

# 简述心血管磁共振（Cardiovascular magnetic resonance,CMR）的基本序列及部 分临床应用

# 目 录

一、CMR检查优势、适应症及禁忌症

二、CMR检查准备

三、CMR常用序列及简介

四、CMR部分病例介绍

# 心脏MRI成像与其它成像方法的比较与选择

	MRI	CT	PET	Echo	
解剖	+++	++	-	+++	
心脏功能	+++	-	++	+++	
瓣膜功能	+++	-	-	+++	
心肌灌注	+++	-	+++	+	
冠状动脉	+	++	-	-	

# MRI心脏检查的临床应用能力及优势

- 一站式检查 (one stop shop) , 可以回答关于心脏的多个问题 (室壁运动、观测心脏功能、观察解剖、定量分析、心肌存活性)
- 高分辨率细节解剖 (大体结构)
- 显示血流/心脏功能的能力
- 快速成像 (real time scan)
- 无创、无需碘造影剂或极低毒性造影剂

# CMR适应症

**缺血性心肌病：**急性、亚急性、陈旧心肌梗死及其并发症

**非缺血性心肌病：**肥心病、扩心病、高心病、ARVC  
限制性心肌病、心肌炎 心肌致密化不全 心肌淀粉  
样变性、酒精性心肌病、心内膜坏死及纤维化

**心包疾患：**心包积液、心包囊肿、缩窄性心包  
炎、心包良恶性肿瘤

**心脏瓣膜病：**二、三、主、肺动脉瓣狭窄、关闭不全、  
瓣膜畸形、钙化、粘连、退变、赘生物、风心病导致  
的联合瓣膜病

**大血管病变：**主动脉缩窄、主动脉夹层、动脉瘤等

**心脏结构异常：**先心病

# CMR禁忌症

- ◆ 安装心脏起博器（非防磁性）患者
- ◆ 心脏瓣膜（金属瓣）置换术后患者
- ◆ 体内血管金属夹（非防磁性）患者
- ◆ 颅内术后动脉夹（非防磁性）存留患者
- ◆ 颅内眼球内金属异物或体内其他金属异物
- ◆ 妊娠三个月以内的患者

# 目 录

**一、CMR检查优势、适应症及禁忌症**

**二、CMR检查准备**

**三、CMR常用序列及简介**

**四、CMR部分病例介绍**

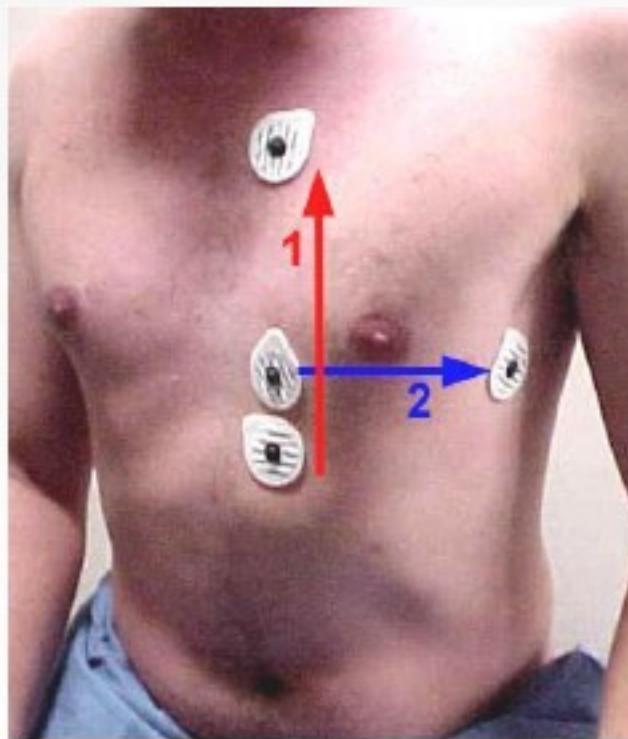
## 心脏扫描准备

问题：心脏跳动、血管搏动、呼吸运动导致磁共振信号大量丢失，成像质量受到严重影响！

措施：

- 1) 以心电门控克服心脏搏动。
- 2) 以呼吸门控控制呼吸运动。
- 3) 以流动效应利用血液流动对成像的影响。

# 心脏扫描准备

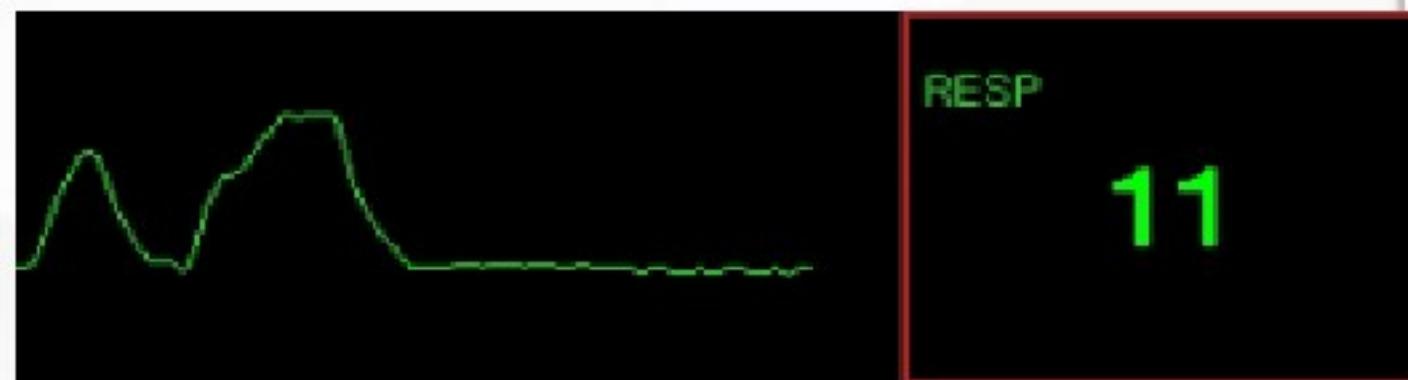


向量式心电门控, VCG

周围门控, PG

# 心脏扫描准备

## 呼吸门控



## 呼吸末屏气训练

# 关于扫描的协议

Kramer et al. Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance 2013, 15:91  
http://jcmr-online.com/content/15/1/91



REVIEW

Open Access

## Standardized cardiovascular MRI Field Strength Considerations

- CMR can be performed at different field strength. 1.5T systems are currently used for the majority of examinations.
- CMR at 3T requires careful shimming and adjustment of the radiofrequency pulses to avoid artifacts.
- As a result of improved signal-to-noise ratio (SNR), 3T is advantageous for first pass contrast-enhanced perfusion imaging. Furthermore tagging sequences and 4D flow techniques may benefit from 3T.
- Steady-state free precession sequences, often the choice for cine imaging at 1.5T, have several challenges at 3T including increased dark banding artifacts, flow artifacts, and suboptimal flip angle choices because of specific absorption rate (SAR) restrictions.
- Devices that have been tested at 1.5 T may not be safe at 3T: check specific information relating to MRI safety of devices at higher magnetic field strength.

Im<sup>3</sup>, Raymond  
Task Force on

The Society for  
Since the tim-  
Disease) have  
the section on  
have been sta-  
ring, so these  
is to standard-  
the field of CI

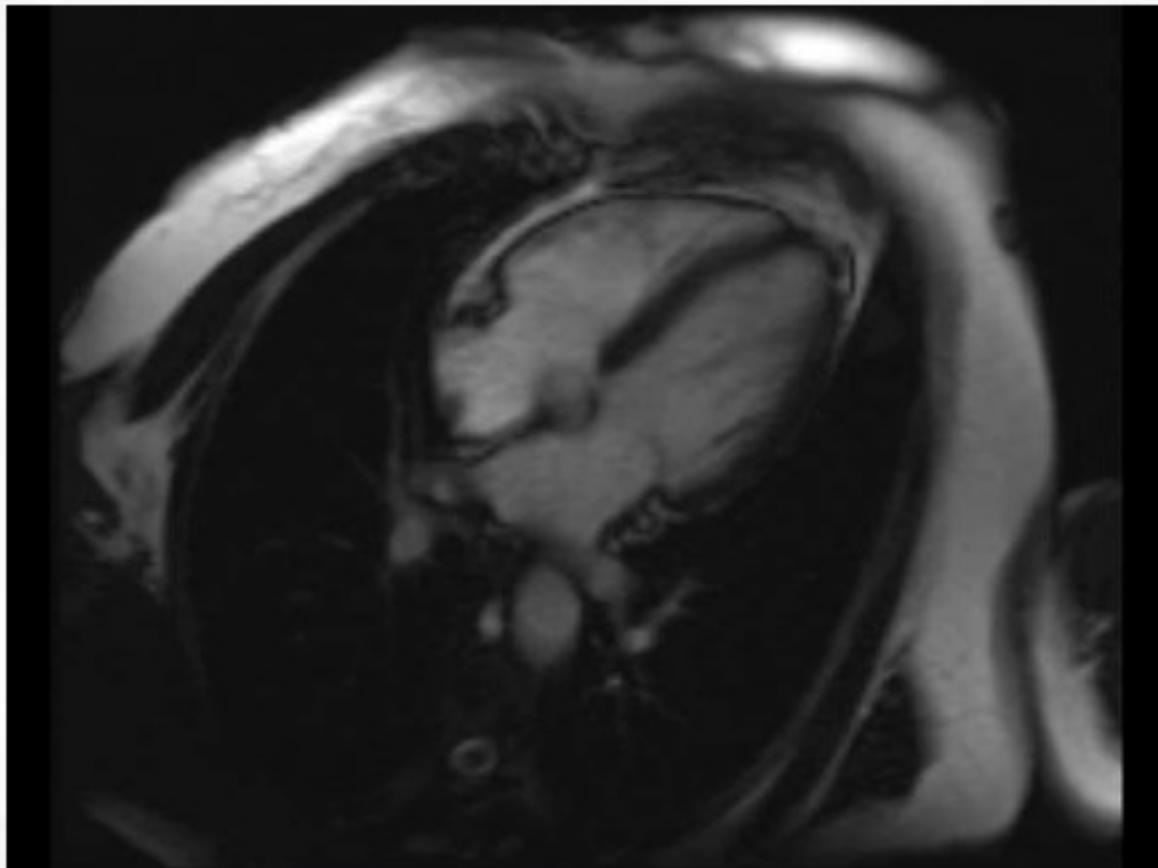


### 关于场强的注意事项

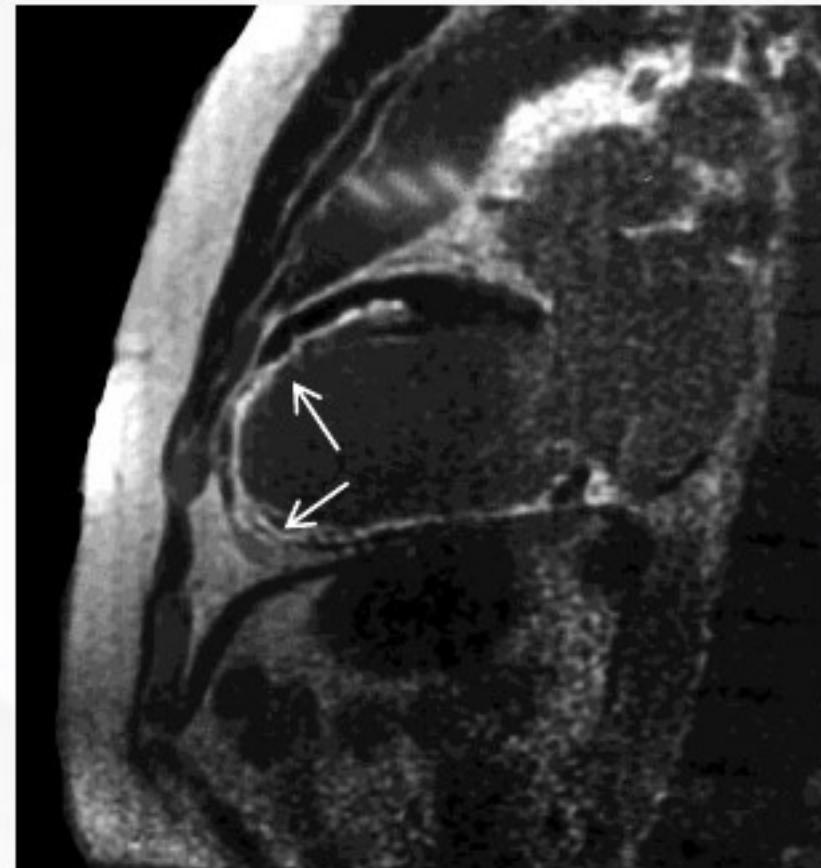
- CMR 可以在不同场强下进行扫描。现在大多数的检查使用的是 1.5T 的系统。
- 3T 场强下进行的 CMR 需要仔细施加匀场并调整射频脉冲以防止伪影出现。
- 3T 场强下信噪比(SNR)有所提高，故在首过对比增强心肌灌注成像中具有优势，此外也有利于空间标记序列与 4D 血流成像技术。
- 稳态自由进动序列在 1.5T 中常作为电影成像的首选，但在 3T 中则存在以下问题：条带状伪影及流动伪影增加，以及由于受限于特定吸收比率 (specific absorption rate, SAR) 而导致的翻转角选择不能达到最佳数值。
- 1.5T 场强下测试过的器械在 3T 场强下不一定安全：特定器械进入更高场强之前要先核对其与 MRI 安全性相关的信息。

# CMR最重要的临床应用价值

- ◆ 评价心脏结构和功能的金标准
- ◆ CMR组织特性有助于预后判断和危险分级



四腔心电影



对比剂延迟强化（LGE）：判断心肌活性“亮的就是死的”；没有活性的心肌组织由于局部的流出发生障碍，导致对比剂聚集，增强延迟后T1WI加权图像上呈高信号。

# 心脏正常解剖关系

LV: 左心室

LA: 左心房

RV: 右心室

RA: 右心房

Ao: 主动脉

PA: 肺动脉

lpa: 左肺动脉

rpa: 右肺动脉

SVC: 上腔静脉

IVC: 下腔静脉

PV: 肺静脉

rpv: 右肺静脉

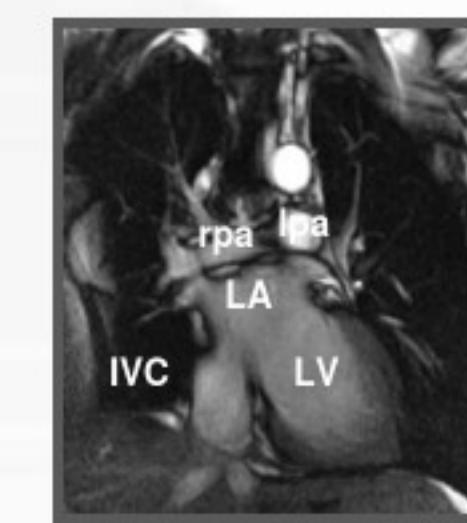
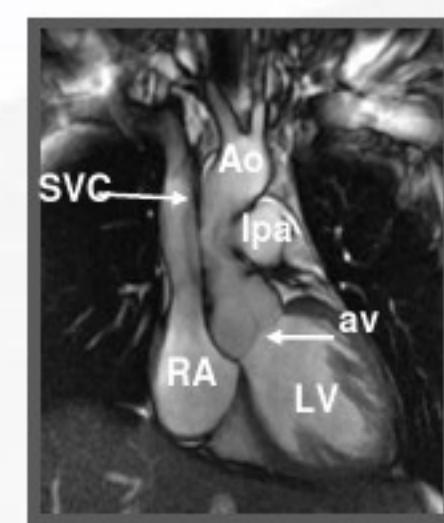
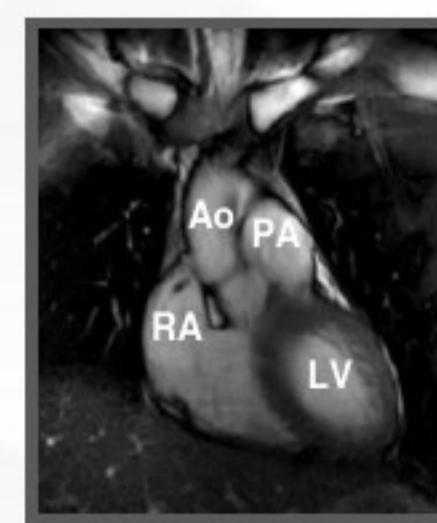
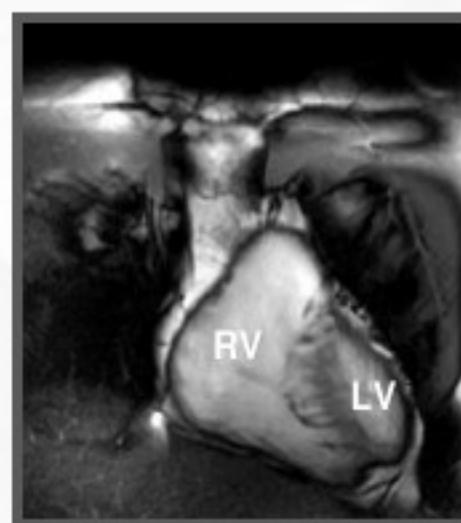
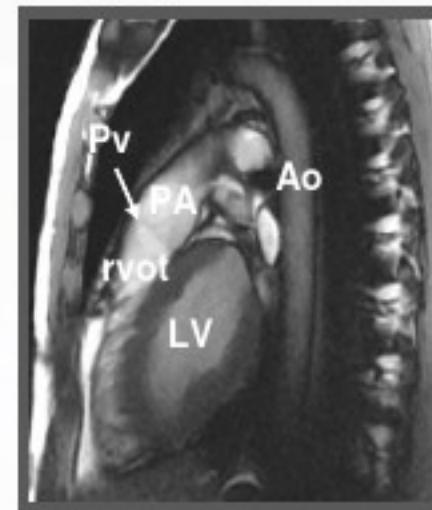
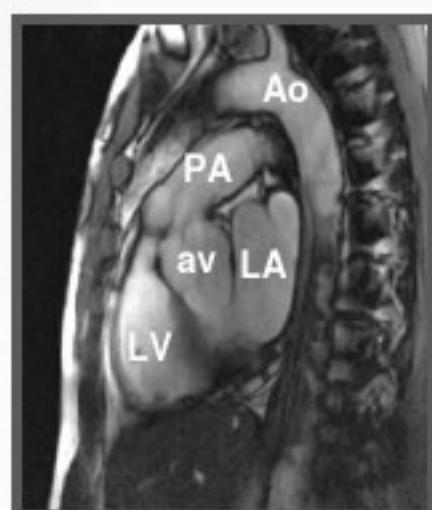
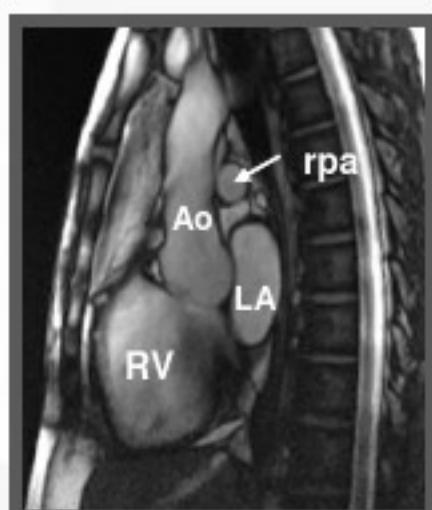
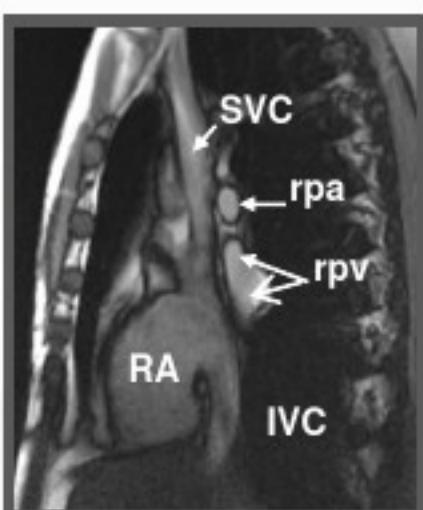
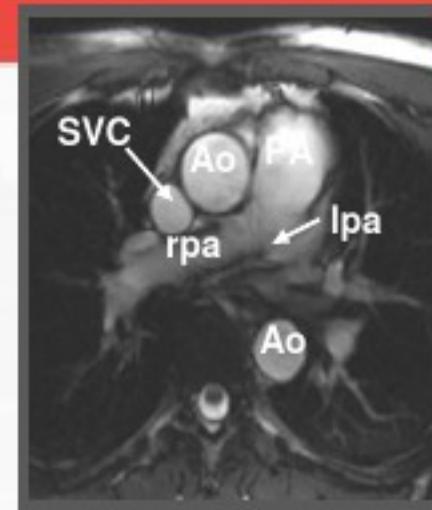
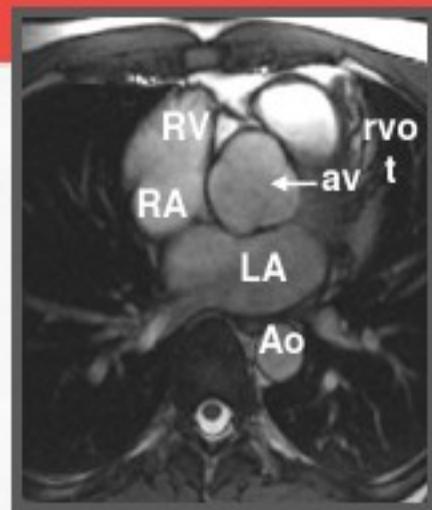
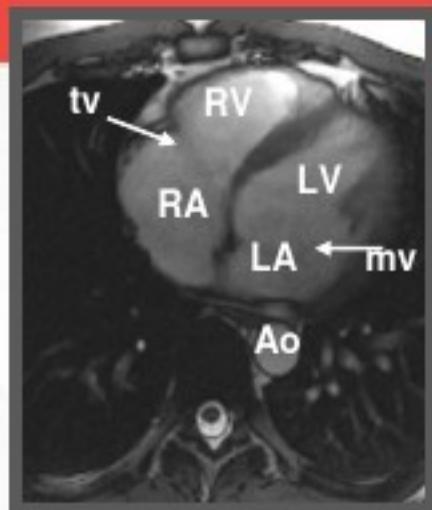
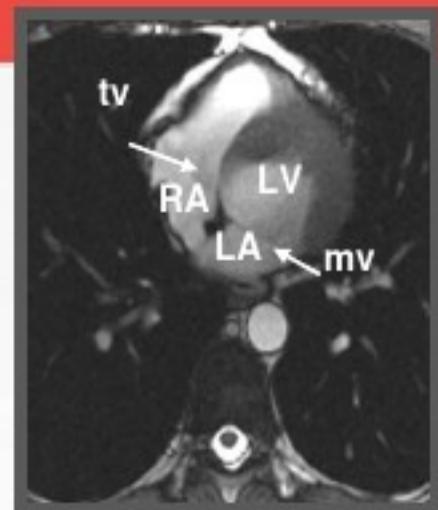
av: 主动脉瓣

