-kontrast (çıkarma için), kontrast uygulamasının ilk geçişi sırasında, kontrast uygulamasından sonra (opsiyonel)
 - d. Zamansal çok fazlı MRA – görüntü alımı ve kontrastın aynı anda başlaması; rekonstrüksiyon için izole pulmoner venöz faz görüntüsü ve ablasyon haritalama yazılımı ile entegrasyon sağlayabilir.
 - e. 2–3 ml/s GBKA (0.1–0.2 mmol/kg) enjeksiyonu
 - f. Kesit kalınlığı 1–2 mm; düzlem uzamsal rezolüsyonu 1–1,5 mm
 - g. Kesitler – tipik olarak 60–80, ilgili bölgeyi kapsayacak şekilde

3. Opsiyonel - her pulmoner ven için **through-plane** faz kontrast akım analizi
4. Opsiyonel - sol atriyal duvarın **LGE**'si

Diğer

Kapak hastalıkları

Protez kapaklı hastalar güvenli bir şekilde 1.5-T ve 3-T KMR çekimine girebilirler. Kalp atışının uyguladığı kuvvet, manyetik alanın uyguladığı kuvvetten çok daha fazladır.

1. Genel yaklaşım
 - a. Söz konusu kapağın düzleminde **bSSFP** sine ile kapak morfolojisi değerlendirmesi. Görüntüleme seviyesi ve açısının aşağıda açıklandığı gibi optimize edilmesine dikkat edilmelidir.
 - b. Stenotik bir kapağın planimetrisi denenecekse; jet hattını kesen ve orifis seviyesinden hemen aşağı doğru hareket eden bitişik-nizam veya hafif üst üste binen sine görüntüleme dizini önerilir. Planimetri, orifisin veya tercihen jetin enine kesiti açıkça gösterilebildiği yerlerde uygun olacaktır.
 - c. **GRE** veya hibrit **GRE-EPI**, regürjitan jetleri daha yüksek sensivite ile görselleştirebilir (yalnızca nitel amaçlar için)
 - d. Hızları ve yönü nicel olarak ölçmek için hız-kodlu görüntüleme. Hız kodlamasını gerçek hıza göre ayarlayın (**aliasing** olmadan en düşük hızı kullanarak)
 - e. Yüksek hızlı jet akışlar için mümkün olan en düşük **TE**'yi kullanın

2. Kapağa özel yaklaşımlar

- a. Mitral
 - i. Regürjitasyon
 1. LV yapı ve fonksiyonu
 2. Aort kapağına dik bir düzlemde, sinotübüler kavşak seviyesinde, diyastol sonunda hız-kodlu görüntüleme. Retrospektif olarak geçitleme tüm kardiyak döngüyü kapsamak için önemlidir.
 - ii. Darlık
 1. Mitral kapağa paralel bir düzlemde ve uzun-eksenli bir görüntü üzerinde mitral kapak boyunca tanımlanan akış bozukluğunun pik noktasında, hız-kodlu görüntüleme (**through-plane**)
 2. Alternatif olarak, hız-kodlu görüntüleme (**in-plane**), mitral kapak jet akım bozukluğuna paralel ve bozukluk ile aynı hizada görüntüleme

