

研究

开放获取

重要启事：如计划引用本文，请务必直接引用其英文原著而不是中文翻译版本，以遵守杂志相关版权协议和体现该英文原著的影响。

标准化心血管磁共振（CMR）扫描协议：2020年更新版

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

摘要

本文为对2013年心血管磁共振学会（SCMR）管理委员会刊发的标准化扫描协议的更新版本。同期另外三个工作组也将发布相关协议，与本文共同构成此次更新，包括基于2004年CMR临床指征共识、2010年CMR报告指南和2013年CMR后处理协议的更新。

本文对基本原理和技术部分进一步拓展，其中加入更多目前已标准化的常见CMR技术。同时由于临床上装置植入患者越来越常见，还增加了对这一群体的扫描说明。笔者希望本文可一如既往地标准化和简化以患者为中心的临床CMR实践。本协议将根据CMR领域的进展定期更新。

引言

本文为对2013年心血管磁共振学会（SCMR）管理委员会刊发的标准化扫描协议的更新版本[1]。同期另外三个工作组也将发布相关协议，与本文共同构成此次更新，其中包括基于2004年CMR临床指征共识[2]、2010年CMR报告指南[3]和2013年CMR后处理协议[4]的更新。先天性心脏病将另在一份协议中独立阐释[5]。

本文对基本原理和技术部分进一步拓展，其中加入更多目前已标准化的常见CMR技术。同时由于临床上装置植入患者越来越常见，还增加了对这一群体的扫描说明。笔者希望本文可一如既往地标准化和简化以患者为中心的临床CMR实践。本协议将根据CMR领域的进展定期更新。

基本原则

关于场强的注意事项

临床中的CMR扫描仪器场强不同。1.5 T是目前应用最广泛的磁共振系统。然而，越来越多的研究也在使用3 T系统，后者优缺点如下：

1. 心电（ECG）门控在3 T系统中较1.5 T易受干扰。在ECG信号不可靠时，外周脉搏门控可用于采集兼容回顾性门控的序列，如电影成像。
2. 3 T系统信噪比（SNR）较高，因此其首过灌注成像与晚期延迟强化成像优势较明显。此外，空间标记序列与4D血流成像技术也可在3 T下成像也可能得到优化。
3. 平衡稳态自由旋进（bSSFP）是1.5 T系统的默认电影成像技术。然而，在3 T系统中bSSFP对非共振效应的敏感性增加，使暗带伪影和流动伪影增加。为减少这些伪影，

可能需要仔细调整匀场。少数患者扫描时需特殊调节频率。

- 1.5 T系统中已证实安全性的植入装置可能不适用于3 T系统。扫描前应仔细阅读装置在高场强CMR下的有关安全须知。（参见1.6）

关于设备注意事项

CMR扫描仪器

1. 临床CMR应使用场强 ≥ 1.0 T的扫描仪。目前大多数CMR仪器为1.5 T，而许多中心的仪器为3 T。
2. 强烈建议使用心脏成像专用的表面线圈，其包含多个线圈元件（通常为至少8个元件），且要求采用并行成像技术以减少扫描和屏气时间。
3. 心电门控的硬件和软件为必需，推荐加入矢量-心脏影像门控。ECG门控的功能应包括前瞻性门控、回顾性门控以及触发性门控。

软件/脉冲序列

1. CMR检查必需脉冲序列：bSSFP电影成像、快速多层心肌灌注成像、晚期延迟增强（LGE）成像、相位-增强血流定量成像和3D造影剂增强血管造影。
2. 为缩短成像和屏气时间，强烈建议使用并行成像功能（如灵敏度编码（SENSE）），同步空间谐波采集（SMASH）和广泛自动校准部分并行采集（GRAPPA）功能。

附件硬件

1. CMR兼容的高压注射器是快速心肌灌注成像和增强MR血管造影（MRA）的必要设备。

负荷药物

目前扩张血管的负荷灌注试验较正性肌力负荷功能试验更常用。

血管扩张剂负荷药物：

1. 腺苷：140 μ g/kg/min，给药时间 2-4 分钟（若给药 2-3 分钟后心率增加未达到 10 bpm 和/或血压下降净值未超过 10 mmHg，根据所在医疗机构或当地制定的规范可酌情增加药量，最大剂量 210 μ g/kg/min）
2. 潘生丁：0.142 μ g/kg/min，给药时间 4 分钟以上
3. 瑞加德松：单次注射 0.4 mg。
4. 三磷酸腺苷(ATP)：140 μ g/kg/min，给药时间 3-5 分钟（若给药 2-3 分钟后心率增加未达到 10 bpm 和/或血压下降净值未超过 10 mmHg，根据所在医疗机构或当地制定的规范可酌情增加药量，最大剂量 210 μ g/kg/min）