mv: 二尖瓣

tv: 三尖瓣

PV: 肺动脉瓣

rvot: 右室流出道



# 目 录

**一、CMR检查优势、适应症及禁忌症**

**二、CMR检查准备**

**三、CMR常用序列及简介**

**四、CMR部分病例介绍**

# CMR主要扫描序列(多参数、多序列)-西门子

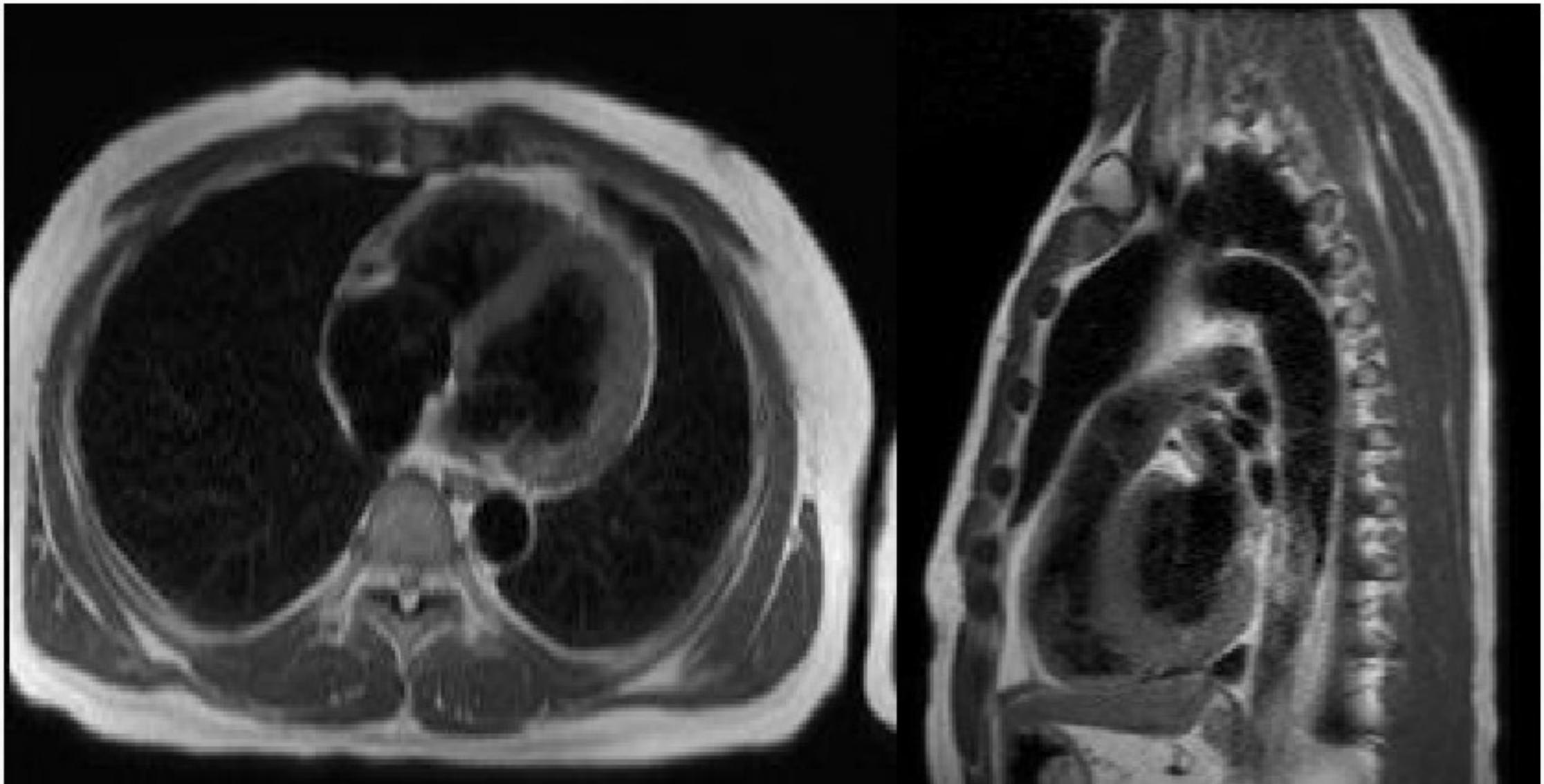
- ◆ 扫描序列包括半傅立叶采集单次激发快速自旋回波序列(HASTE)和快速自旋回波(TSE)(形态学)
- ◆ 真实稳态进动快速成像(TrueFisp)(电影)
- ◆ 梯度回波快速小角度激发序列(TurboFlash)(首过法心肌灌注)
- ◆ 反转恢复PSIR TrueFisp 和PSIR TurboFlash(心肌灌注延迟显像)

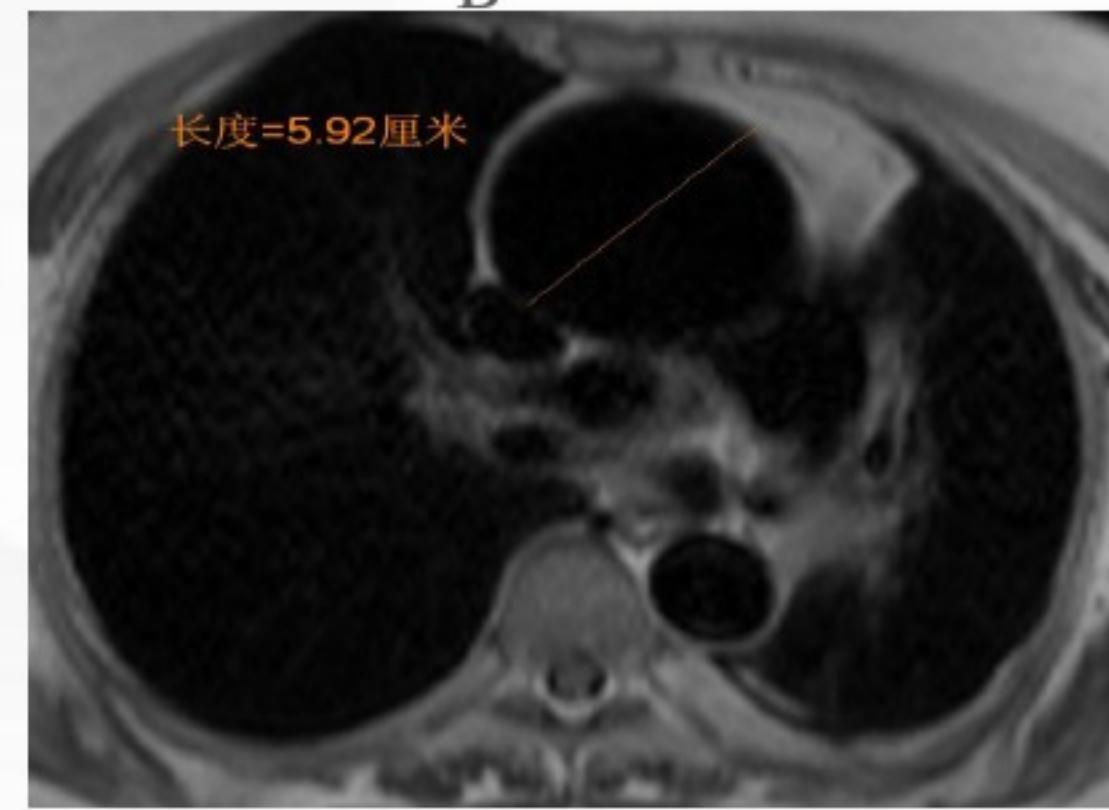
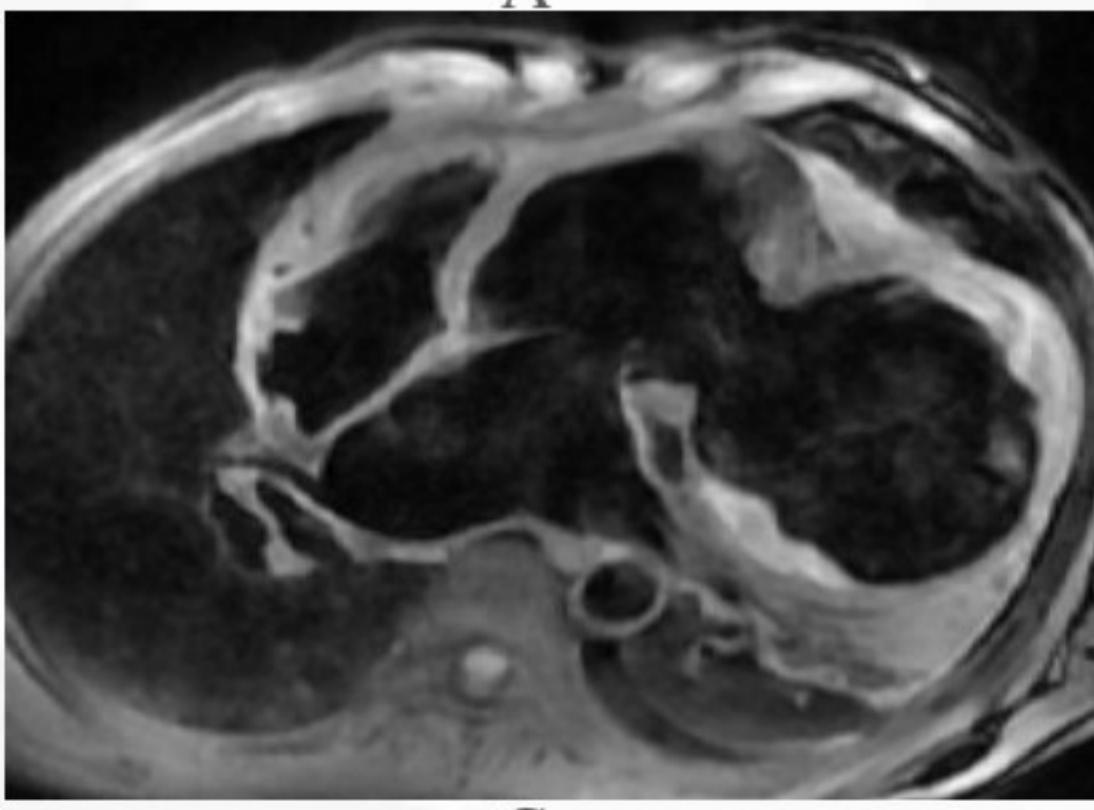
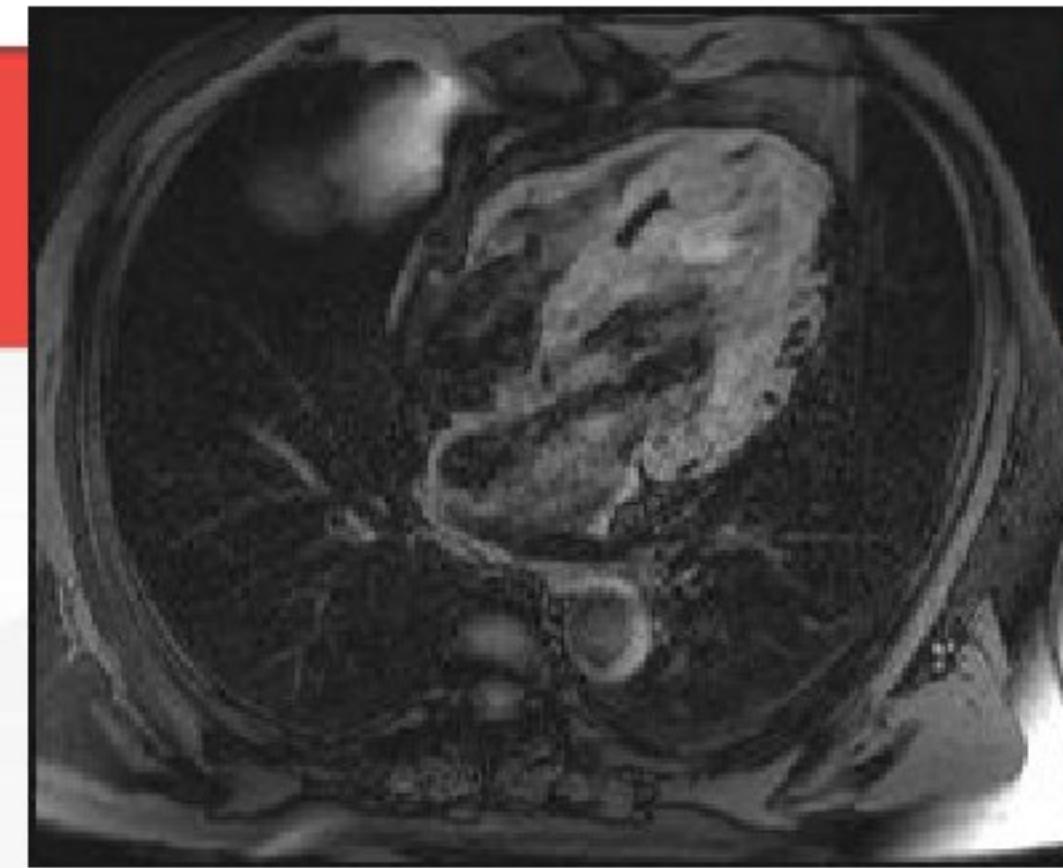
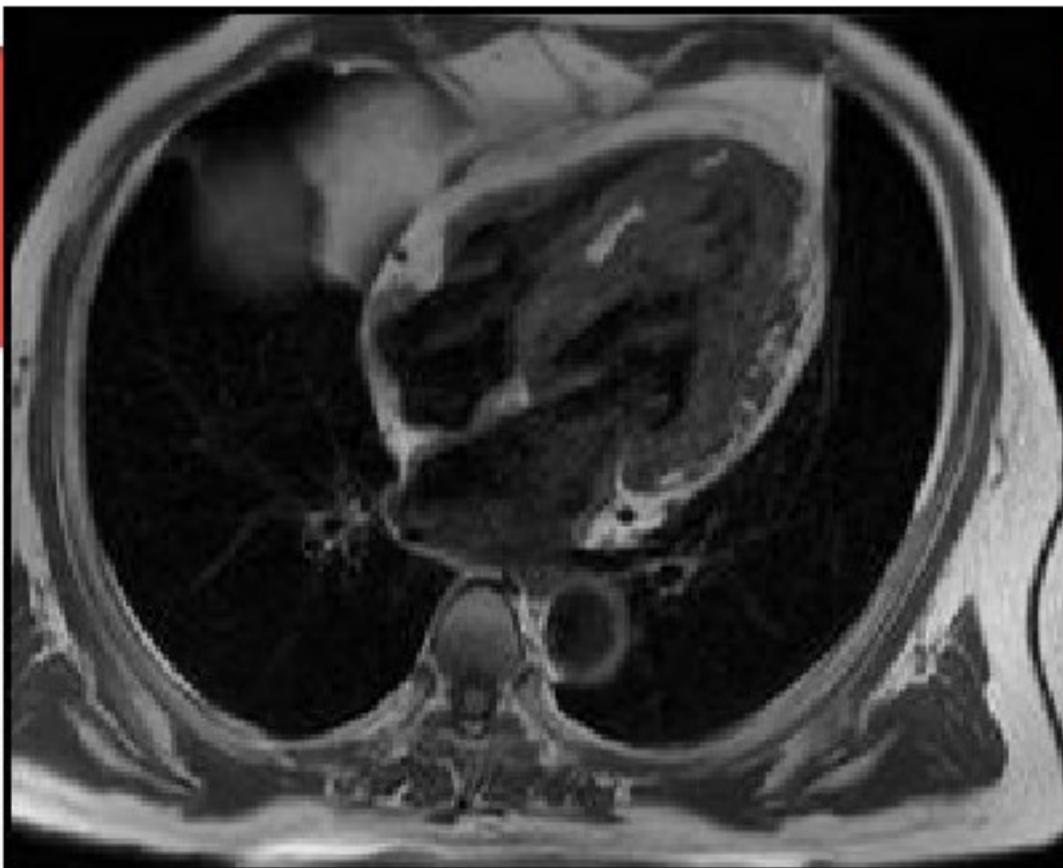
# 一、心脏形态学

## 黑血成像 (HASTE)

血池及血管腔—低信号（黑）

心肌—相对高信号（相对亮）





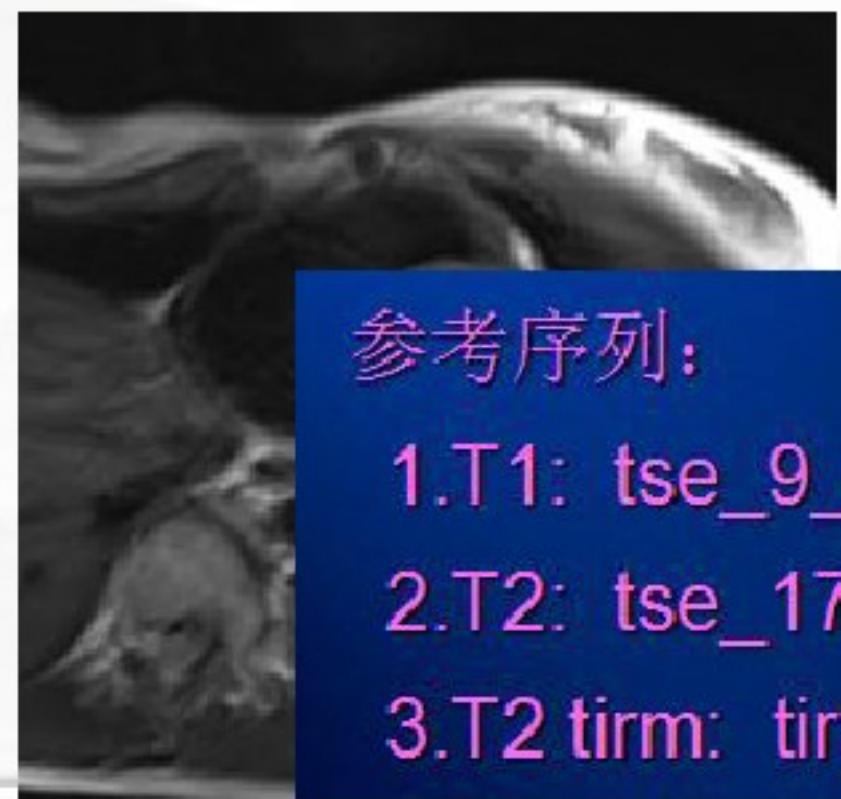
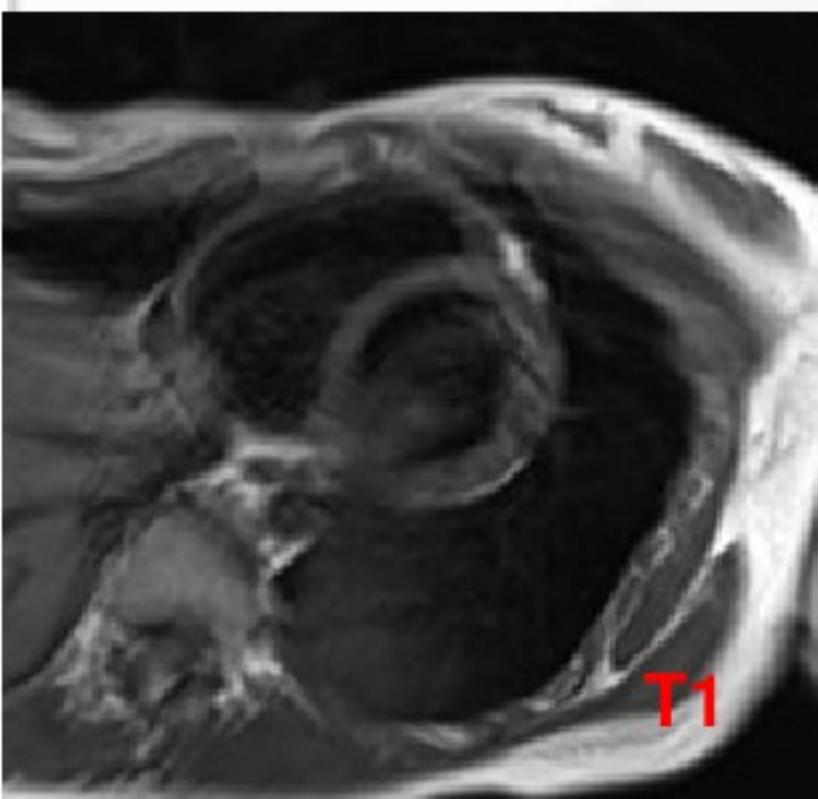
- A.B.致心律失常型心肌病患者，分别为黑血序列不压脂及压脂序列，显示室间隔脂肪信号；  
C.左心室室壁瘤；  
D.显示升主动脉明显增宽

## 半傅立叶采集单次激发快速自旋回波序列 (HASTE)

- ◆ 主要用于观察心脏和大血管的形态结构。
- ◆ 1个心动周期采集1层图像，采集时相位于每个心动周期的舒张末期，通常1次屏气可采集14~20层左右的图像。

# 快速自旋回波( TSE)

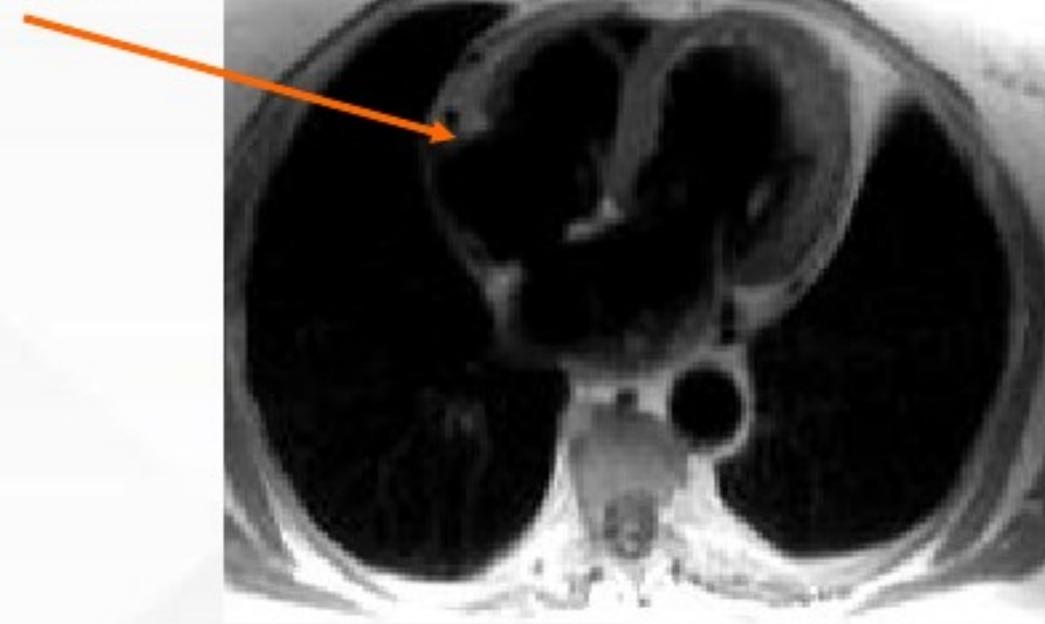
- ◆ 为了观察心肌组织特征如心肌病或心脏肿瘤。
- ◆ TSE 序列又分为T1WI和T2WI，必要时加扫抑脂和(或)抑水像。