b. Aortik

- i. Regürjitasyon
 1. LV yapı ve fonksiyonu
 - a. **LVOT** ve koronal görüntülerden aort kapak ve aort kökü düzlemleri kullanılarak daha fazla görüntüleme planlanır.
 2. Aort kapağına dik düzlemde hız-kodlu görüntüleme, diyastol sonunda kapak düzleminde yaklaşık 5 mm daha yüksek. Retrospektif alım tüm kardiyak döngüyü kapsamak için gereklidir
 3. Diyastolik ters akımın görüntülenmesi için, ana pulmoner arter seviyesinde inen aortaya dik bir düzlemde hız-kodlu görüntüleme
- ii. Darlık
 1. Aort kapağına paralel bir düzlemde ve uzun-eksenli bir görüntü üzerinde aort kapak boyunca tanımlanan akış bozukluğunun pik noktasında, hız-kodlu görüntüleme (**through-plane**)
 2. Alternatif olarak, hız-kodlu görüntüleme (**in-plane**), aort kapağı jet akım bozukluğuna paralel ve bozukluk ile aynı hizada görüntüleme
- c. Triküspit
 - i. Regürjitasyon
 1. RV yapı ve fonksiyonu
 2. Triküspit kapağına dik düzlemde hız kodlu görüntüleme, diyastol sonunda kapak düzleminde yaklaşık 5 mm daha yüksek. Retrospektif alım tüm kardiyak döngüyü kapsamak için gereklidir
 - ii. Darlık
 1. Triküspit kapağa paralel bir düzlemde ve uzun-eksenli bir görüntü üzerinde tanımlanan akış bozukluğunun pik noktasında, triküspit kapak boyunca hız-kodlu görüntüleme (**through-plane**)
 2. Alternatif olarak, hız-kodlu görüntüleme (**in-plane**), triküspit kapak jet akım bozukluğuna paralel ve bozukluk ile aynı hizada görüntüleme
- d. Pulmonik
 - i. Regürjitasyon
 1. RV yapı ve fonksiyonu
 - a. **RVOT** ve koronal görüntülerinden pulmoner kapak ve kök görselleştirilmesinin planlanması
 2. Pulmoner kapağa dik düzlemde hız-kodlu görüntüleme, diyastol sonunda kapak düzleminde yaklaşık 5 mm daha yüksek. Retrospektif alım tüm kardiyak döngüyü kapsayarak için gereklidir

ii. Darlık

1. Pulmoner kapağa paralel bir düzlemde ve uzun-eksenli bir görüntü üzerinde tanımlanan akış bozukluğunun pik noktasında, pulmoner kapak boyunca hız-kodlu görüntüleme (**through-plane**)
2. Alternatif olarak, hız-kodlu görüntüleme (**in-plane**), pulmoner kapak jet akım bozukluğuna paralel ve bozukluk ile aynı hizada görüntüleme

Perikardiyal hastalıklar

1. LV yapı ve fonksiyonu
2. T1 veya T2-ağırlıklı **FSE** görüntüleri (opsiyonel, yağ baskılama ile veya baskılamasız)
 - a. Perikardiyal kalınlığı ölçmek için 2–3 temsili uzun-aks görüntüleri ve 3–4 temsili kısa-aks görüntüleri (normal ≤ 3 mm)
 - b. Perikardiyal kistten şüpheleniliyorsa, kitle protokolüne bakın
3. İsteğe bağlı - kalınlaşmış perikard bölgeleri görüldüğünde - Epikardiyal/perikardiyal kaymanın varlığını veya yokluğunu göstermek için **GRE** miyokart **tagging** sine sekansları (2–3 uzun-aks görüntüleri ve 1–2 kısa-aks görüntüleri)
4. Dinamik solunum manevraları sırasında **real-time** görüntüleme ventriküller arası bağımlılığın değerlendirilmesi için değerlidir
 - a. Mid-ventriküler- kısa-aks düzlemi tercih edilir
 - b. Sine görüntüleme zamansal rezolüsyonu tercihen 60 ms'nin altındadır
 - c. Hastalara derin soluk almaları ve vermeleri iletilir ve toplam görüntüleme süresi en az 2 tam solunum döngüsü olmalıdır.
 - d. Solunumun başlaması sırasında anormal septal hareket (erken diyastolik septal düzleşme veya inversiyon) konstriktif fizyoloji ile uyumludur.
5. LGE
 - a. Yağ baskılama ile veya baskılama olmadan görüntü alımı perikardiyal enflamasyonu epikardiyal veya perikardiyal yağdan ayırmada yardımcı olur.