正性肌力负荷药物：

1. 多巴酚丁胺：常用最大剂量40 μ g/kg/min
阿托品：0.25 mg分次给药（最大剂量2 mg）（缺血）或2.5-10 μ g/kg/min多巴酚丁胺（心肌活性）

禁忌症

腺苷，潘生丁，三磷酸腺苷或者瑞加德松

- 二度(2型)或完全性房室（AV）传导阻滞
- 收缩压低于90 mmHg
- 严重高血压(> 220/120 mmHg)
- 窦性心动过缓（心率< 40 bpm）
- 处于活动期且需规律使用气雾剂的支气管收缩性或支气管痉挛疾病换职责
- 已知的腺苷，双嘧达莫或瑞加德松过敏史

多巴酚丁胺

- 严重高血压($\geq 220/120$ mmHg)
- 不稳定型心绞痛
- 重度主动脉瓣狭窄（主动脉瓣峰值跨瓣压差> 60 mmHg 或主动脉瓣瓣口面积< 1 cm²）
- 复杂型心律失常，包括未控制的房颤
- 肥厚型梗阻性心肌病

- 心肌炎，心内膜炎，心包炎
- 未控制的充血性心力衰竭

阿托品

- 窄角型青光眼
- 重症肌无力
- 尿路梗阻性疾病
- 胃肠道梗阻性疾病

患者准备

1. 有条件的中心应在负荷试验前签署知情同意书。
2. 为充分发挥负荷药物的作用，检查前12-24小时患者最好停用下列与负荷药物有潜在相互作用的物质/药物
 - 所有扩张血管的负荷药物: 咖啡因(咖啡、茶、含咖啡因的饮料或食物，例如巧克力、含咖啡因的药物)、茶碱、潘生丁
 - 多巴酚丁胺: β 受体阻滞剂和硝酸盐类药物。

注意：越来越多的数据表明增加腺苷或瑞加德松剂量可以抵消咖啡因和尼古丁的作用。

1. 建议检查前空腹（非必要），因为药物负荷的不良反应包括恶心和呕吐，特别是当患者仰卧于空间有限的扫描仪内。
2. 使用腺苷时推荐在双臂各开放一条静脉通道，分别用于注射钆对比剂（GBCA）和腺苷。肘前静脉为注射对比剂首选位置，但也可以选用其他静脉。应使用最大的套管注射对比剂，同时根据套管的大小调整对比剂的输注速度。
3. 绑扎血压袖带时应避免影响对比剂或腺苷的注射。
4. 使用瑞加德松则只需一条静脉通道。很多中心会在获得负荷图像后，用氨茶碱100mg静脉注射逆转瑞加德松的作用。这种方法虽然可能减少不良反应，并立即使心率降至基线水平，但氨茶碱也可致心律失常的不良反应，

因此应谨慎使用。不良反应通常在2-3分钟后消失。

5. 瑞加德松在所有血管扩张剂中不良反应较小。而在未被主动拮抗时，瑞加德松的半衰期则更长。

可能出现的不良反应

腺苷，ATP和瑞加德松会引起颜面潮红、胸痛、心悸和呼吸困难。更严重的不良反应包括一过性心脏传导阻滞，一过性低血压，或支气管痉挛。

潘生丁可能引起胸痛，头痛和头晕。少见严重的不良反应，包括心肌梗死、室性心动过速和一过性缺血发作。

高剂量的多巴酚丁胺会引起胸痛和心悸。少见严重的不良反应，包括心肌梗死、心室颤动和持续性心室心搏过速。

负荷和安全设备

1. 监测仪器（血压；至少单导联心电图监测心律；与患者互动的通话系统；装置植入患者-脉搏血氧测量仪）
2. 做好快速将患者从扫描仪中移出的准备，并行常规演练
3. 实施现场急救复苏策略
4. 扫描室外固定的位置设置急救车和适当的复苏药物、物资和设备。
 - a. 可立刻取用的药物： β 受体阻滞剂（如艾司洛尔或美托洛尔），硝酸甘油，氨茶碱，支气管扩张剂，氧气
 - b. 急救车常备药物：全套急救药品（包括：肾上腺素， β 受体阻滞剂，阿托品，支气管扩张药，抗心律失常药）
5. 对于多巴酚丁胺负荷试验—图像采集过程中可快速回顾并评估室壁运动。

钆对比剂（GBCA）的剂量/安全性

参见表1

注意：

表 1 对比剂和盐水注射剂量及流率

适应症	对比剂剂量 (mmol/kg 体重)	注射流率	盐水总量	注射流率
心肌灌注扫描	0.05–0.1	3–7 ml/s	30 ml	3–7 ml/s
延迟增强扫描	0.1–0.2		20 ml	
血管造影 (颈动脉、肾动脉、主动脉)	0.1–0.2	2–3 ml/s	20 ml	2–3 ml/s
时间分辨率血管造影成像	0.05	3–5 ml/s	30 ml	3–5 ml/s
外周血管造影	0.2	先以 1.5 mL/s 注射 10 mL 对比剂, 剩 余以 0.4–0.8 mL/s 注射	20 ml	0.4–0.8 ml/s