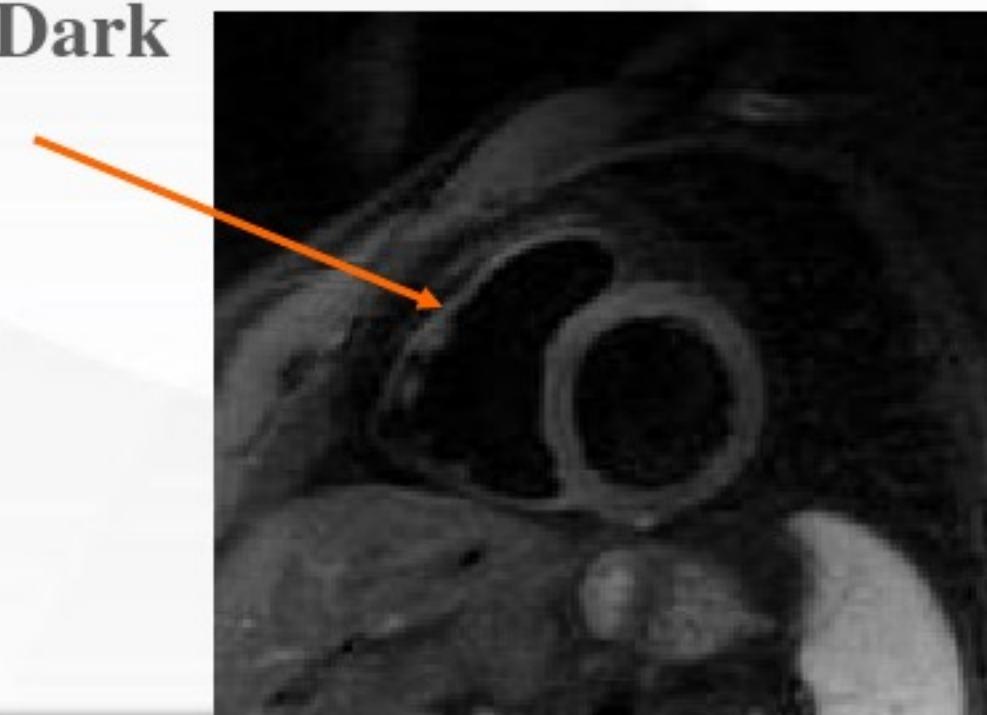
参考序列:

- 1.T1: tse\_9\_db\_t1\_iPAT
- 2.T2: tse\_17\_db\_t2\_iPAT
- 3.T2 tirm: tirm\_15\_db\_t2\_iPAT

**T2 Dark Blood**



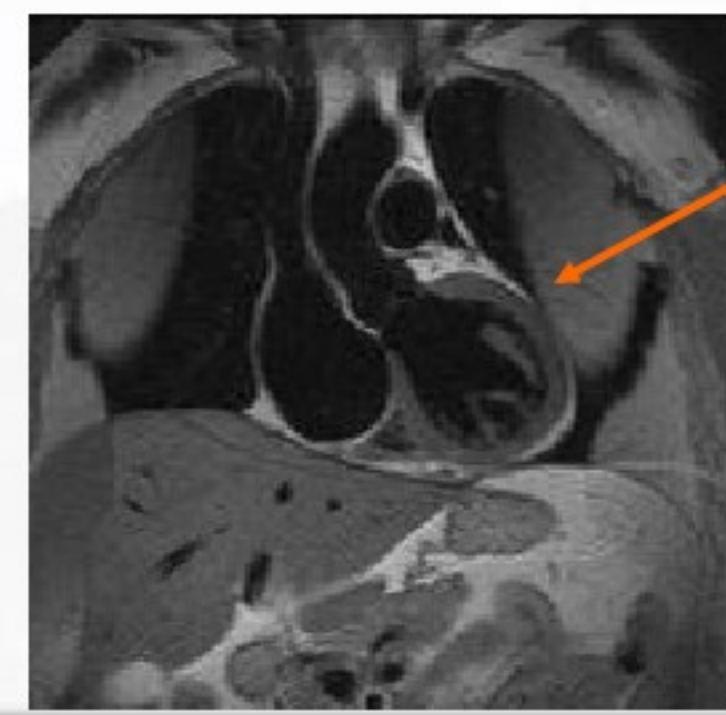
**T2 STIR Dark Blood**



**T1  
Dark  
Blood**



**T1  
Dark  
Blood**



## 二、心脏功能分析

评价心功能常用采集方法是二维（2D）分段MR电影技术（Cine），常用序列为TrueFISP或FLASH序列。

TrueFISP序列采用超短重复时间（TR），对比为T2/T1，信噪比高，且心肌血液对比度高，扫描时间短，不足之处是对磁场不均匀敏感易产生条纹状伪影，特定吸收率（SAR）值较高；

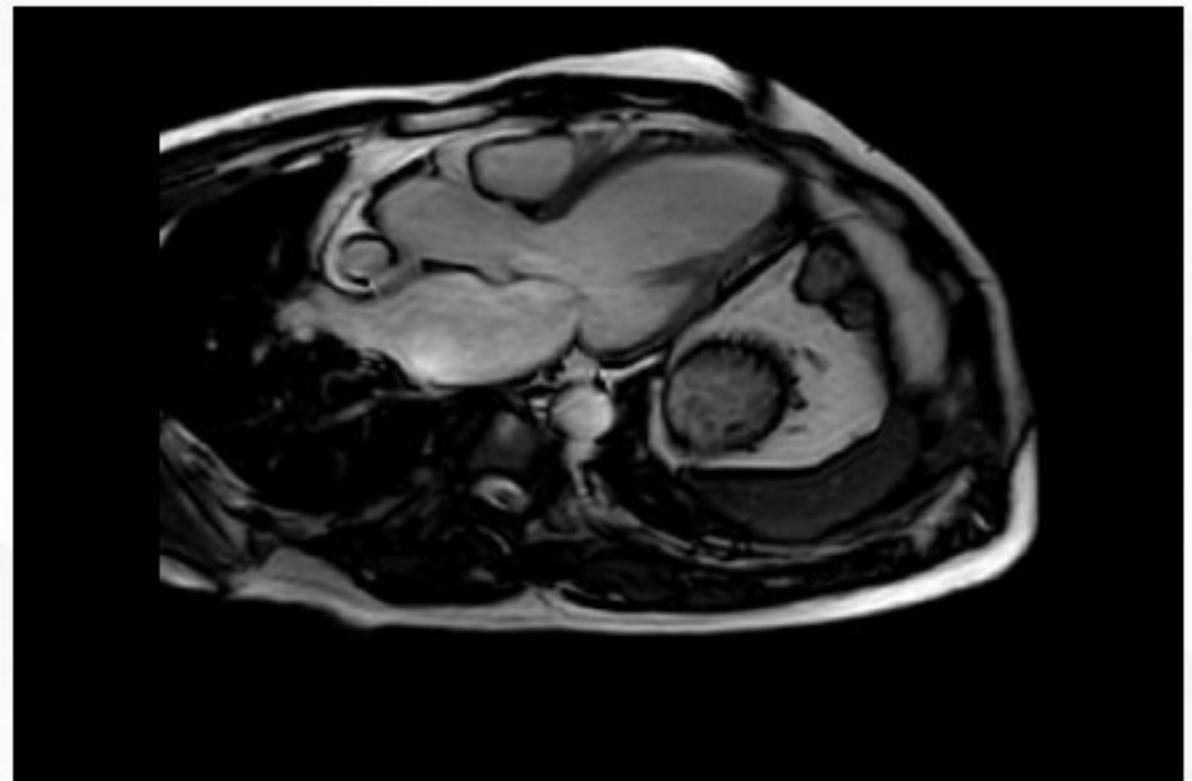
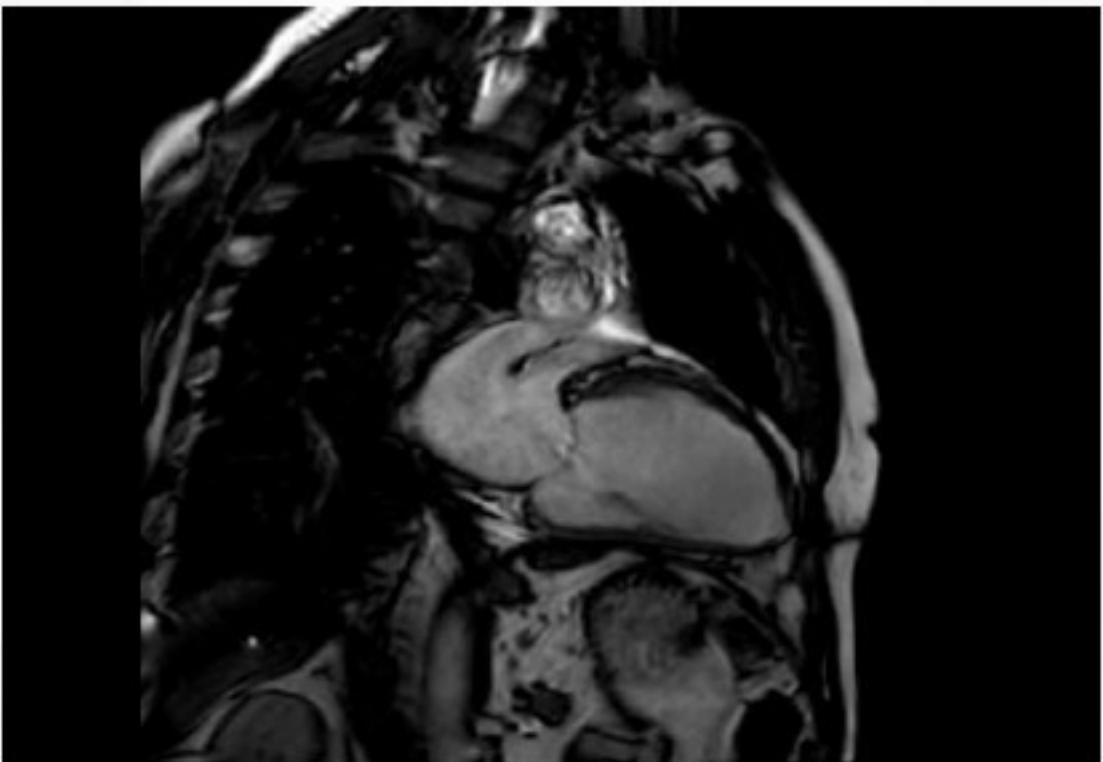
FLASH序列血液和心肌对比不如TrueFISP，流动效应较强，便于观察瓣膜。

## 二、心脏功能分析

亮血成像：多时相电影序列（True FISP

**Cine**）左室二腔心电影、左室四腔心电影、左室流出道电影、左室短轴电影； 血池及血管腔—高信号（亮）

心肌—中等信号（灰）



## 白血序列（心脏电影）

- ◆ 心血管电影采用亮血序列，为常规采用回顾性心电门控的真实稳态进动快速成像( true fast imaging with steady-state precession, TrueFisp )序列。
- ◆ 平均单层电影采集时间8~14 s，应用iPAT后降为5~8 s。根据情况1次屏气可采集1至数层，每层从收缩至舒张大约15~25帧图像。

# Cine序列-左心室心尖观



舒张末期

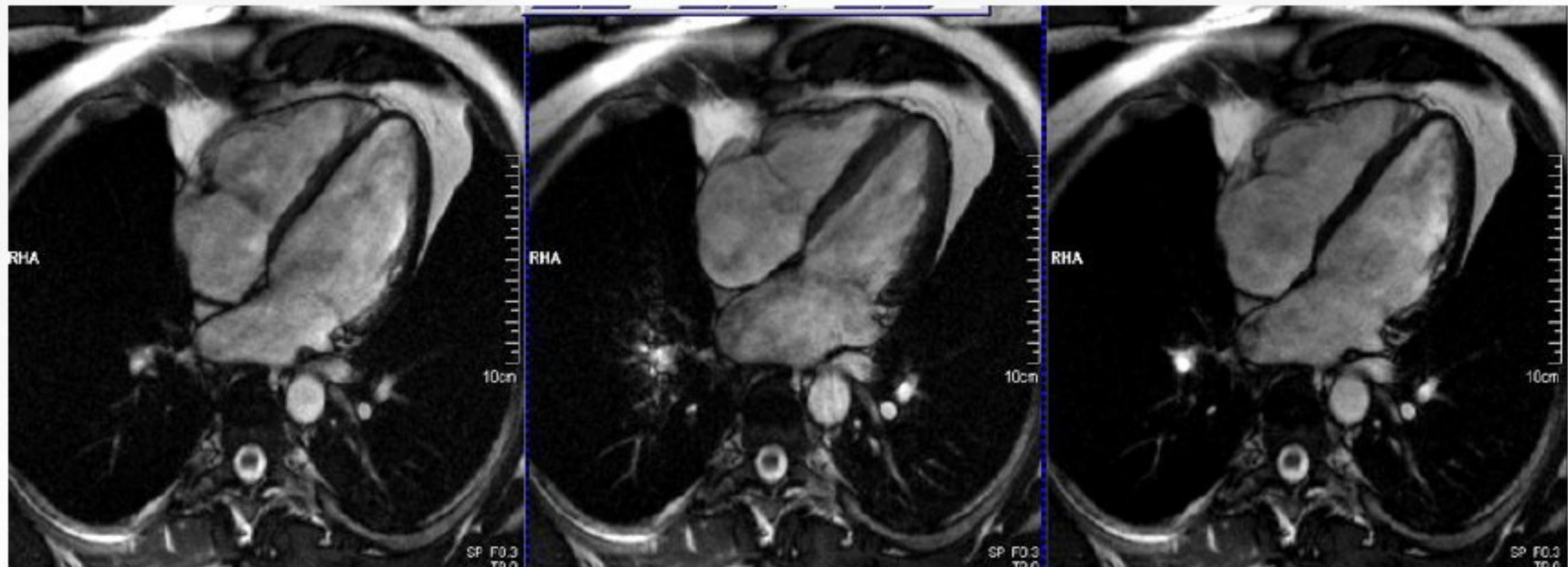
收缩期

舒张期

参考序列:

cine\_tf2d12\_retro\_iPAT

## Cine序列-四腔心



舒张末期

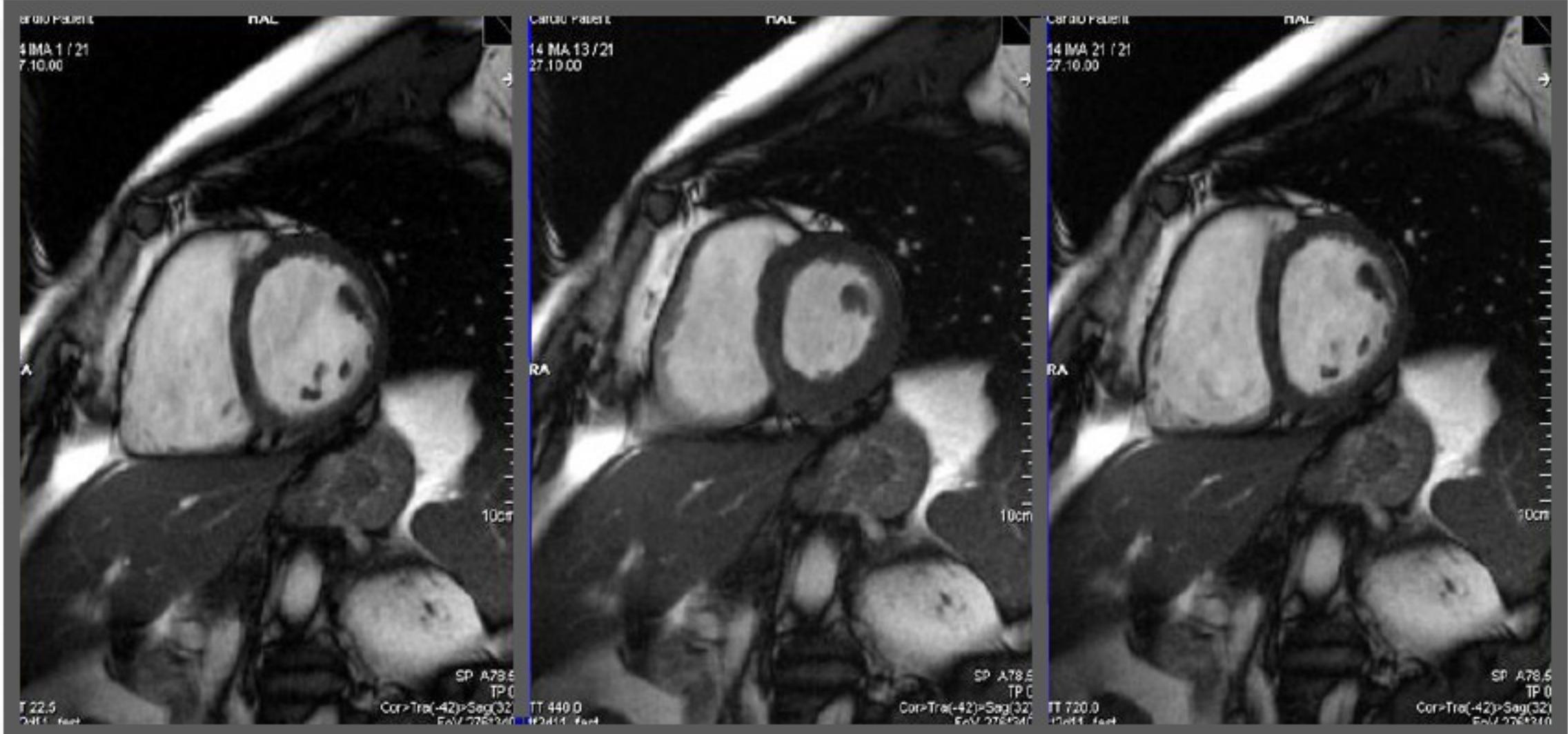
收缩期

舒张期

参考序列:

cine\_tf2d12\_retro\_iPAT

## Cine序列-短轴观



舒张末期

收缩期

舒张末期

参考序列:

cine\_tf2d12\_retro\_iPAT

# Cine序列-左室流出道



舒张末期

收缩期

舒张期

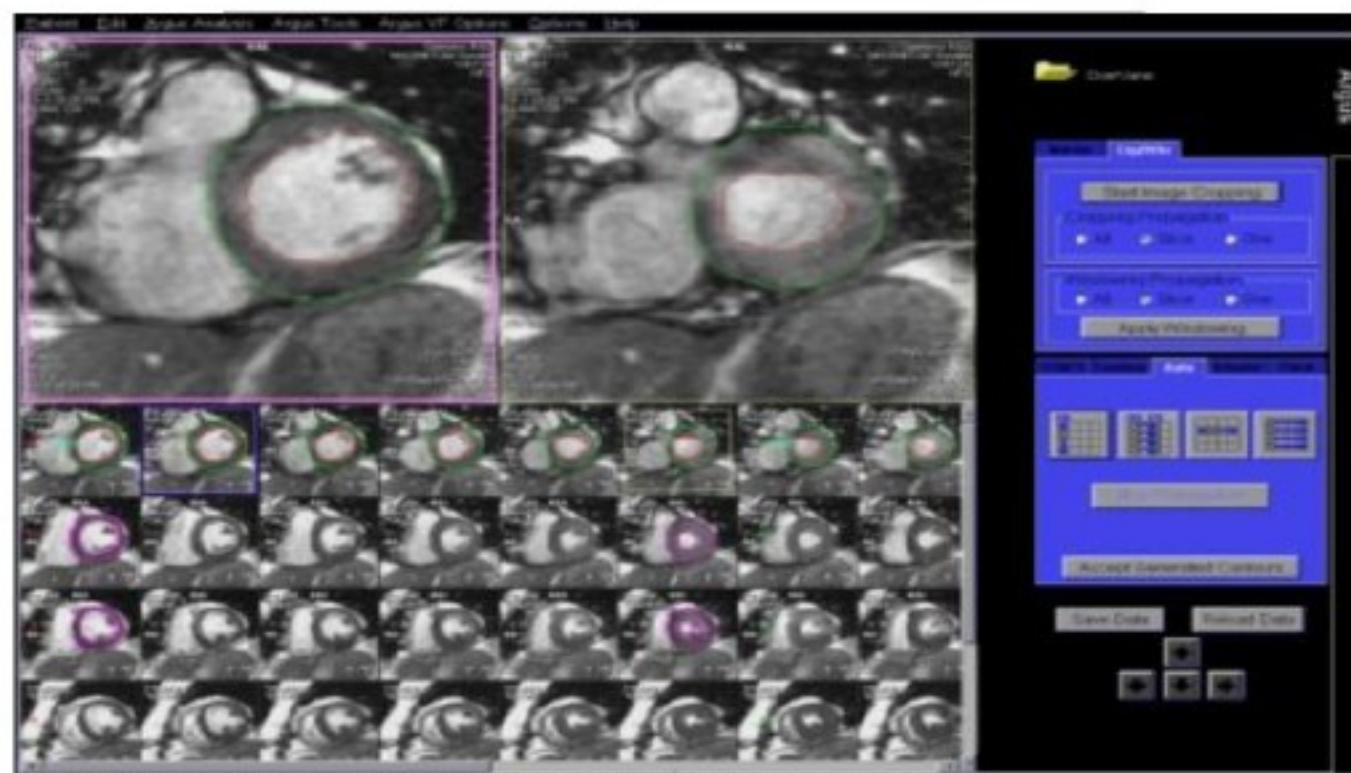
参考序列:

cine\_tf2d12\_retro\_iPAT

## Cine序列

在心脏收缩和舒张期中对左心室进行一系列从心底部到心尖部的短轴断面成像，进而通过后处理软件测定左室收缩末期和舒张末期容量、射血分数、每搏输出量和左室心肌质量等数据。