Kardiyak ve parakardiyak kitleler, trombüs içeren

1. LV yapı ve fonksiyonu
2. **T1w FSE** – kitle ve kitle çevresindeki yapılar boyunca kesitler (kesit sayısı kitlenin büyüklüğüne bağlıdır)
3. **T2w FSE** yağ baskılama ile (isteğe bağlı - yağ baskılama olmadan) - yukarıdaki gibi kitle ve çevresindeki yapılar boyunca
4. İlk geçiş perfüzyonu modülü, kitle boyunca kesitlerle
5. Yağ baskılama ile **T1w FSE**'yi tekrarlayın (GBKA'dan kısa süre sonra)

6. Opsiyonel - kontrast sonrası seçilen **b-SSFP** sine görüntülerini tekrarlayın

7. LGE

- a. Trombüs sıfırlamak için **T1** ayarlanmış görüntüler (1.5 T'de yaklaşık 500–550 ms, 3 T'de 850–900 ms), trombüs tümörden ayırmanın yanı sıra tümörü çevreleyen veya tümörle ilişkili trombüs tanımlamaya yardımcı olacaktır
- b. Seri görüntüleme hipoperfüze olan tümör nekrotik çekirdeğini trombüsten ayırt etmeye yardımcı olabilir

Abbreviations

ATP: Adenosine triphosphate; AV: Atrial-ventricular; AVC: Arrhythmogenic ventricular cardiomyopathy; bSSFP: Balanced steady state free precession; CE: Contrast-enhanced; KMR: Cardiovascular magnetic resonance; ECG: Electrocardiogram; ECV: Extracellular volume fraction; EMA: European Medicines Agency; EPI: Echo planar imaging; FDA: Food and Drug Administration; FSE: Fast spin echo; GBKA: Gadolinium based contrast agent; GRAPPA: Generalized autocalibrating partially parallel acquisition; GraSE: Gradient and spin echo; GRE: Gradient echo; HCM: Hypertrophic cardiomyopathy; HR: Heart rate; ICD: Implanted cardioverter; LGE: Late gadolinium enhancement; LV: Left ventricle/left ventricular; LVOT: Left ventricular outflow tract; MI: Myocardial infarction; MOLLI: Modified Look Locker inversion recovery; MRA: Magnetic resonance angiography; MVO: Microvascular obstruction; NSF: Nephrogenic systemic fibrosis; PSIR: Phase sensitive inversion recovery; QISS: Quiescent interval slice selective; RCA: Right coronary artery; RV: Right ventricle/right ventricular; RVOT: Right ventricular outflow tract; SKMR: Society for Cardiovascular Magnetic Resonance; SENSE: Sensitivity encoding; shMOLLI: Shortened MOLLI; SMASH: Simultaneous acquisition of spatial harmonics; SNR: Signal-to-noise ratio; STIR: Short tau inversion recovery; T1w: T1 weighted; T2w: T2 weighted; TE: Echo time; TI: Inversion time; Venc: Velocity encoding

Authors' contributions

CK MD – Biotelemetry – research grant. JB MD – Bayer – research grant, lecture fees; Philips Healthcare – research grant. CB-D MD – no disclosures. SF MD – Siemens Healthineers and Philips Healthcare – institutional research support. RK MD – Heart IT – board of directors; Siemens Healthineers – educational grant. EN MD – Bayer – research support, lecture fees; Amgen – lecture fees. All authors read and approved the final manuscript.

Funding
None.

Availability of data and materials
Not applicable.

Ethics approval and consent to participate
Not applicable.

Consent for publication
Not applicable.

Competing interests
The authors declare that they have no competing interests.

Author details

¹Cardiovascular Medicine, University of Virginia Health System, Lee Street, Box 800158, Charlottesville, VA 22908, USA. ²Department for Radiology, University Hospital Schleswig-Holstein, Lübeck, Germany. ³Cardiology, Bristol Royal Infirmary, Bristol, UK. ⁴Imaging Institute, and Heart and Vascular Institute, Cleveland Clinic, Cleveland, OH, USA. ⁵Duke Cardiovascular Magnetic Resonance Center, Duke University Medical Center, Durham, NC, USA. ⁶Institute for Experimental and Therapeutic Cardiovascular Imaging, University Hospital, Frankfurt, Germany.