1. 对比剂总量及注射速率取决于对比剂剂型和扫描方案。
2. 1 mmol/ml和0.5 mmol/ml对比剂(如钆布醇)的注射速率有所不同。对于1 mmol/ml的剂型通常将给定的注射流率除以2。
3. 高弛豫率钆剂需适当减量。

安全相关考虑:

1. 自1988年以来, 全世界已经使用了超过3亿剂GBCA [5]。GBCA不仅在多种应用中提供重要的医学信息, 还具有良好的安全性。
2. 然而其因肾源性系统性纤维化(NSF)和脑部钆长期滞留仍受到一定限制。
3. 2017年欧洲药物管理局(EMA)撤销所有多用途线性 GBCA的营销授权, 并继续使用所有大环类GBCA。美国食品和药物管理局(FDA)仍保留所有GBCA, 但规定线性GBCA中处方中必须包括钆沉积相关风险的警告。此外,

每个产品说明的更新中均应给出降低风险的步骤和“用药指南”。

4. 医疗专业人员在选择GBCA时应考虑每种药物的沉积特性, 特别是对于钆沉积或NSF高风险者[6]。
5. 在获得足够图像质量的前提下尽可能使用低剂量, 同时应综合机构、地区或国家制定的指南选择对比剂剂量。
6. 尽可能将非增强技术作为增强技术的替代选择。

装置植入术后(心脏起搏器和除颤器)患者成像

1. 安全性
 - a. 按照制造商和机构的指导方案, 判断植入的心脏装置的MR兼容性。
 - b. 装置植入小于6周的患者一般不应接受CMR扫描, 除非有很强的临床需求, 并且取得患者的知情同意。

- c. 有废弃导线或心外膜导线的患者一般不应接受CMR扫描，除非有很强的临床需求，并且取得患者的知情同意。
 - d. 装置需根据患者是否起搏器依赖和电生理学专家的建议设定。一般来说，如果患者为起搏器依赖，起搏器应设置为非同步模式，如果患者非起搏器依赖，则应设置为非起搏或抑制模式。
 - e. 在CMR扫描之前和之后都要对设备检查。
 - f. 接受过培训的人员应在扫描全程对患者、心电图和氧饱和度监测。
 - g. 心肺复苏设备应安置在扫描室周围。
2. 成像
- a. 在扫描过程中，患者将起搏器侧的手臂举过头顶可提高图像质量。
 - b. 深吸气时扫描可以提高图像质量。
 - c. 如果bSSFP电影伪影明显，推荐采用梯度回波电影成像。
 - d. 宽频带延迟钆强化技术可能可减少装置相关的图像伪影，特别是在存对于具有植入式心脏除颤器(ICD)的患者。

扫描在1-2次屏息下完成，由单次激发、单个心动周期图像组成。

3. 定位短轴切面成像-电影优于单次激发成像，观察长轴运动及血流
 - a. 左心室二腔（垂直）长轴切面为与横断面定位图正交、经过心尖和二尖瓣中心的平面。(图1)
 - b. 四腔（水平）长轴切面为与左心室二腔长轴切面正交、经过二尖瓣中心和左心房连线的左心室长轴沿线的平面。(图1)
4. 电影成像首选bSSFP序列，成像SNR高、心肌-血池对比度好
 - a. 3 T系统下，SSFP电影图像可能受伪影影响，此时可换用扰相梯度回波序列
 - b. 减少或移动暗带伪影的方法包括匀场，减少TR值以及调整RF频率（“频率预扫描”序列可能有效）
 - c. 电影图像在屏气时采集。呼气末屏气有助于维持稳定的采集定位，但吸气末屏气对于部分患者更舒适并易于保持。
5. 短轴切面bSSFP电影成像(图2)
 - a. 采集左心室底部至心尖的图像
 - b. 第一层短轴电影平面应根据四腔及二腔长轴切面确定，且垂直于左心室主体长

基本技术

左心室结构和功能

1. 定位图-横断面，冠状面，矢状面-这些通常可在1次屏气时单个心动周期内采集
2. 利用bSSFP或快速自旋回波序列（FSE）进行序列胸部横断面（8-10 mm）扫描。整套