Short Axis Images for Argus Analysis



## 二、心脏功能分析

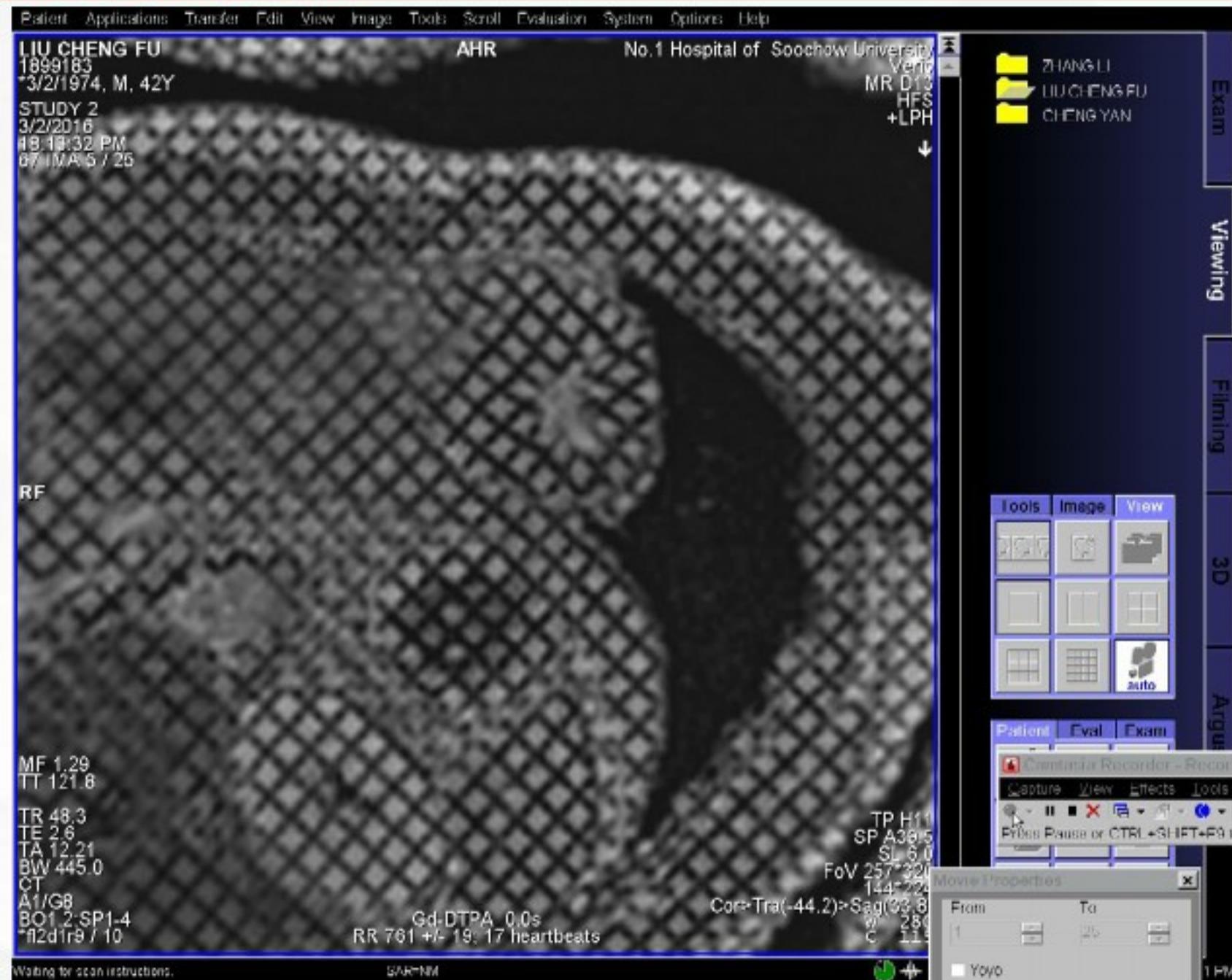
- ◆ 心功能分析一般通过心功能后处理软件实现；常用软件包括：Segment，西门子Argus，GE Report CARD，Q-mass等
- ◆ 能使用基线校正或相对比速度成像测量进行血流评价，将有利于临床诊断

## 二、心脏功能分析

### ◆ 左室功能分析主要包括：

- 1) 射血分数 (EF) 、舒张末期容积 (EDV) 、收缩末期容积 (ESV) 、每搏输出量 (SV) 、心输出量 (CO) 、左室心肌质量，以及根据体表面积计算的心脏指数 (CI) 。
- 2) 左室动态定量分析 (如应力、张力、旋转、时间峰值速度) 可用其他图像分析技术进行测量，如心肌标记技术 (tagging) 、带标记线的图像分析技术 (dense) 、组织特征性图像分析 (mapping) 、电影 (Cine) ，且需特异的后处理软件分析

# Cine序列-网格扫描



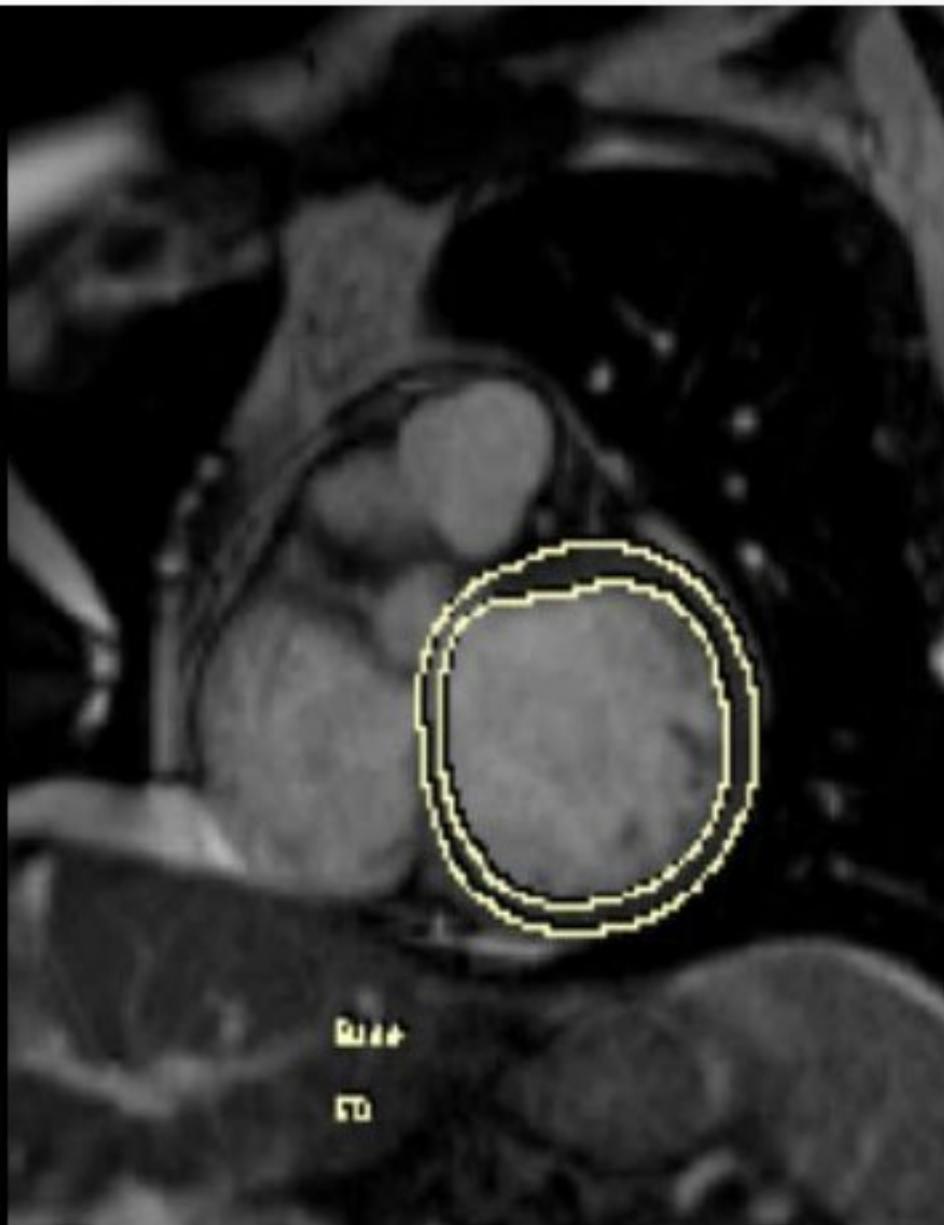
利用网格的扭曲变形程度判定心肌的运动能力

## 二、心脏功能分析

### ◆ 应用：

- 1) 评价瓣膜功能。
- 2) 评价心脏整体功能，包括收缩和舒张功能。尤其适用于病理状态下心室形状不规则的情况（如室壁瘤、肥厚型心肌病等）。
- 3) 评价心脏局部异常，包括节段性心肌运动异常，尤其是缺血性心脏病等。

# DCM患者左心室功能



Patient Name: liu chuan cong  
Patient ID: 00026... Examination Date: 2016-06-01  
Patient Height: 162.00 cm. Patient Weight: 60.00 kg. Heart Rate: 89 Beats/min

Left Ventricle - Absolute				
Cardiac Function		Normal Range (F) (MRI)	Units	
Ejection Fraction	EF	19.8	56.00 ... 78.00	%
End Diastolic Volume	EDV	270.1	52.00 ... 141.00	ml
End Systolic Volume	ESV	216.5	13.00 ... 51.00	ml
Stroke Volume	SV	53.6	33.00 ... 97.00	ml
Cardiac Output	CO	4.77	2.65 ... 5.98	l/min
Myocardial Mass (at ED)		100.4	75.00 ... 175.00	g
Myocardial Mass (Avg)		103.5 + 4.4	75.00 ... 175.00	g
Filling and Ejection Data				
Peak Ejection Rate		---	n.a.	ml/sec
Peak Ejection Time		---	n.a.	msec
Peak Filling Rate		---	n.a.	ml/sec
Peak Filling Time from ES		---	n.a.	msec

Check contours. Computer generated contours may not correspond to anatomy.

多次屏气在短轴层面从左心室底部到心尖部进行数据采集，通过后处理软件和心功能参数（如左室射血分数、左室容积、心肌质量等），评估心功能。

### 三、心肌灌注

心肌组织的毛细血管密度是其他骨骼肌管密度的2-3倍，具有强大的储备能力。冠状动脉血流储备指数一般为3.5-5。这种能力使得冠状动脉狭窄<70%时，在静息状态下通过狭窄远端的血管的扩张，仍能保持正常的心肌灌注，只有当冠脉狭窄达到85%-90%时，才会出现心肌灌注异常。

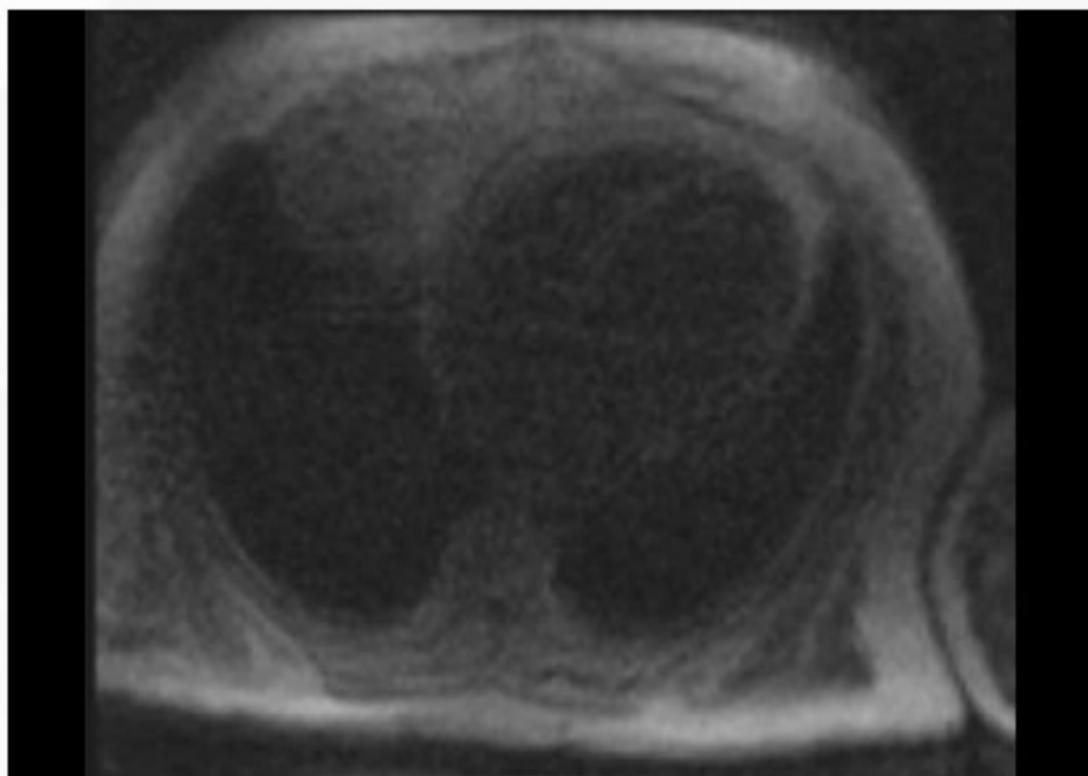
## 药物负荷试验：

- 两类药物：血管扩张药物（腺昔、双嘧达莫）和正性肌力药物（多巴酚丁胺），前者主要用于评价心肌缺血，后者主要用于探测存活心肌。
- 有潜在风险，排除禁忌症后，须有心内科医师在场，同时检测血压、心电图和血氧饱和度，出现恶心、头昏、心悸、短暂胸痛等常见不良反应，仅需严密观察体征及安慰患者，但若出现持续血压下降、胸痛，室性心律失常。血压高于 $220/120\text{mmHg}$ ，则立刻停止检查，对症处理。

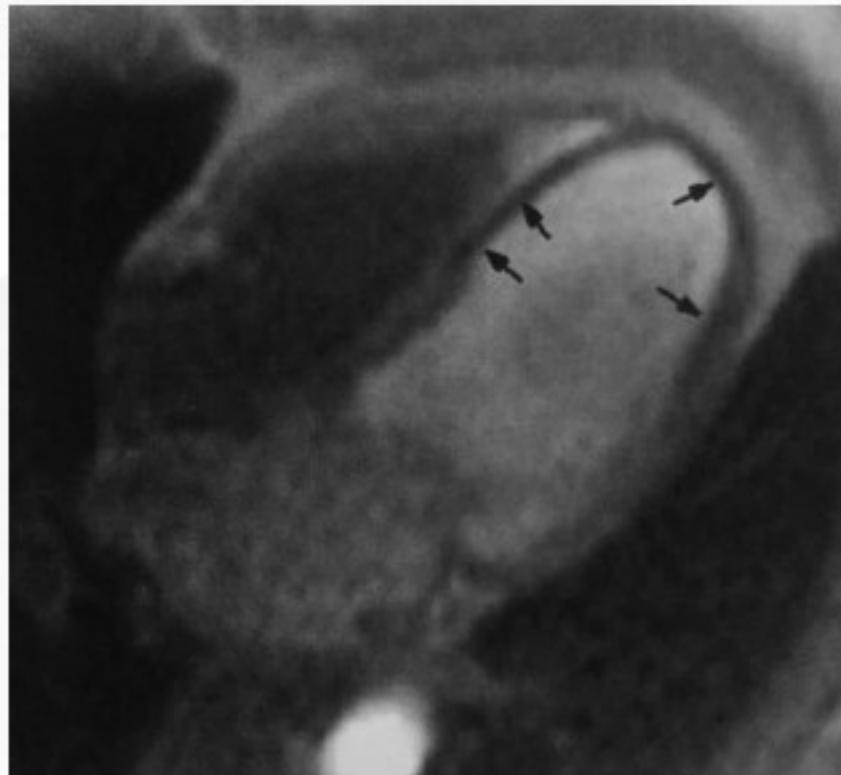
## 心肌灌注：

首过法心肌灌注采用梯度回波快速小角度激发序列(TurboFlash)，平扫后经右肘静脉注射对比剂，造影剂0.05-0.1ml/kg，以流速3-7ml/s，盐水30ml，在团注的同时马上进行扫描，一般在5-8s内注射完毕。对比剂经过右心房、右心室和肺动脉到达左心室并流入冠状动脉到达心肌，整个过程为首过。通过连续采集得到T1加权图像，动脉追踪对比剂首过的过程。首过时，灌注不佳的心肌对比剂低于灌注好的心肌。

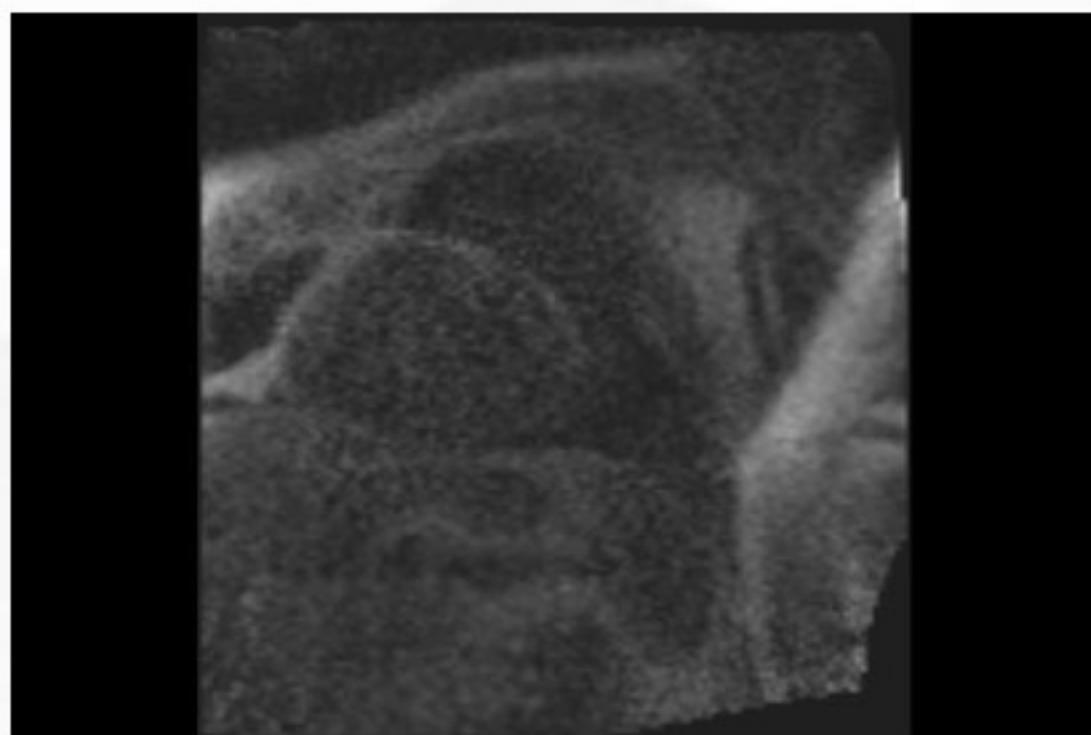
MR结合药物负荷试验心肌灌注成像诊断冠心病的特异性与阳性预测值要高于CT 冠状动脉成像。