Received: 18 December 2019 Accepted: 7 February 2020

Published online: 24 February 2020

References

1. Kramer C, Barkhausen J, Flamm S, Kim R, Nagel E. Standardized cardiovascular magnetic resonance (CMR) protocols 2013 update. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013;15:91.
2. Pennell DJ et al. Clinical Indications for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2019;in press.
3. Hundley WG, Bluemke D, Bogaert J, et al. Society for Cardiovascular Magnetic Resonance guidelines for reporting cardiovascular magnetic resonance examinations. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2009;11:5.
4. Schulz-Menger J, von Knobelsdorff-Brenkenhoff F, Bluemke D, et al. Standardized post processing in cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013;15:35.
5. Fratz S, Chung T, Greil GF, et al. Guidelines and protocols for cardiovascular magnetic resonance in children and adults with congenital heart disease: SKMR expert consensus group on congenital heart disease. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013;15:1–26.
6. https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Clinical-Resources/Contrast_Media.pdf. 2017.
7. Messroghli DR, Moon JC, Ferreira VM, et al. Clinical recommendations for cardiovascular magnetic resonance mapping of T1, T2, T2* and extracellular volume: a consensus statement by the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SKMR) endorsed by the European Association for Cardiovascular Imaging (EACVI). *J Cardiovasc Magn Reson*. 2017;19:75.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Translator/Reviewer (Çeviri/Kontrol):

Ahmet Demirkıran, MD

Dept. of Cardiology, Amsterdam University Medical Centers - Location VUmc



Kısaltmalar (metinde görüldüğü sıra ile)	İngilizce karşılığı	Türkçe karşılığı
KMR, MR	Cardiovascular magnetic resonance imaging, Magnetic resonance	Kardiyovasküler manyetik rezonans görüntüleme, Manyetik rezonans
SCMR	Society for Cardiovascular Magnetic Resonance	Kardiyovasküler Manyetik Rezonans Derneği
1.5-T, 3-T	1.5-Tesla, 3-Tesla	1.5-Tesla, 3-Tesla
SNR	Signal to noise ratio	Sinyal/gürültü oranı (SGO)
FPP	First pass perfusion	İlk geçiş perfüzyonu
LGE	Late gadolinium enhancement	Geç gadolinyum artışı (sekans ismi)
bSSFP	Balanced steady-state free precession	Sekans ismi
3D, 4D	3 dimensional, 4 dimensional	3 boyutlu, 4 boyutlu
SENSE	Sensitivity encoding	Sekans ismi
SMASH	Simultaneous acquisition of spatial harmonics	Sekans ismi
GRAPPA	Generalized autocalibrating partially parallel acquisition	Sekans ismi
MRA	Magnetic resonance angiography	Manyetik rezonans anjiyografi
ATP	Adenozin trifosfat	Adenozin trifosfat
GBKA	Gadolinium based contrast agent	Gadolinyum bazlı kontrast ajan
NSF	Nephrogenic systemic fibrosis	Nefrojenik sistemik skleroz
EMA	European Medicines Agency	Avrupa İlaç Ajansı
ECG-gated	Electrocardiography-gated	Elektrokardiyografi eşliğinde görüntü alımı, EKG geçilemesi
LV, RV	Left ventricle, right ventricle	Sol ventrikül, sağ ventrikül
FSE	Fast spin echo	Sekans ismi
LVOT	Left ventricular outflow tract	Sol ventrikül çıkış yolu
GRE-EPI	GRE-echo planar	Sekans ismi
TR, TE	Time to repeat, Time to echo	Tekrar süresi, eko zamanı
RF	Radiofrequency	Radyofrekans
PSIR	Phase sensitive inversion-recovery	Faz-duyarlı inversiyon-düzelme
GRE	Gradient-echo	Gradyan eko
TI	Time to inversion	İnversiyon zamanı
Venc	Velocity encoding	Hız kodlama sensitivitesi
MOLLI	Modified Look Locker Inversion recovery	Sekans ismi
ShMOLLI	Shortened modified Look Locker Inversion recovery	Sekans ismi
T1w, T2w	T1weighted, T2weighted	T1ağırlıklı, T2ağırlıklı
MI	Myocardial Infarction	Miyokart enfarktüsü