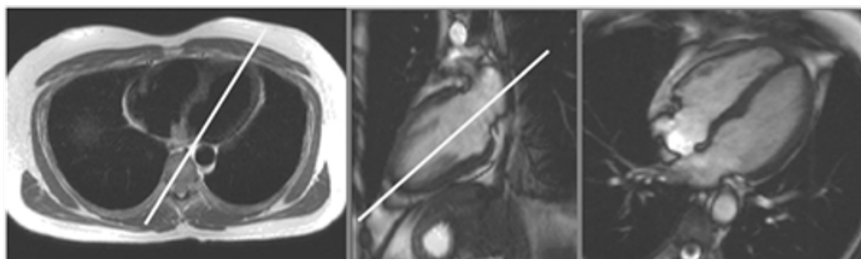


图1.左-经过左心室（LV）和右心室（RV）基底部的黑血横断面定位图。白线显示二腔长轴切面的规划。中-白血二腔长轴定位图。白线显示四腔长轴切面的规划。右-白血四腔长轴定位图

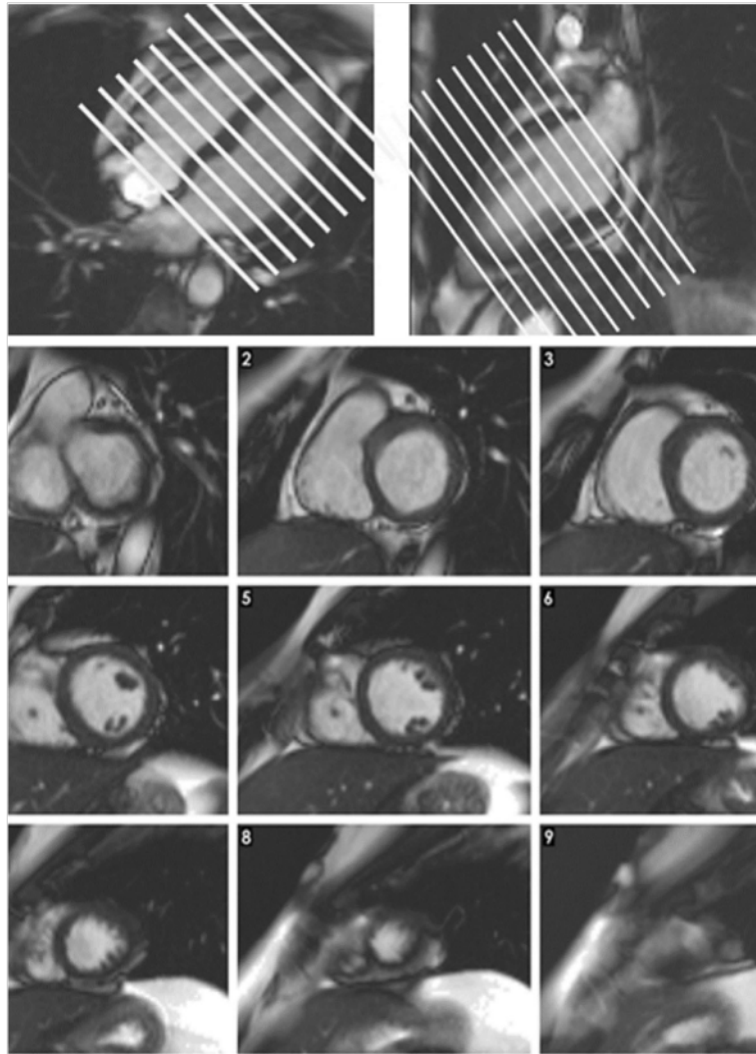


图2.上-根据四腔（左）和二腔（右）规划平行于二尖瓣的短轴图像。下-基部（左上）至心尖（右下）的9层短轴切面

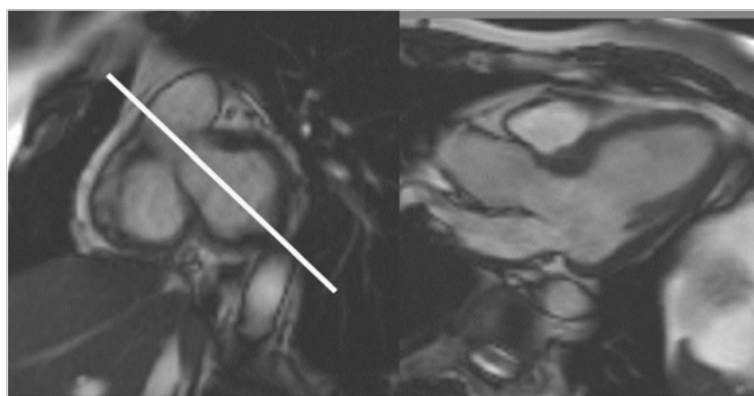


图3.左-基部短轴电影图像。白线展示三腔长轴切面的规划。右-三腔长轴电影

轴。该平面可能不与二尖瓣平行。

- c. 层厚6-8 mm，可有或无2-4 mm的层间距（层厚和层间距之和为10 mm）。
- d. 时相间时间分辨率 $\leq 45\text{ms}$ ，以使室壁运动评估取得最佳效果
- e. 条件允许时可采用并行采集或压缩感知技术缩短扫描时间。