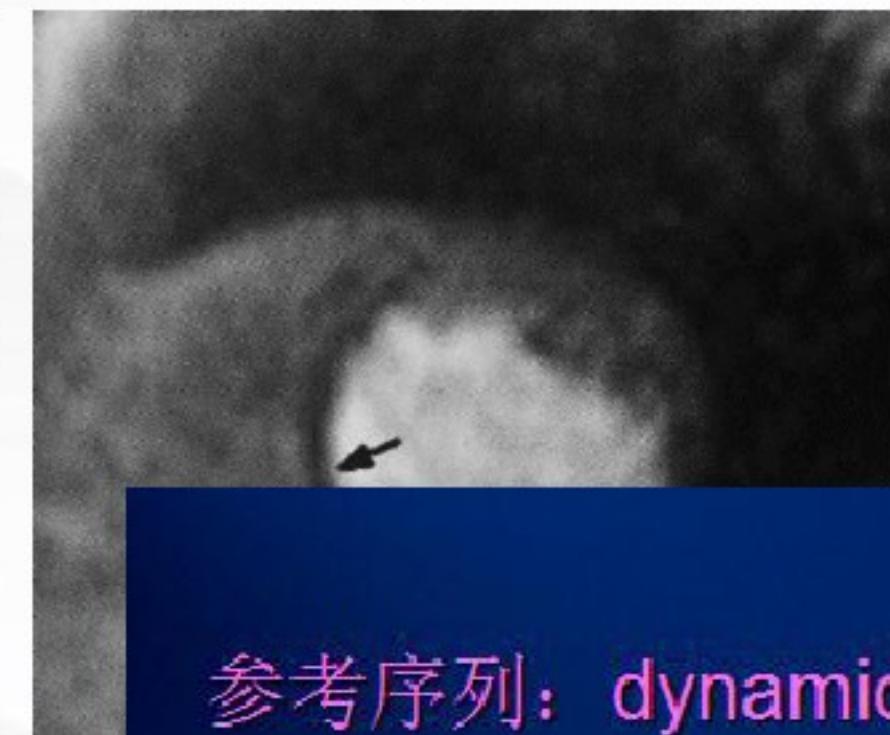
A



B



C



D

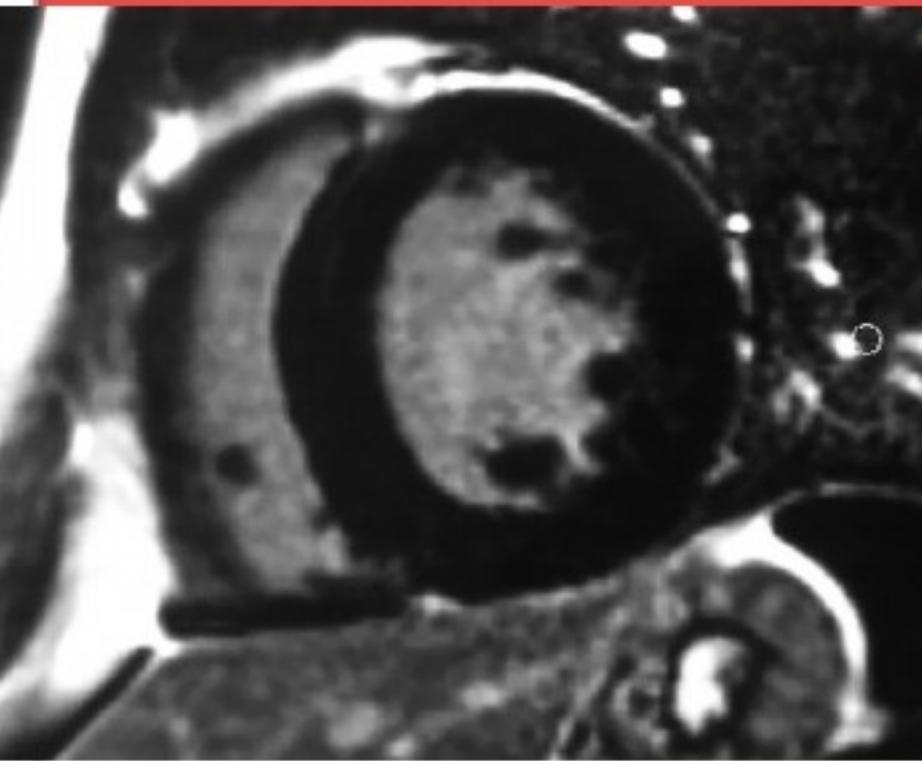
陈旧性心肌梗死患者。

A.C为首过心肌灌注电影序列;B.D为相对应四腔心和短轴层面。

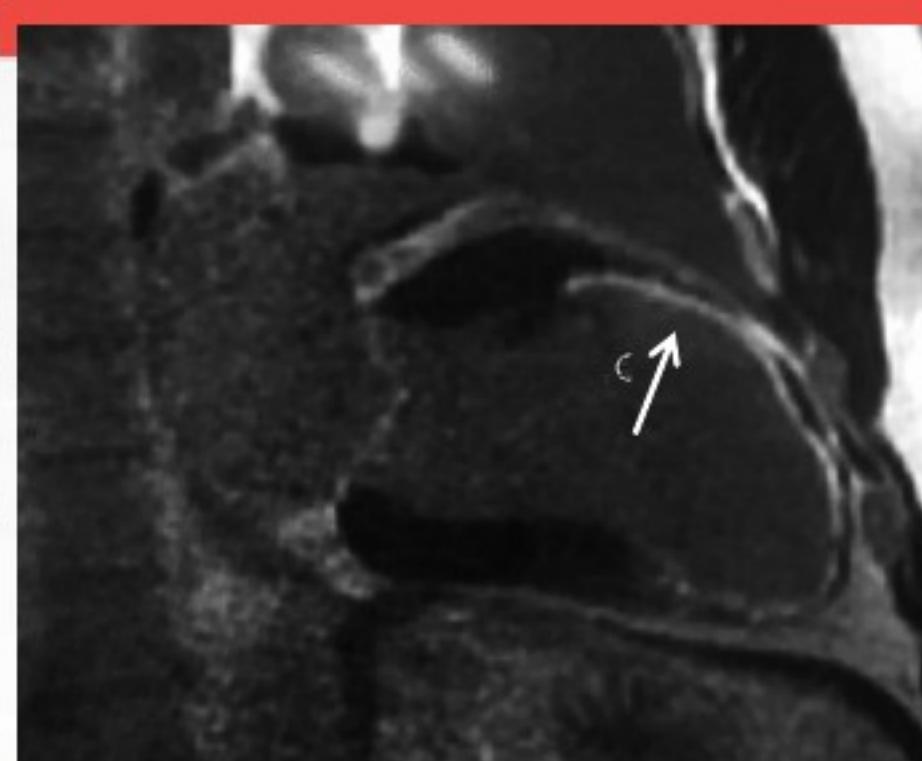
显示心尖部、毗邻室间隔及侧壁呈线状低信号灌注缺损

参考序列: dynamic\_tf1\_sr\_ePAT

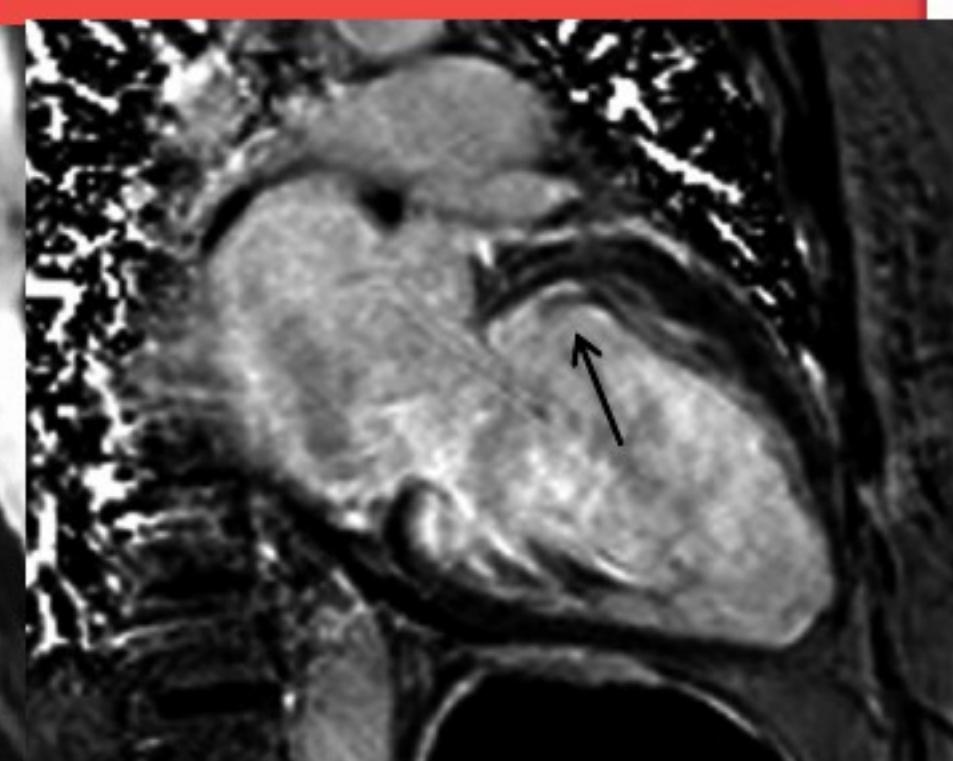
#### 四、组织特性（对比剂延迟强化（LGE））



A



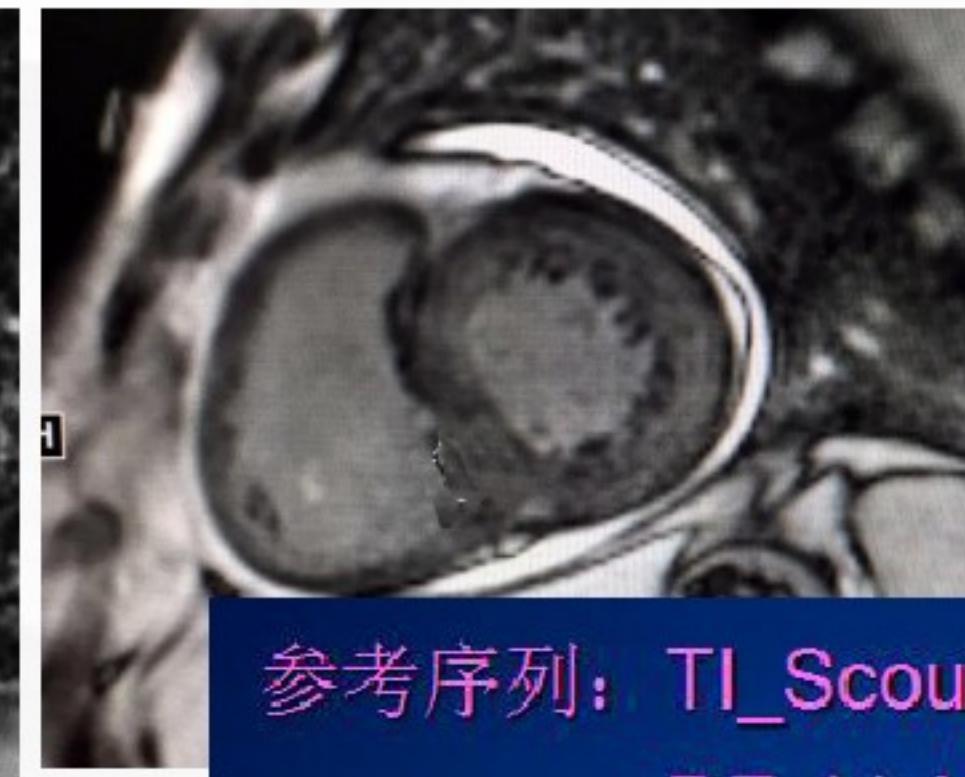
B



C



D



参考序列: TI\_Scout

DE\_high-res\_tfl31\_psir\_seg

- A.正常心肌
- B.陈旧性心肌梗死，透壁性强化
- C.扩心，肌壁间强化
- D.肥心，灶状强化
- E.心肌淀粉样变，粉末

## 对比剂延迟增强

- 首过灌注结束后追加造影剂，造影剂流速2ml/s，0.1-0.2ml/kg，20ml盐水。延迟约10-15分钟，复制短轴电影系列层进行扫描，即为延迟增强扫描。
- 判断心肌活性：“亮的即是死的”。
- 没有活性的心肌组织由于局部的流出发生障碍，导致对比剂聚集，所以在增强延迟期T1加权图像上呈高信号。

## 对比剂延迟增强

- ◆ 延迟增强采用加有相位敏感重建的反转恢复(PSIR)序列:PSIR TrueFisp/PSIR TurboFlash。
- ◆ PSIR TrueFisp 序列耗时极短, 仅6 s左右, 1次屏气可采集10~14层图像, 适合于心率快、心律不齐或屏气欠佳的病人。
- ◆ PSIR TurboFlash 序列, 适用于正常心律或易于配合的病人。1次屏气只采集1层, 但1次扫描可同时得到2组图像, 1组为经典的TurboFlash图像; 另1组为相位重建图, 黑白分明。

# 目 录

**一、CMR检查优势、适应症及禁忌症**

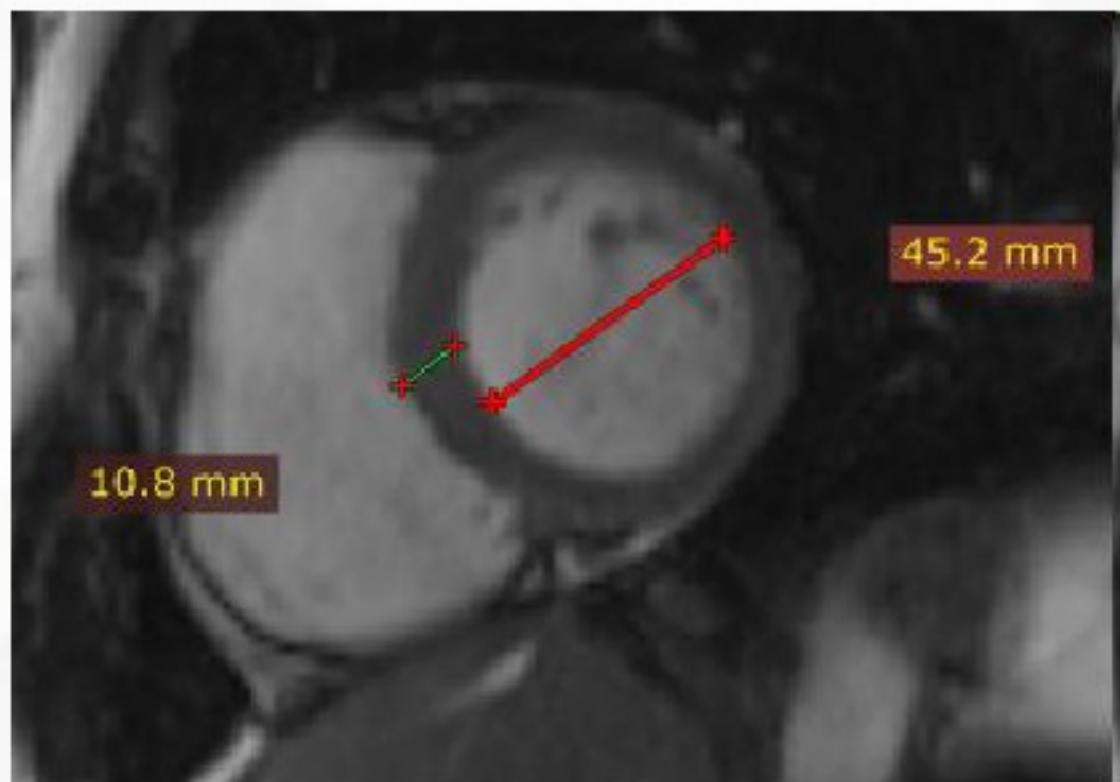
**二、CMR检查准备**

**三、CMR常用序列及简介**

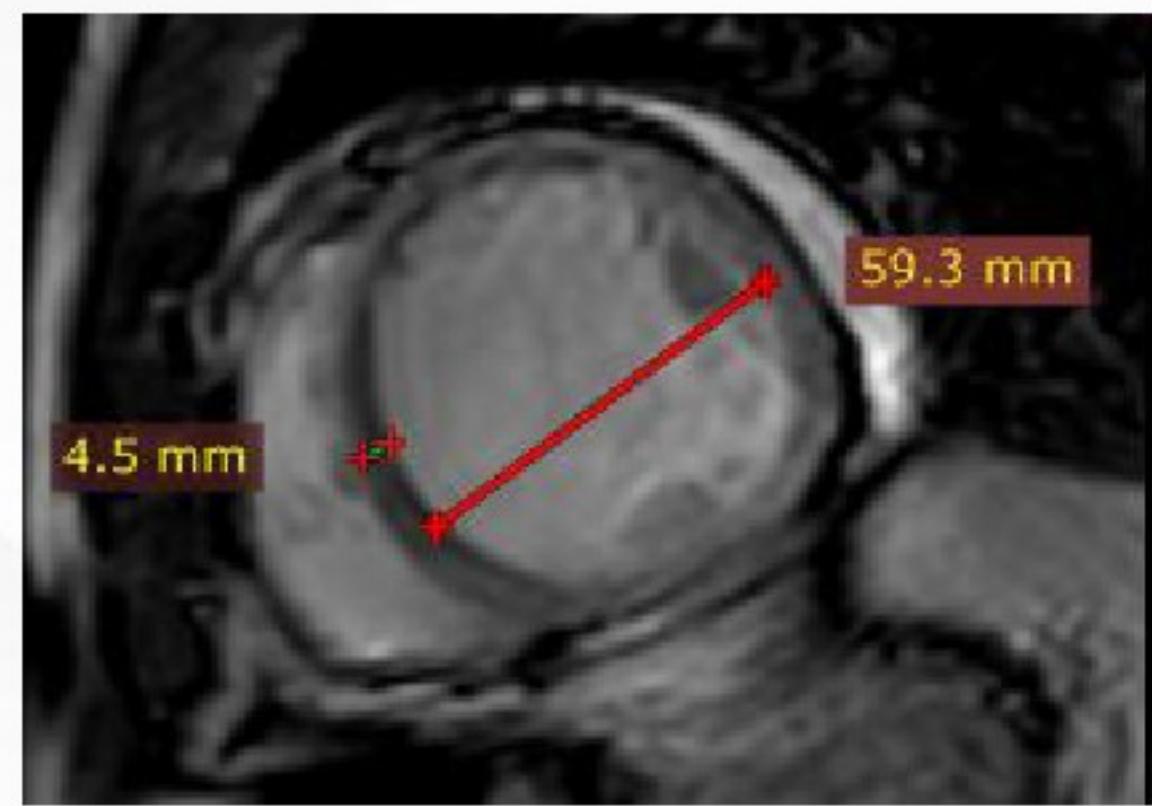
**四、CMR部分病例介绍**

# CMR临床应用——冠心病

急性和陈旧性心肌梗死、梗死后并发症；直接显示冠心病心腔大小、室壁厚度、室壁瘤等；动态观察室壁节段性运动，识别心肌活性等。



A



B

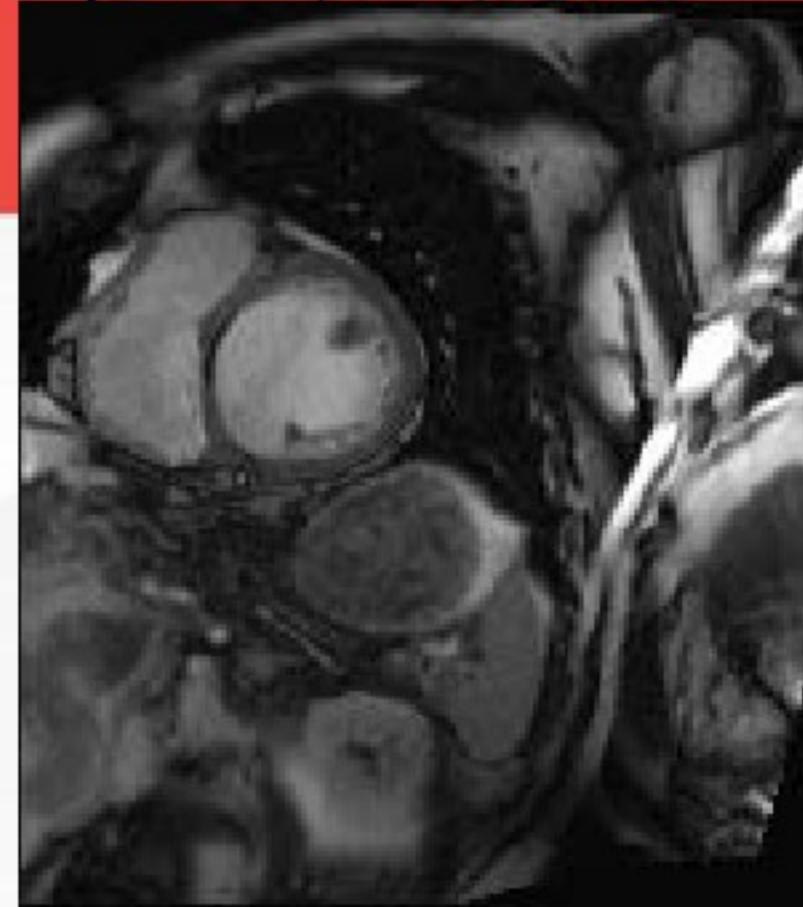
A.正常心脏.心脏左室壁厚度8-12mm，左室舒张末期最大横径55mm

B.冠心病.陈旧性心肌梗死，室壁变薄、心腔扩大

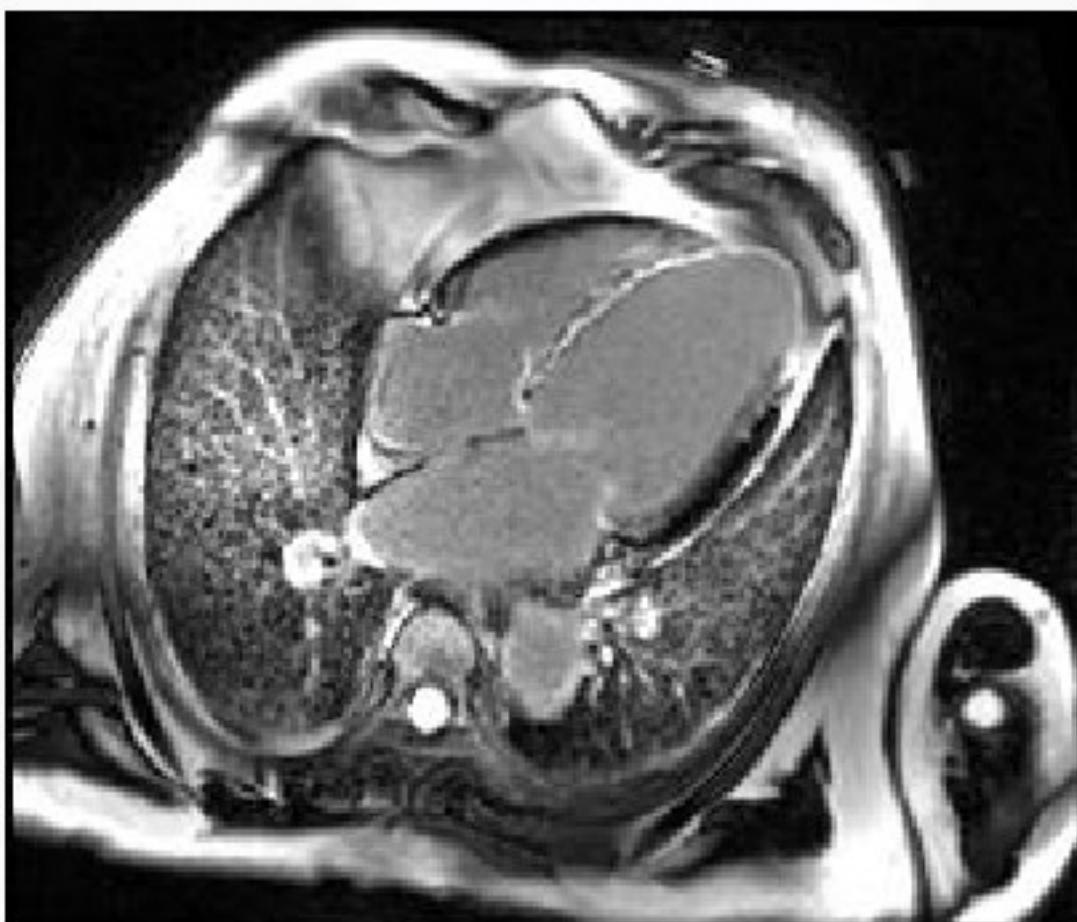
# 冠心病 陈旧性心肌梗死



A



B



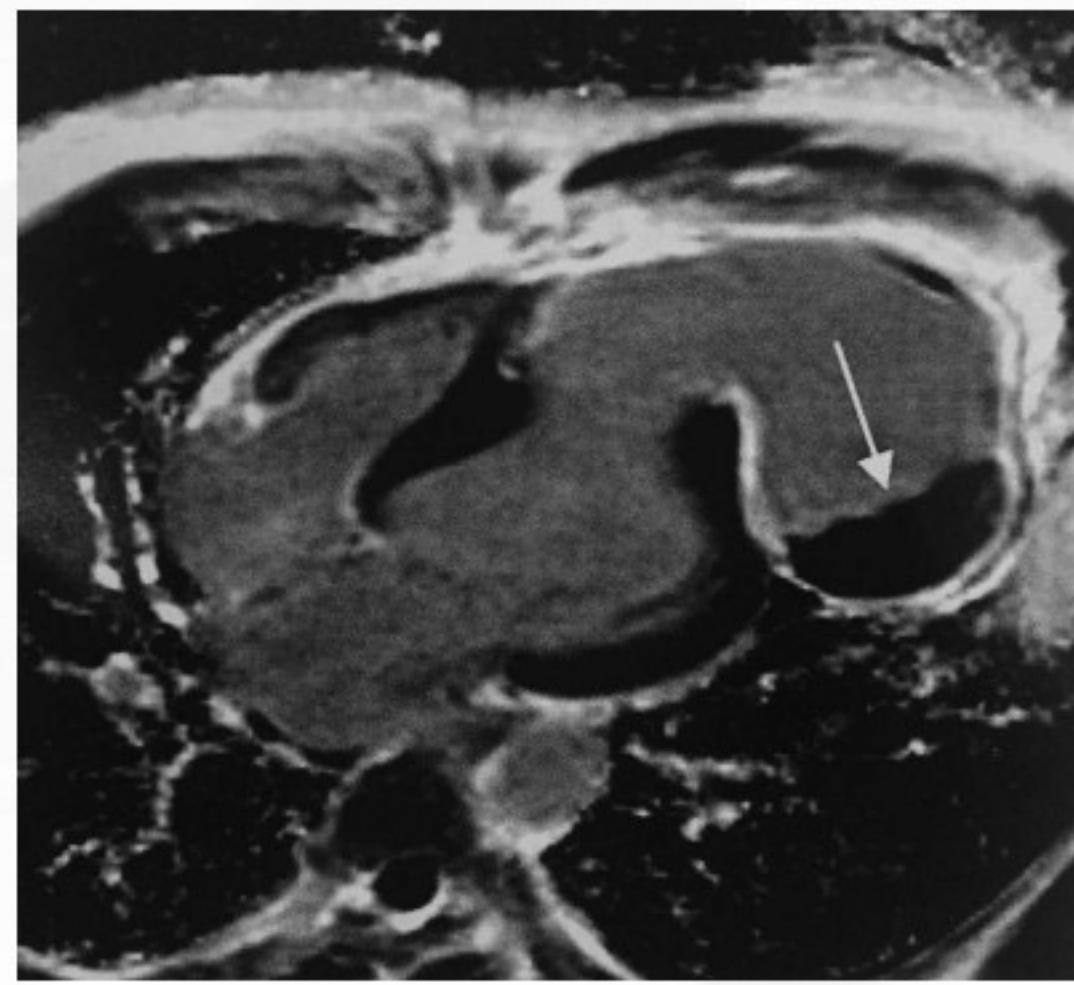
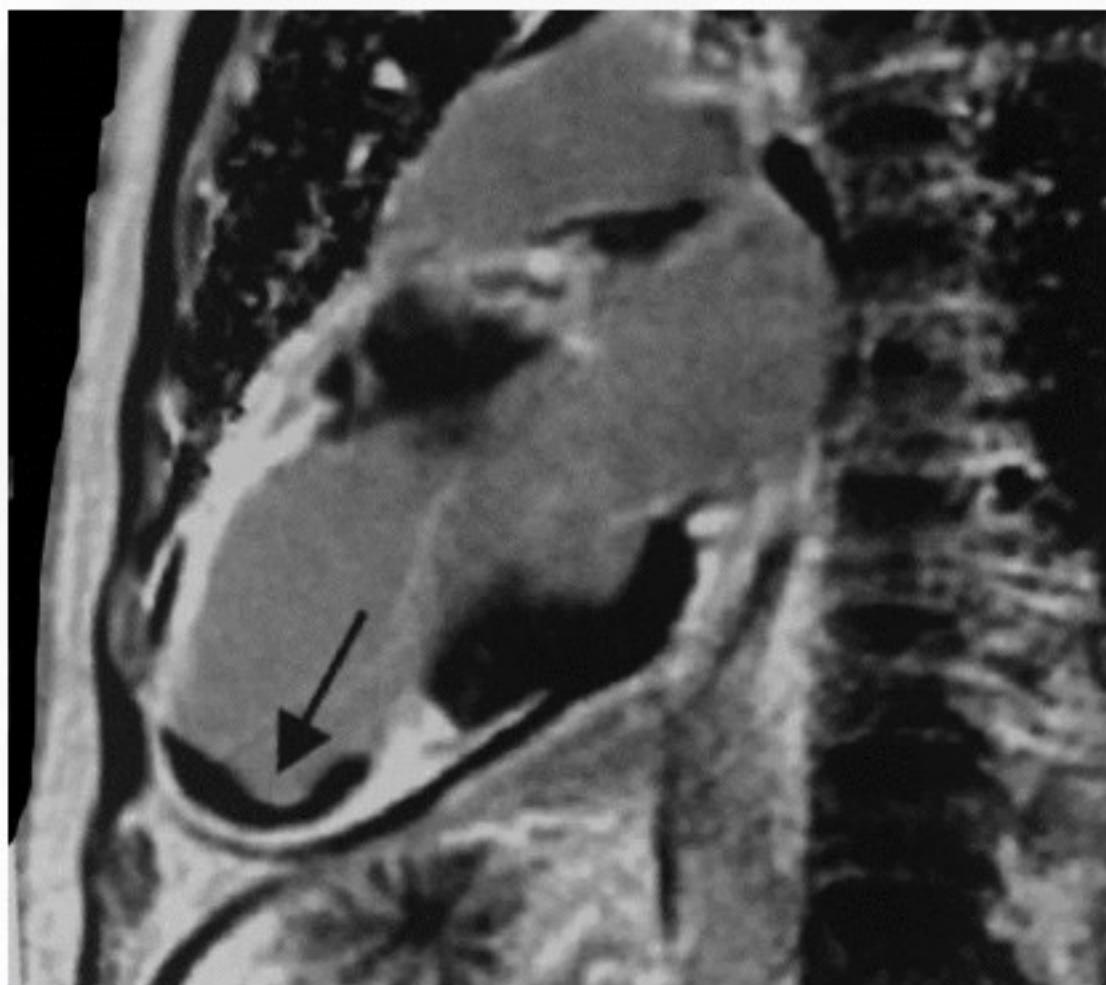
C



D

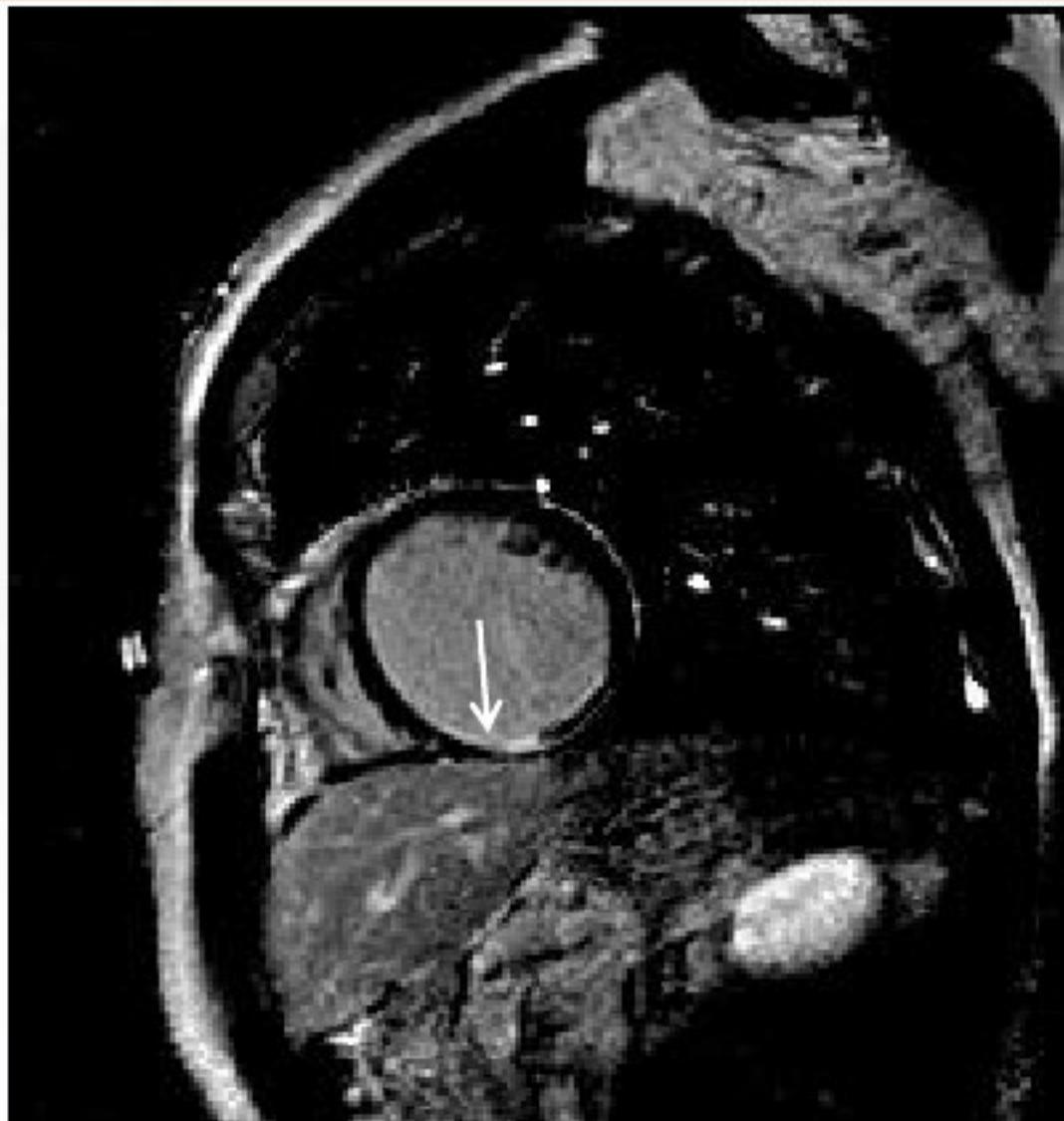
A.B.亮血序列示心尖部及室间隔壁明显变薄.  
C.D.为对比剂延迟增强对应层面四腔心及短轴示相对应的区域近乎透壁性明显强化.

## 陈旧性心肌梗死并发症：附壁血栓、室壁瘤

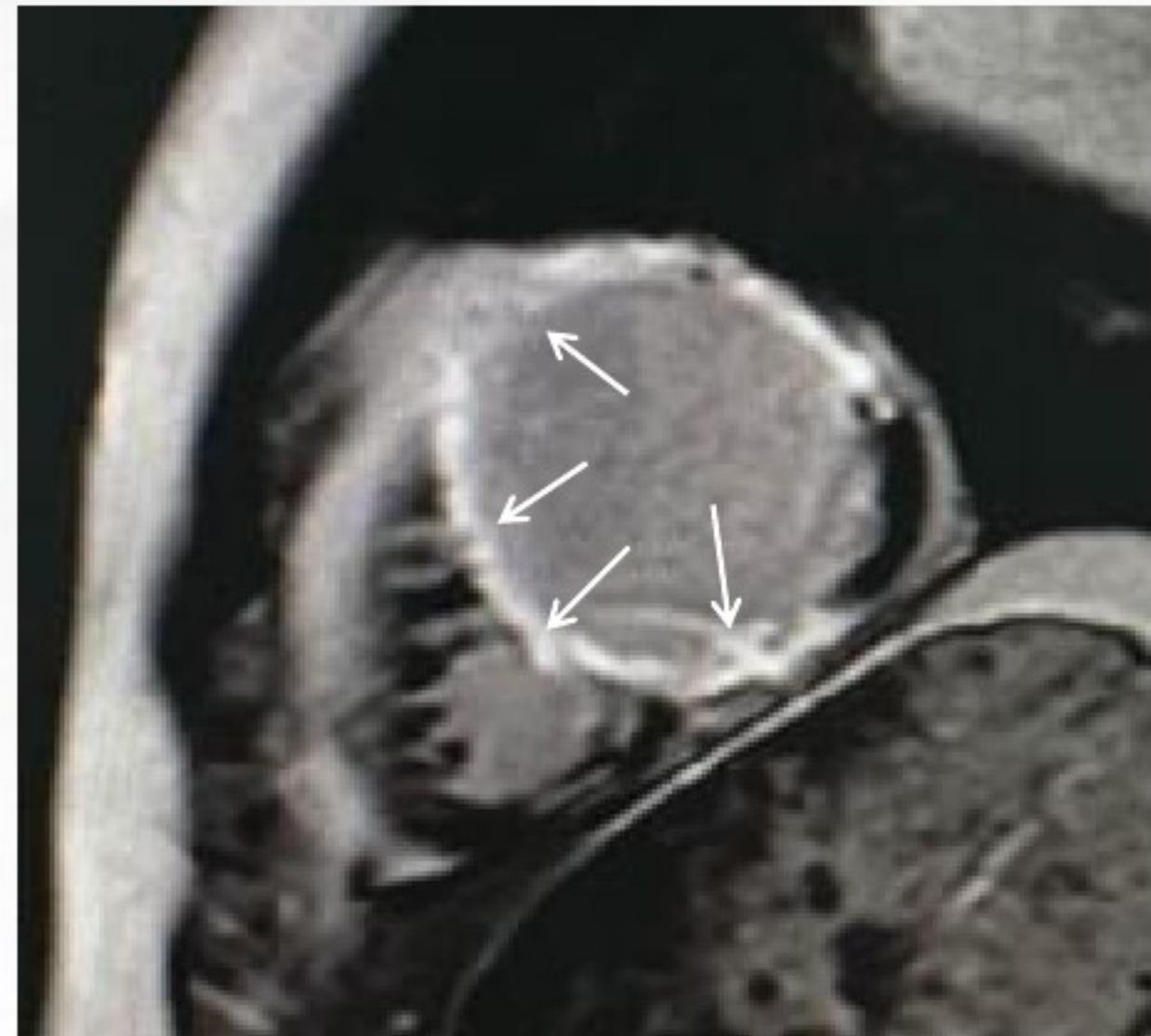


## 缺血性心肌梗死强化特点：

- 从心内膜下向心外膜方向扩散，即所谓缺血性增强。
- 延迟强化与“责任血管”供血区区域相对应，且沿血管纵轴方向延伸。



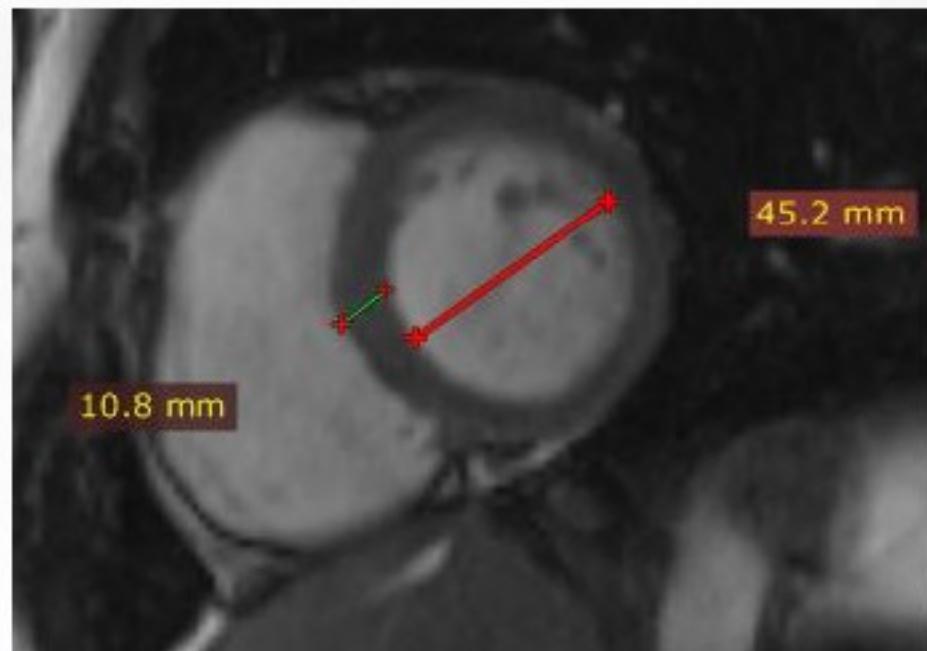
心内膜下型(心内膜下见条状  
强化灶, 未累及心外膜)



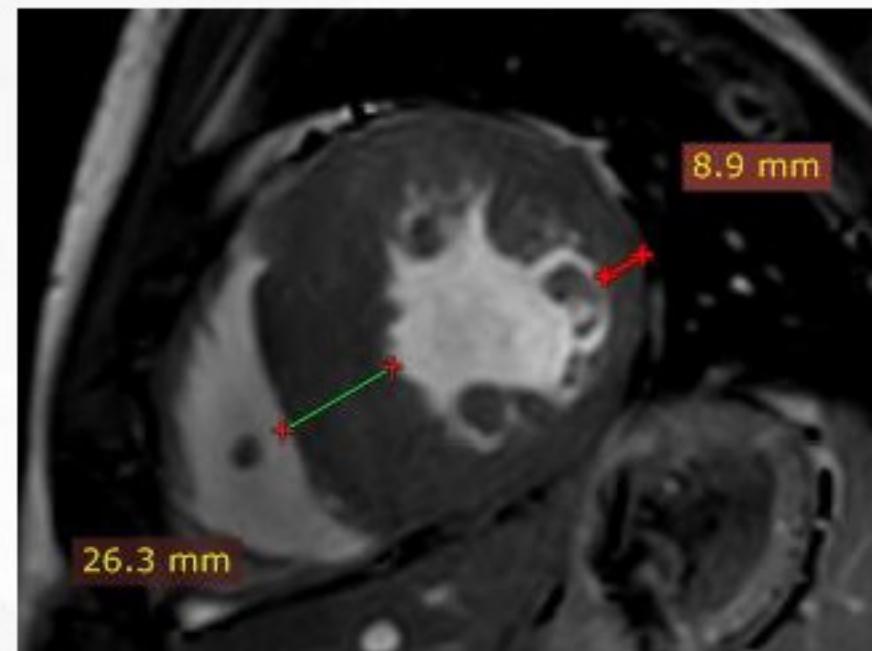
透壁型 (范围广泛, 近乎累及心室壁全层)

# CMR临床应用——非缺血性心肌病

诊断各种心肌病，肥厚型（心尖肥厚型心肌病）、扩张型和限制型心肌病，心肌致密化不全，心肌淀粉样变等疾病。



A



B

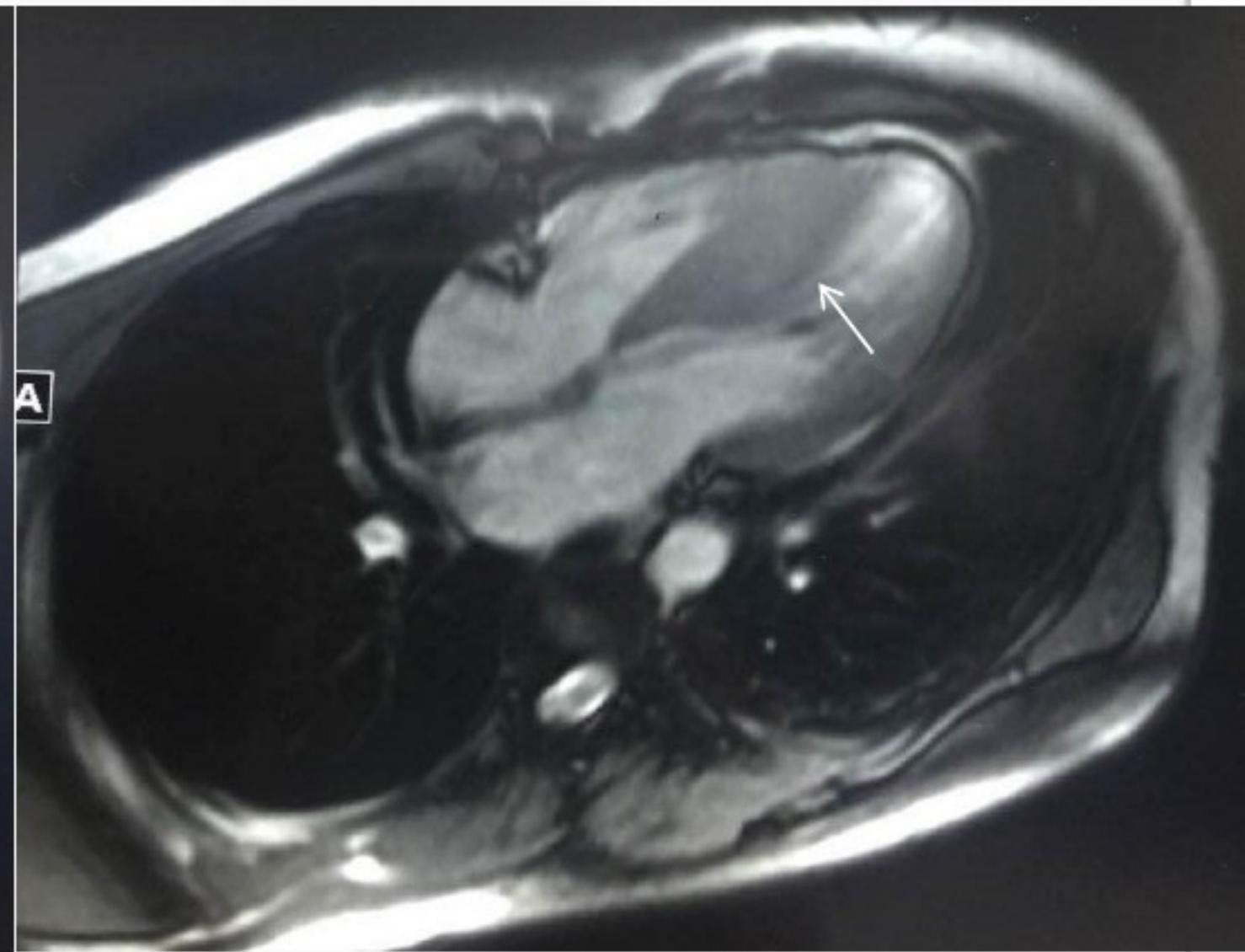
A.正常心脏

B.肥厚型心肌病:室壁增厚超过15mm，并无心腔扩大，并排除原因其他引起心脏增大疾病

# 肥厚型心肌病（HCM）

- 存在明确左室壁肥厚而无心腔扩大。
- 诊断标准：成人是舒张末期最大室壁厚度 $\geq 15\text{mm}$ （有明确家族史者 $\geq 13\text{mm}$ ），同时排除能够引起室壁肥厚的其他心血管疾病或者全身疾患（高血压、主动脉瓣狭窄、心肌淀粉样变性）。