6. 长轴切面bSSFP电影成像

- a. 四腔长轴切面由二腔长轴切面上，心尖与二尖瓣和三尖瓣中心连线确定。另一种改良或检验的方式是在基底短轴切面上，取经过右心室（RV）游离壁锐缘且垂直于室间隔的平面。
- b. 左心室二腔切面则通过调整已采集的垂直长轴定位图，使其经过前壁和后壁获得。
- c. 左心室三腔切面由经过心尖和二尖瓣，且与短轴基底段上左室流出道（LV -OT）中心和主动脉瓣中心连线平行。（图3）

- d. 选用-除上述3个长轴切面还可加扫其他长轴切面

7. 实时电影成像(选用)

- a. 实时电影成像（使用多种不同的k空间采集方法）可用于评估心室间依存关系，或心律不齐或无法配合屏气患者的左心室评估。
- b. 条件允许时，时相间时间分辨率 $\leq 60\text{ms}$ 。
- c. 利用实时电影成像定量通常精确性稍差，因此有时无法进行左心室容量的绝对定量。

右心室（RV）结构及功能

1. RV短轴切面的采集方法与左心室类似。若将短轴切面用于定量分析，重要的是使基底段短轴切面紧靠RV心肌侧。
2. 长轴切面图像应该包括一个平行于三尖瓣血流的RV垂直长轴切面，和一个RV流出道切面（经过肺动脉瓣的矢状位或斜矢状位切面）。（图4）

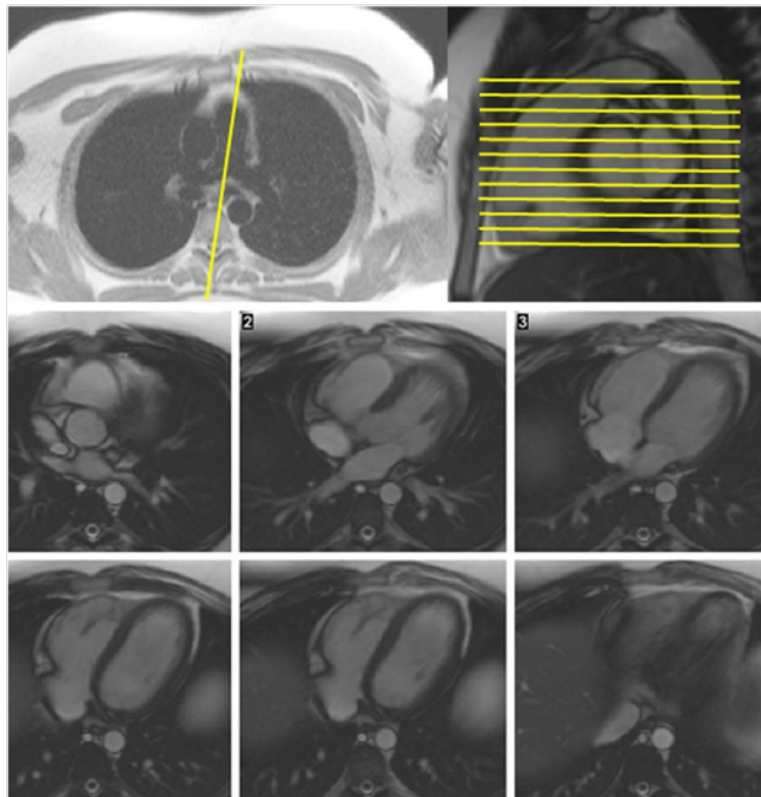


图4. 左上-经过肺动脉的横断面黑血定位图。黄线显示RV流出道（RVOT）切面的规划。右上-RVOT电影成像。黄线显示横断面的规划。下-RVOT（左上）至RV下极（右下）的系列横断面图像