# 梗阻性肥厚型心肌病 (HCM)

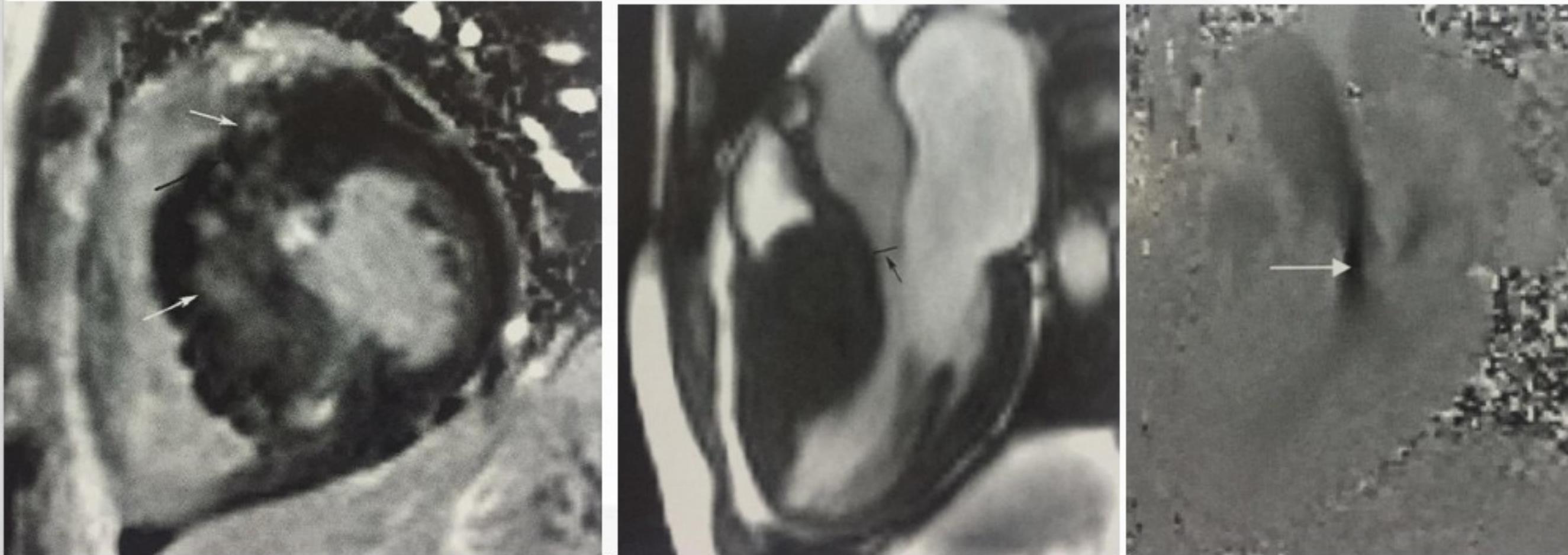


A. 黑血序列横断面

室间隔非对称性肥厚，呈梭形

B. 电影序列心室舒张期

# 梗阻性肥厚型心肌病 (HCM)



A

B

C

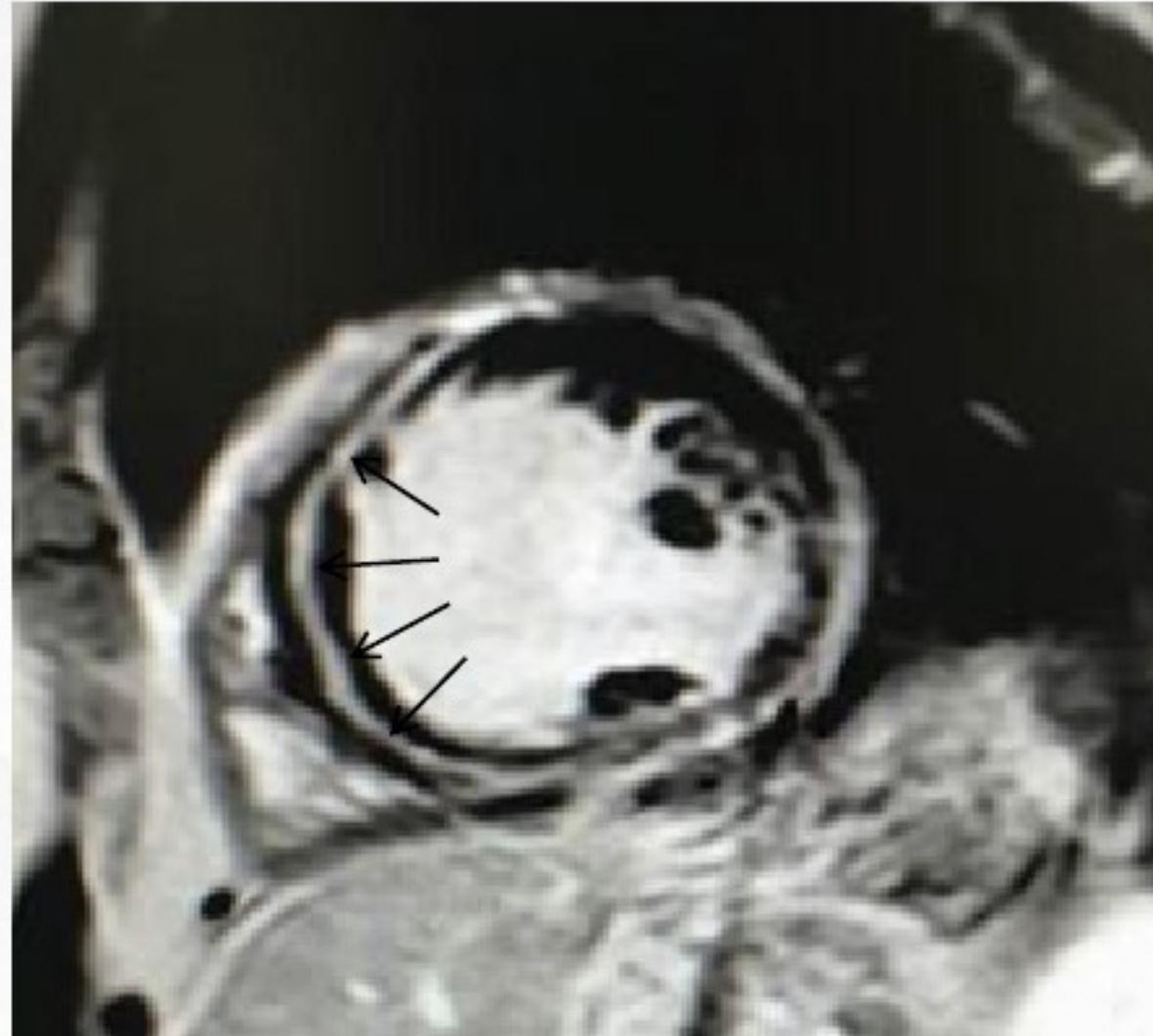
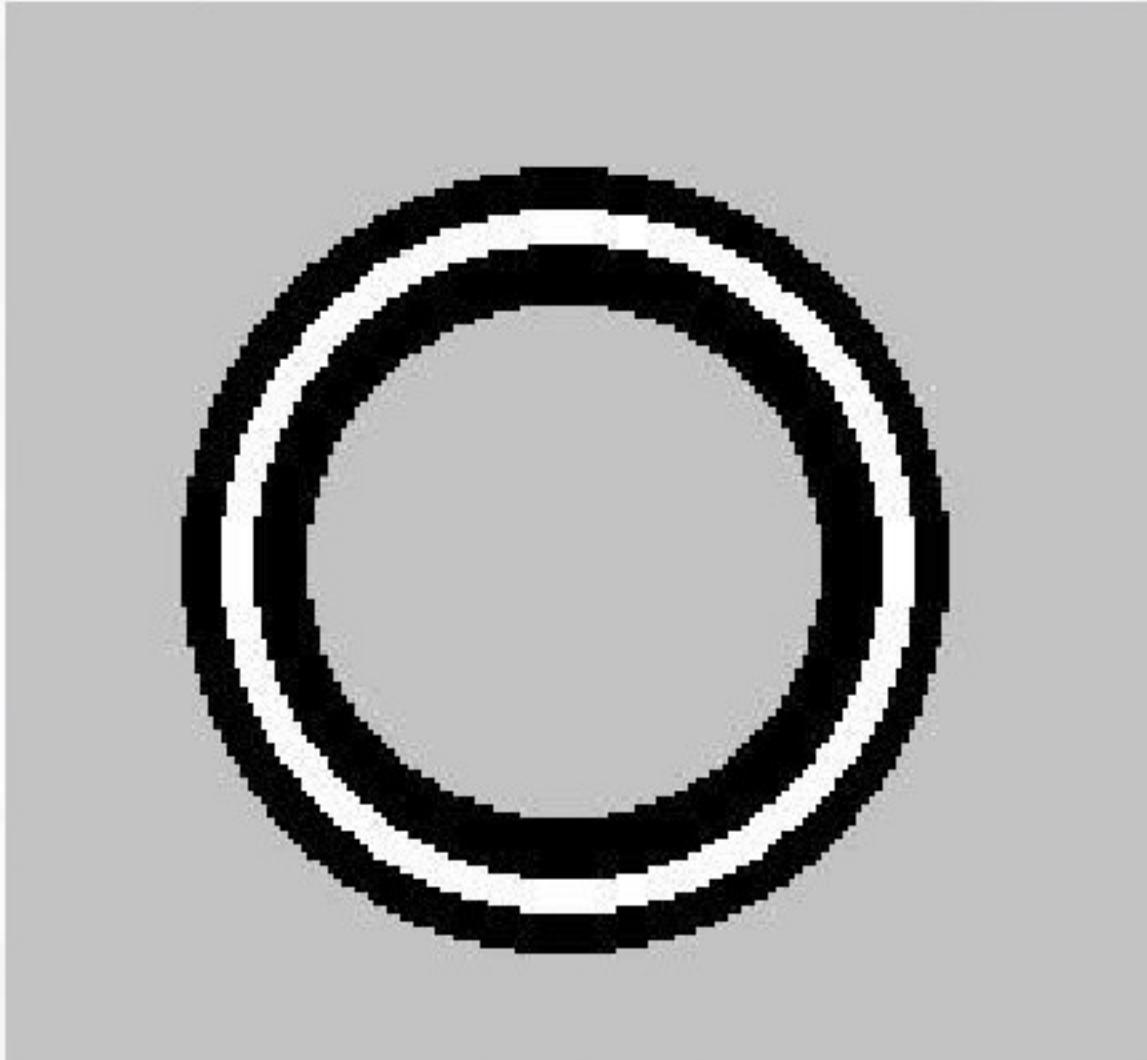
- A. 延迟扫描室间隔内见斑片状不均匀强化；
- B. 增厚心肌凸向左心室导致左心室流出道明显狭窄；
- C. 同一层面血流序列可见因梗阻所致的流出道高速血流信号缺损区

# 扩张性心肌病 (DCM)

- 病理：可由其他心肌疾病转归而来，主要表现为心脏扩张，心肌细胞萎缩，间质纤维化伴一定程度的心肌致密化不良。
- 诊断：排除负荷异常及冠心病的心室扩张后，可依据以下4点诊断：1) 心腔扩张（左室扩张为主），2) 左心室室壁运动异常、左心功能减低（收缩期增厚率普遍下降）；3) 室壁厚度正常或偏薄；4) 可有或无右心室运动异常。
- MR表现：心肌信号中等均匀，心肌中层延迟强化。
- 鉴别诊断：酒精性心肌病（通过饮酒史可鉴别）及其他可以引起心脏扩大的疾病。