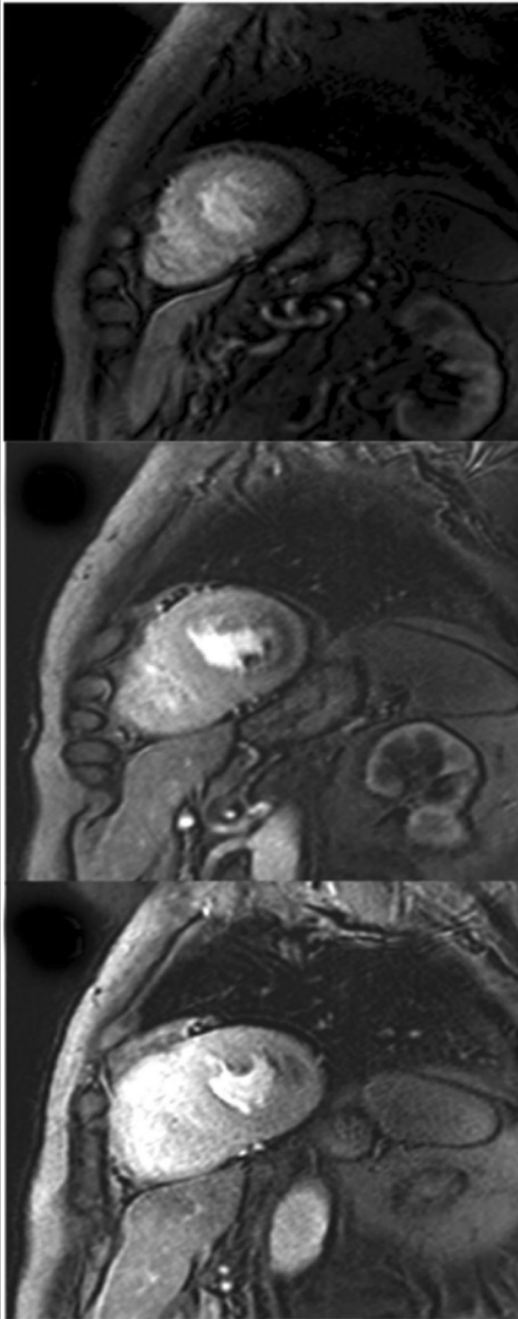


图5. 钆对比剂（GBCA）经过心肌的首过短轴图像（上-心尖，中-中段，下-基底部）。注意中段和基底段外侧壁的灌注缺损

3. 右心室横断面电影成像可用于右心室容量测定。(图4)

首过灌注成像

1. 定位图同LV结构及功能
2. 脉冲序列：常用饱和-恢复bSSFP成像，梯度回波（GRE）或GRE-平面回波（GRE-EPI）混合序列读出
3. 短轴切面成像（每个心动周期至少采集三个切面）(图5)

- a. 评价心肌缺血时，尽可能采集每个心动周期内的图像
- b. 层厚8-10 mm
- c. 条件允许时使用并行采集技术
- d. 平面内分辨率大约 <3 mm
- e. 读出时间分辨率约100-125 ms，条件允许时可更短
- f. 注射对比剂后(0.05-0.1 mmol/kg, 3-7 ml/s)至少予30 ml生理盐水冲管(3-7 ml/s)
- g. 对比剂到达左心室腔内前开始屏气
- h. 图像采集要充分，以确保对比剂已全部经过左心室心肌（通常至少50-60个心动周期，心输出量低的患者需适当增加图像采集）
- i. 选用-图像可在自由呼吸时采集，特别是在具备运动校正序列时。

钆对比剂延迟增强扫描

1. 脉冲序列：

- a. 2D反转恢复分段GRE或SSFP序列，相位敏感反转恢复序列（PSIR）以及3D序列（患者屏气较好且信噪比满意时可选择使用）。

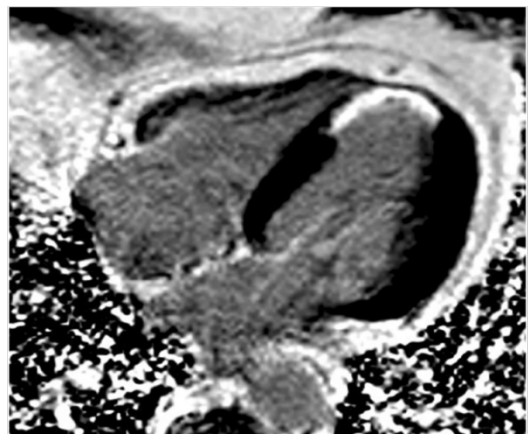


图6. 四腔长轴相位恢复梯度回波延迟强化图像。图像来自于心尖段间壁及侧壁50-75%透壁心肌梗死的患者

- b. 当患者心律不齐或屏气困难时可选用单次激发成像 (SSFP读出) 序列。
2. 扫描应至少在注射对比剂10分钟后开始 (对比剂剂量见表1)。注意-当对比剂剂量较低时, 等待时间可<10分钟, 此时可见血池信号已低于延迟强化的心肌。图像通常在舒张末期采集。注意-若同时进行负荷和静息灌注扫描, 等待时间约为对比剂第二次给药后5分钟。
3. 切面与电影成像相同 (短轴与长轴切面成像) (图6)
4. 层厚与电影成像相同。
5. 平面内分辨率约为1.4–1.8 mm。
6. 每个R-R间期图像采集时间应低于200 ms, 对于心动过速患者应缩短采集时间, 避免图像模糊。
7. 反转时间 (TI) 应设置为压低正常心肌信号。“TI定位扫描”是在R波开始时采集的反转脉冲电影序列, 可用作为粗略参考。但是, TI定位图常与分段LGE序列读出不同, 因此与实际上正确的TI可相差多达50ms。此外还可选用PSIR序列, 该序列TI的精确性要求不高。
 - a. “长反转”时间 (1.5 T系统约为550ms, 3 T约为850ms) 可用于区分存活心肌与无复流区或附壁血栓。
 - b. 短反转时间的图像 (约200ms) 或PSIR可区分心内膜下瘢痕。
8. 通常每两个心动周期有一次读出, 而对心动过缓 (<60 次/分) 的患者应调整为逐个心动周期读出, 心动过速 (>100 次/分) 或心律不齐者则每三个心动周期读出一。
9. 黑血LGE成像 (选用)
 - a. 条件允许时, 可采用血流不依赖的“黑血”技术, 该技术与常规LGE相比更有利于区分心内膜下LGE和血池。

- b. 除反转时间 (根据特定序列设置), 其余设置同常规LGE成像。

负荷心肌灌注 (血管扩张剂)

1. LV结构及功能 (也可在负荷和静息心肌灌注之间采集, 然而GABA给药后立刻进行采集会降低血-心内膜交界处对比度)。
2. 腺苷负荷灌注成像。选用-首剂腺苷可在患者进入磁体前给药, 进入磁体后泵入剩余的半剂药物。
 - a. 首过心肌灌注
 - b. 在腺苷泵入最后一分钟时注射GBCA
 - c. 使用双嘧达莫同理
3. 备选: 瑞加德松负荷灌注成像 (0.4mg团注)
 - a. 首过心肌灌注
 - b. 瑞加德松泵入45–60s后注射GBCA
4. 静息心肌灌注
 - a. 负荷灌注成像洗脱至少需10分钟。此期间可完成电影扫描 (如长轴切面)。
 - b. 使用相同剂量GBCA, 重复无腺苷/瑞加德松的灌注成像
 - c. 根据不同机构的政策和经验可省略静息心肌灌注。越来越多的证据表明, 静息灌注扫描提供的附加信息较少, 应尽可能省略。
 - d. 若进行晚期钆延迟增强, 可能需额外注射GBCA (共0.1–0.2mmol/kg)
5. 晚期钆延迟增强
 - a. 静息心肌灌注后至少5分钟
6. 选用-定量灌注成像
 - a. 可采用双团注或双序列的方法降低对比剂浓度和信号强度间非线性关系的影响。

- b. 可在注射对比剂前增加质子密度加权成像，用作完全定量的基线校准。然而该技术需要特定的扫描软件，但并非所有扫描设备都具备这些软件。

负荷功能成像（多巴酚丁胺或运动）

1. LV结构及功能
2. 多巴酚丁胺刺激（参见1.2，负荷药物）
 - a. 从10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 剂量起始给药，每3分钟增加10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ ，直至达到目标心率 $[85\% \times (220 - \text{年龄})]$ 。
 - b. 若心率反应未达既定目标，逐次加用0.5mg阿托品。
 - c. 每次加药后重复采集3个短轴及3个长轴电影。心率较低者可以通过屏气或实时扫描获取，但心率较高时，建议采用屏气采集，因为它可以改善图像的时间分辨率。
 - d. 每个阶段均应连续监测心电图和血压。
 - e. 图像采集后立即观察循环电影图像。
 - f. 心率加快时根据需要调整SSFP电影序列参数以优化时间分辨率。
 - g. 出现新的室壁运动异常或达到目标心率时停止测试，前者为严重的副反应。

3. 备选-使用CMR兼容的运动平板，采集基线和运动峰值后图像（3个短轴和3个长轴电影图像）。运动后扫描的bSSFP电影时间分辨率需酌情下调。
4. 备选-使用CMR兼容的仰卧踏车，采集基线和运动峰值后图像（3个短轴和3个长轴电影图像）。运动后扫描的bSSFP电影时间分辨率需酌情下调。

血流定量

1. 常作为其它心血管成像协议的一部分进行。可利用已有定位图。推荐在两个正交方向上显示感兴趣区血管，或利用重组MRA图像进行下一步规划（如额外的bSSFP、造影剂增强（CE）-MRA或单次激发黑血定位图）。
2. 扫描序列：通常采用单向（“全平面”）运动编码的电影梯度回波序列（图7）
3. 为了取得最佳成像，成像平面应：
 - a. 位于感兴趣血管中心
 - b. 包含两个正交于预期主血流方向的空间平面
 - c. 位于磁体靶区中心
4. 成像参数：层厚5-8 mm；平面内分辨率至少为血管直径的1/10。速度编码（Venc）灵敏度