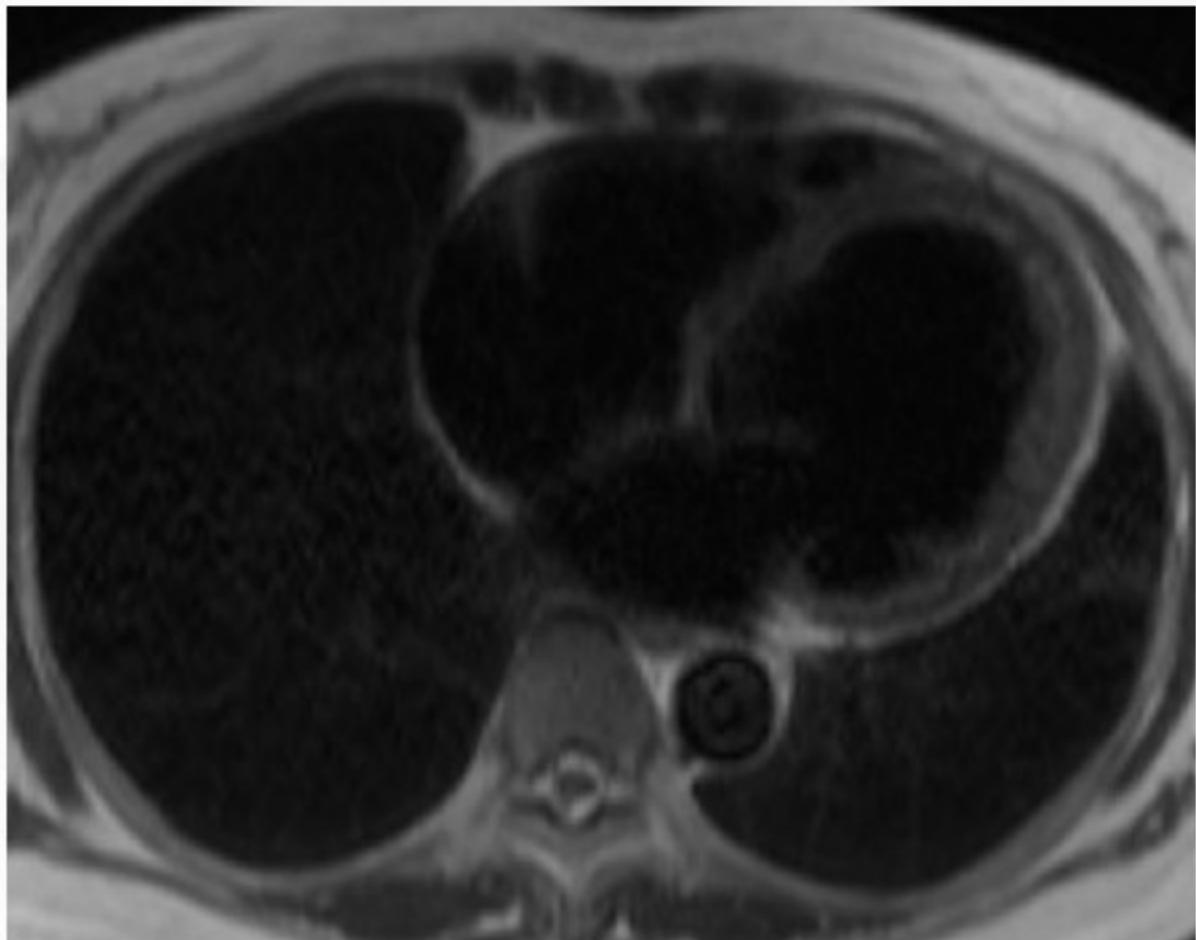
# DCM的延迟强化特点

和冠心病“缺血性增强”不同，为“非缺血性”强化，多位于肌壁间或心外膜下心肌，不与任何冠状动脉的灌注区域相吻合。

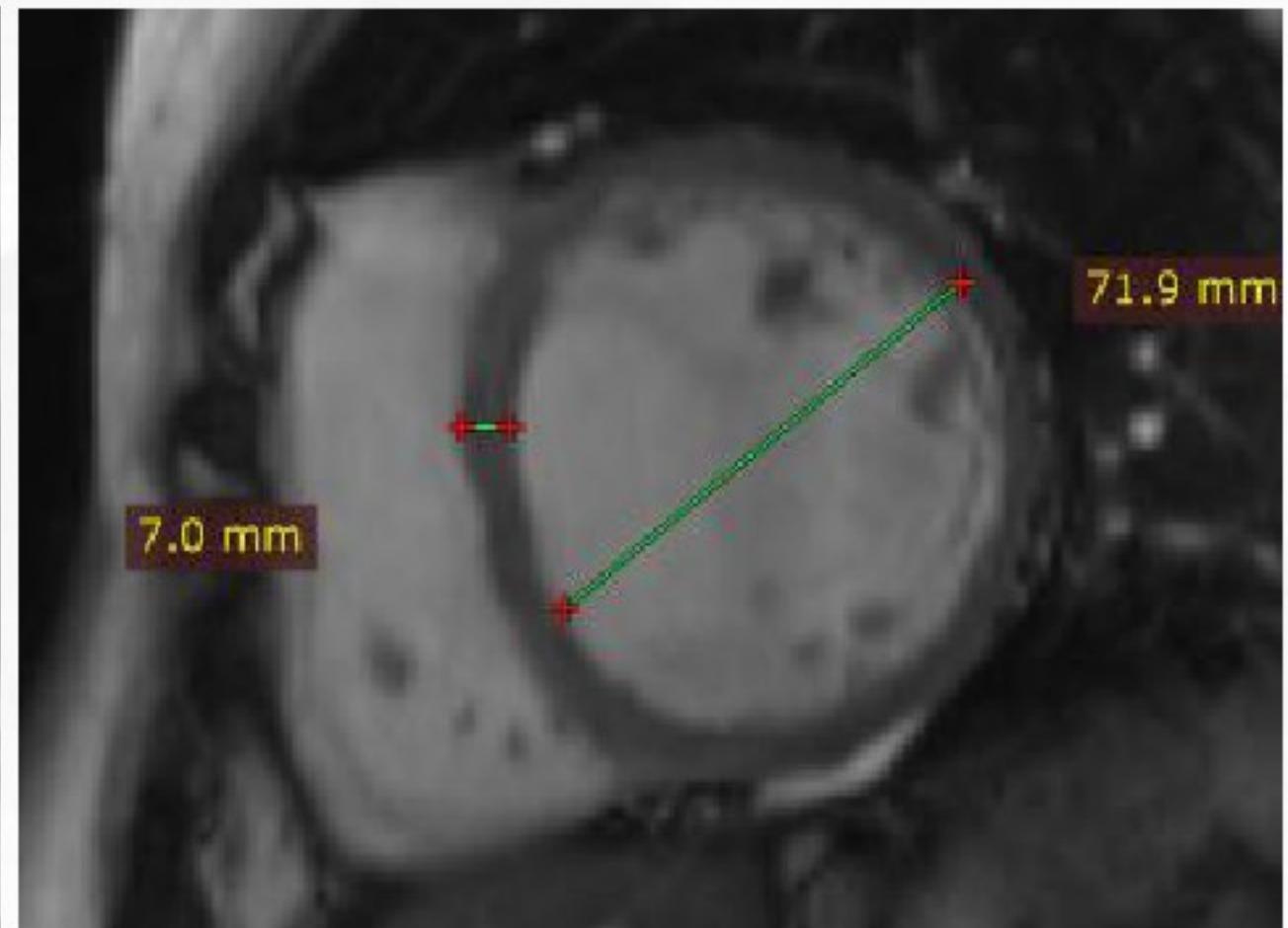


典型肌壁间强化

# 扩张性心肌病 (DCM)



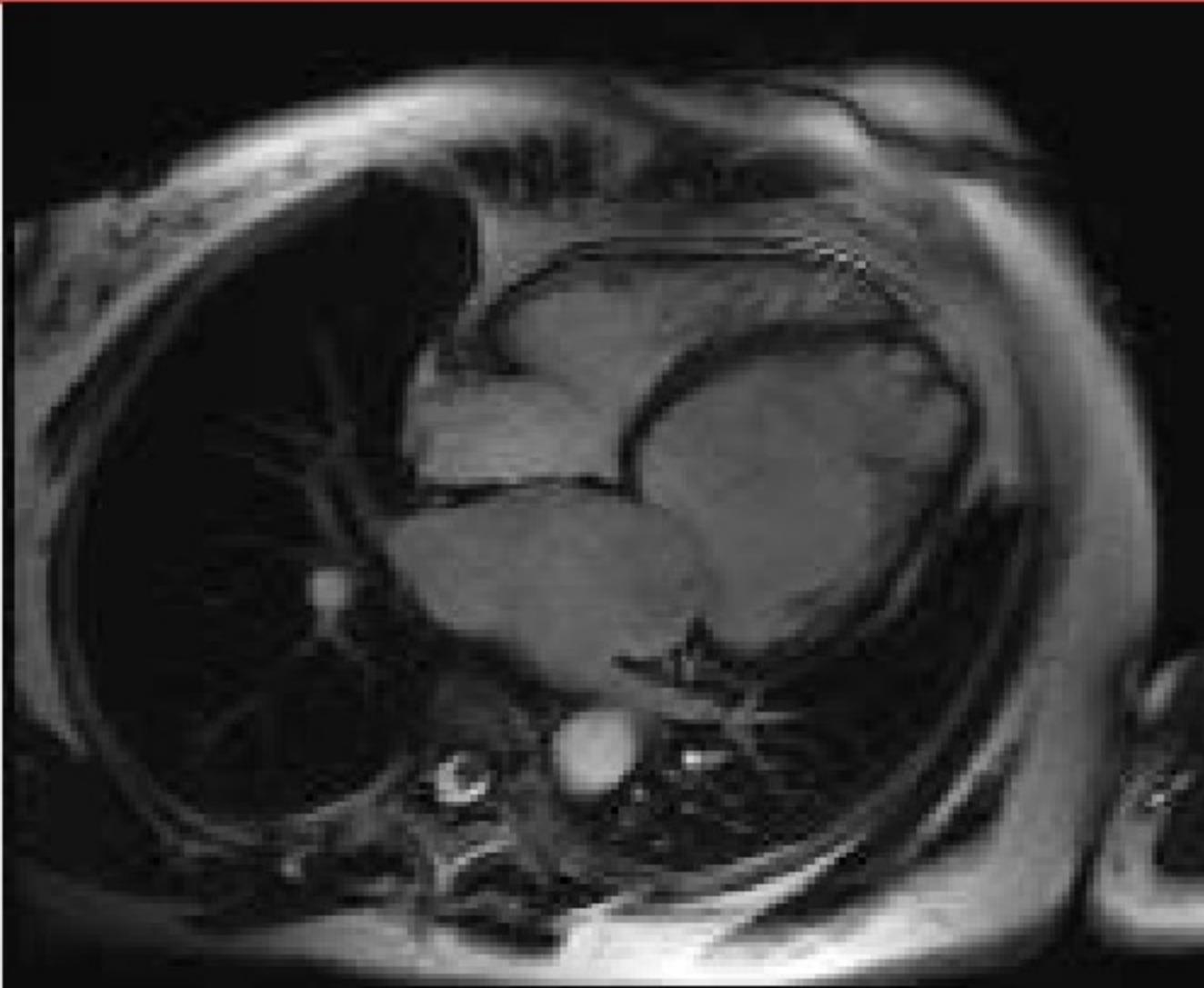
A. 黑血序列



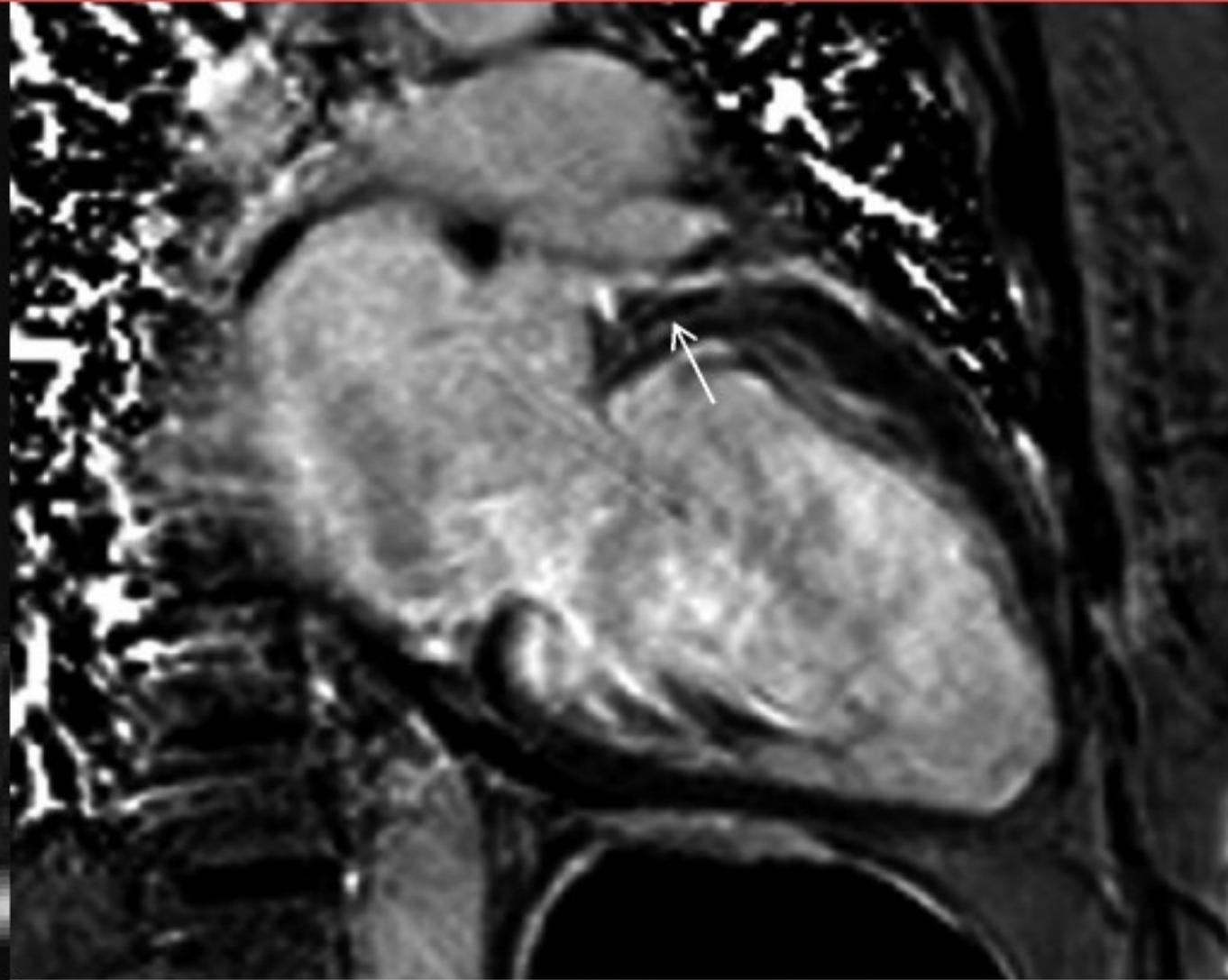
B. 短轴电影序列舒张期

A.B. 显示腔大，壁薄，左心室壁过度小梁化（心内膜下心肌肌小梁增粗、增多）

# 扩张性心肌病 (DCM)



A.二腔心电影序列

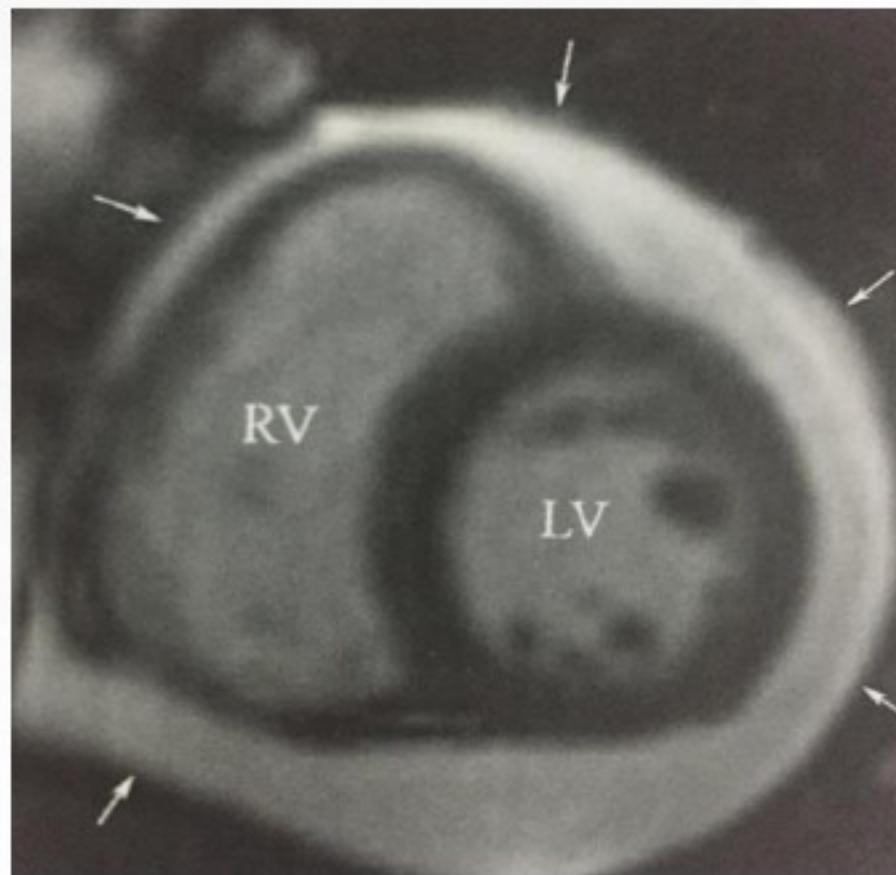


B.延迟增强

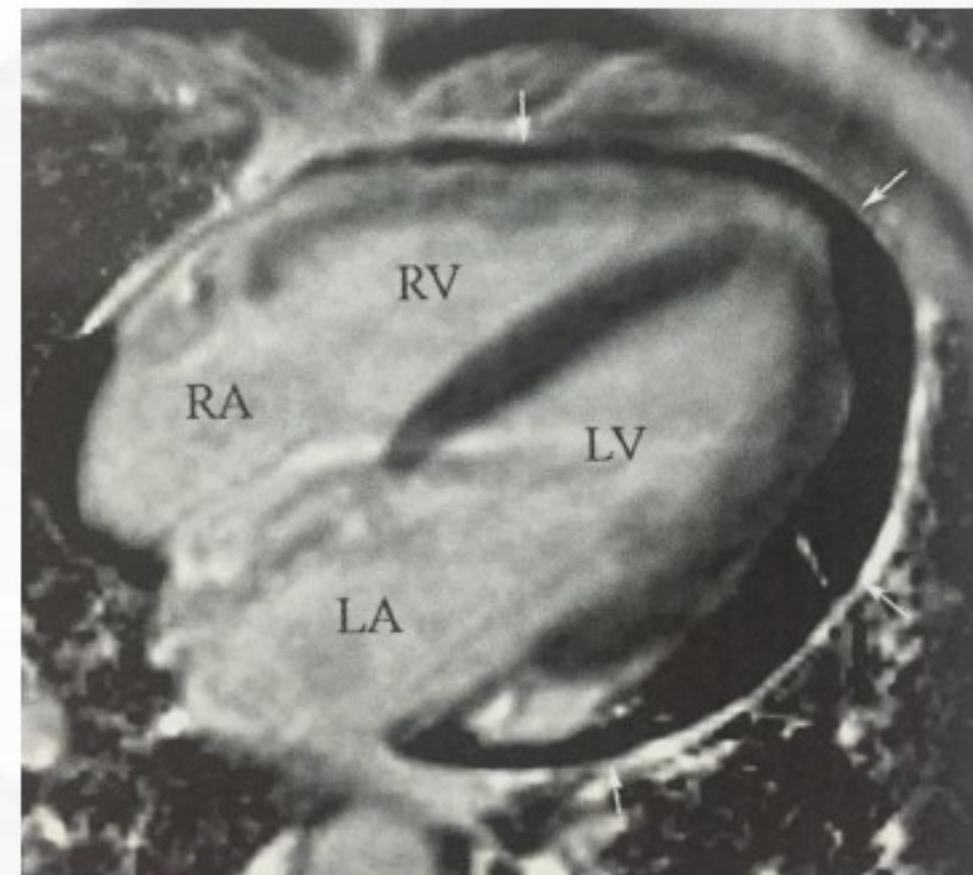
- A.左心室整体收缩功能减低，二尖瓣环扩大，继发性二尖瓣关闭不全，可见反流
- B.左室前壁可见壁间线状强化

# CMR临床应用——心包疾病

## 心包积液



A



B

- A.亮血序列积液呈均匀高信号
- B.延迟增强后呈低信号

# 心包炎

■ 是指脏、壁层心外膜发生的炎症反应，故又称心外膜炎。

急性心包炎：根据渗出的主要成分可分为浆液性、纤维素性、化脓性和出血性

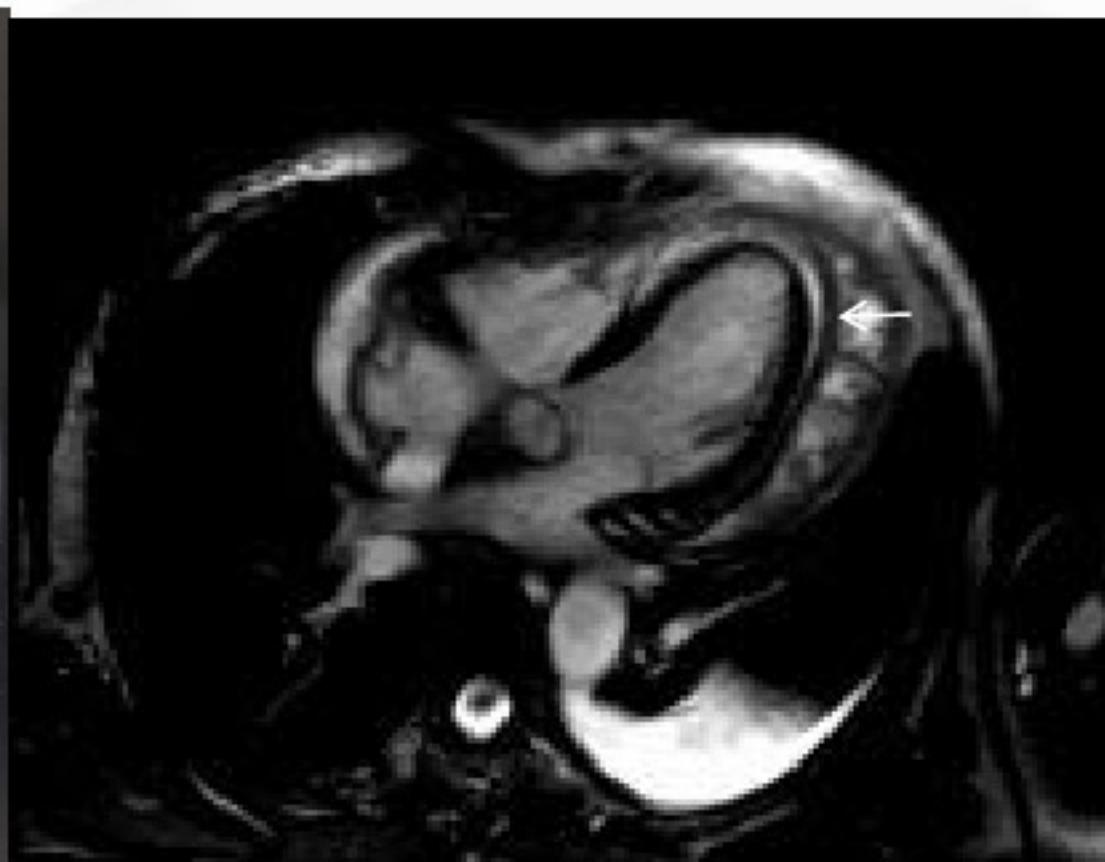
慢性心包炎：病程持续3个月以上，多数为急性心包炎转变而来，最具有代表性的为缩窄性心包炎。

■ 缩窄性心包炎病理学基础心包纤维化和钙化，因心包缩窄而导致心脏充盈受限。MRI直接征像心包增厚，T1及T2系列均为低信号。

一般正常心包厚度2-3mm，当厚度 $\geq 4\text{mm}$ 时提示阳性，而厚度 $\geq 5-6\text{mm}$ 时诊断心包缩窄具有较高准确性。



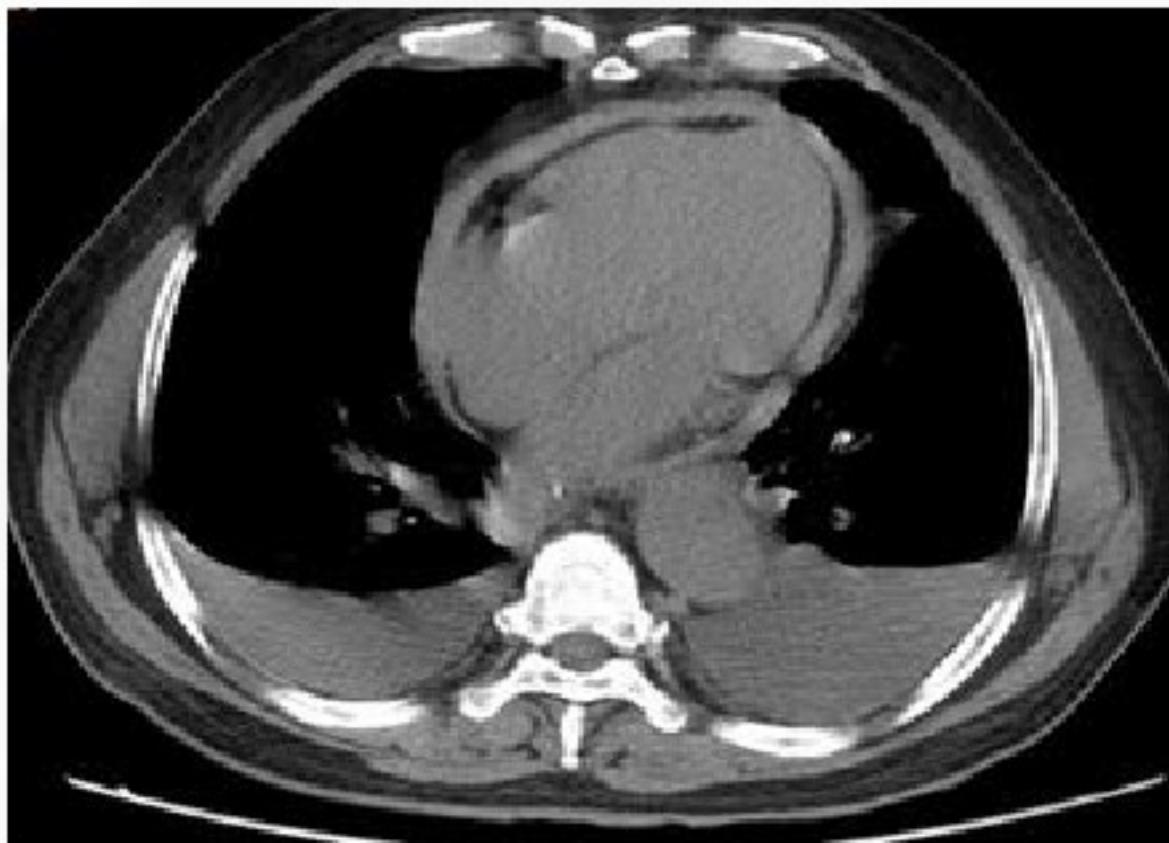
A



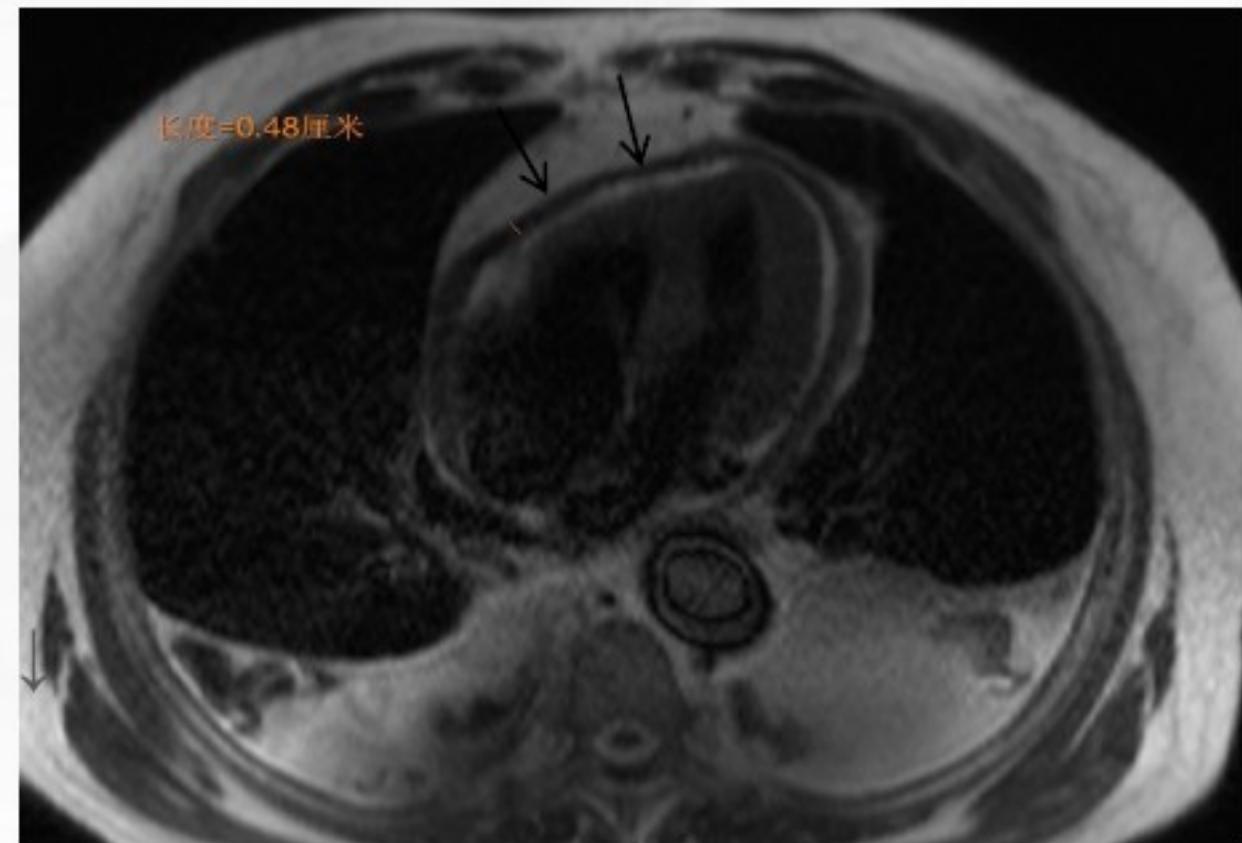
B

A.B分别为黑血和亮血序列显示心包增厚呈低信号，室间隔弯曲

# 缩窄性心包炎



A



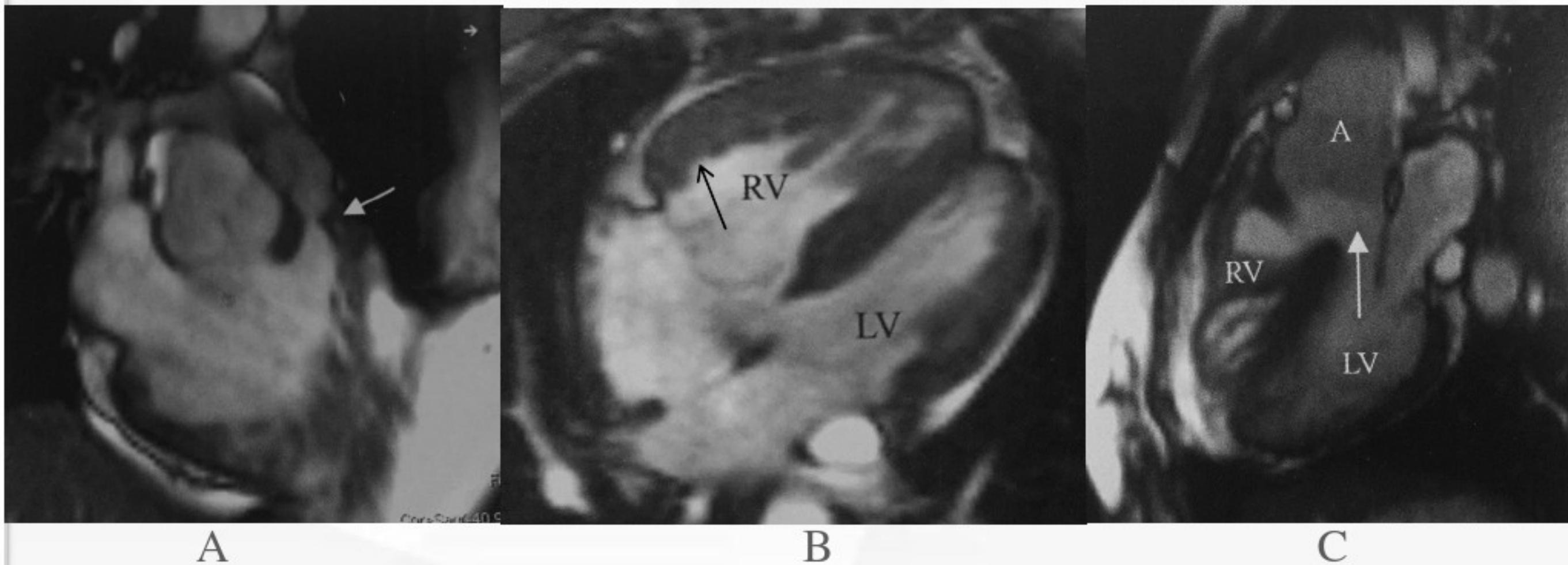
B

- A. CT平扫显示心脏周围环绕弧形稍低密度影，双侧胸腔积液；  
B. 同一患者MRI黑血序列显示为增厚心包，厚约4.8mm

# CMR临床应用—先天性心脏病

准确显示房室解剖结构，如房室位置和大小、室壁厚度、房室连接、大血管连接及大血管空间立体定位关系等。

## 法洛四联症



- A.右室流出道狭窄；
- B.右心室肥厚；
- C.主动脉骑跨

# CMR总结

- ◆ CMR是集心血管解剖、功能、灌注及组织特征于一体的一站式成像方法；
- ◆ 无辐射、受患者体型限制小，重复性好，准确性高，是一种高效无创的检查手段；
- ◆ CMR成像技术内容丰富，需克服心脏自身和呼吸运动伪影。

謝

謝