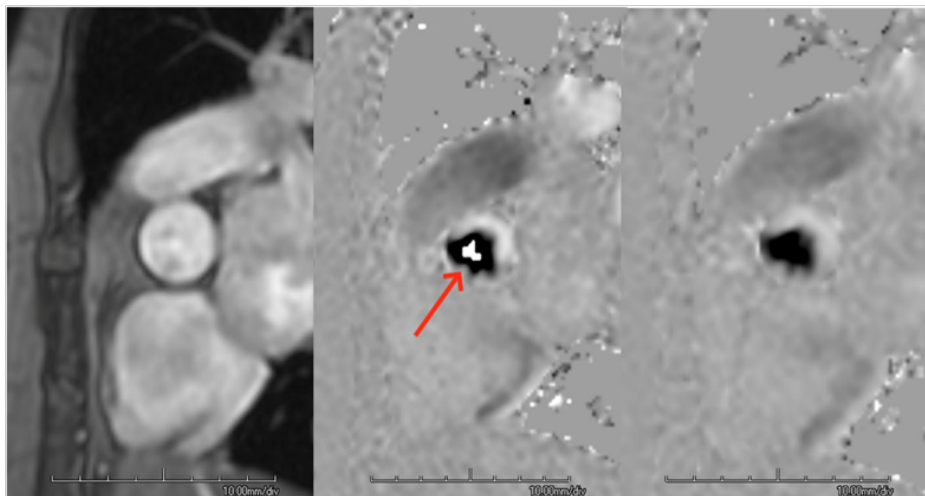


图7. 窦管结合部的速度编码血流定量序列。图像来自于主动脉瓣狭窄的患者。初始序列（磁矩[左]和速度[中心]图像）采集将VENC设定过低，为250cm/sec，并明显的混叠（红色箭头）。将VENC向上调整至350cm/sec后（右），再次成像时出现混叠消失。

必须根据预期流速调整-应使用没有混叠的最低速度。每次扫描后，必须检查相位差图是否存在混叠伪影。若存在混叠伪影，则需要相应增加Venc设置。条件允许时，流速定位图可辅助优化Venc设置。

5. 推荐相位间的时间分辨率 $\leq 50\text{ms}$ 。时间分辨率应为实际采集的帧之间的时间。许多供应商允许通过图像插值创建额外的帧，这仅能人为地提高时间分辨率。回顾性门控涵盖整个心动周期，更为方便，但可能掩盖心律不齐相关的不准确性。
6. 关于读出，多个心动周期分割的k空间可限制单次屏气下的采集时间。另一种方法是利用基于导航的非屏气技术提高时间或空间分辨率。同样，对屏气不佳的患者也可采用具有多种信号平均值（NEX, NSA）的自由呼吸方法。
7. 回波时间(TE)应设置为最短，特别是对于血管狭窄病变。
8. 条件允许时，可采集4D血流CMR。4D血流CMR已日渐成熟并能提供独有的临床信息。

高级组织特性成像

组织特征成像是一个快速发展的领域，不同供应商平台提供的脉冲序列差异很大。尽管1.5 T和3 T系统下的测值常有差异并且因机构而异，两个系统下的采集是相似的。由于这些技术还在不断标准化，以下仅列出基本准则。各机构应单独制定正常值。为取得最佳效果，可在成像前手动匀场，尤其是3 T系统下。更多详细建议参见[7]。

1. T1 mapping成像

- a. 增强扫描前获得Native T1 mapping。
- b. 使用Look Locker成像(modified Look Locker Inversion recovery (MOLLI)或shortened MOLLI (shMOLLI)或同类序列)。
- c. 舒张期为最佳采集时机，而心房纤颤患者适合收缩期。对于心率较快者应使用

专用序列。

- d. 检查原始图像是否有运动伪影；若出现运动伪影，需重新采集。
- e. 层厚：6–8 mm，平面内分辨率约1.6–2.0 mm。
- f. 切面的层数和方位取决于临床需要，但至少包含一个短轴图像。
- g. 关于细胞外容积测量，应在对比剂推注前、对比剂推注后10–30min之间的至少1个时间点进行T1 mapping图像采集
- h. 为获得准确的细胞外体积分数(ECV)，理想状况下扫描24h内测血细胞比容。

2. T2 mapping和T2加权(T2w)成像

- a. T2 Mapping-若需要定量且有可用序列
 - i. 目前有多种序列选择，例如利用不同预备时间采集的T2预备单次激发bSSFP序列、梯度和自旋回波(GraSE)序列或基于FSE的脉冲序列
 - ii. 根据需要进行运动校正
 - iii. 层厚：6–8 mm，平面内分辨率约1.6–2.0 mm
 - iv. 切面的层数和方位取决于临床需要，但至少包含一个短轴图像。

b. T2w成像

- i. 黑血T2短翻转恢复成像(STIR)
 1. 可能存在的不足-低血流区亮信号，运动致信号丢失，心肌内出血区低信号。
- ii. 亮血T2w序列
 1. T2-预备单次激发bSSFP序列
 2. FSE-bSSFP混合序列为替代方案
 3. 可能存在的不足-亮信号可能会使心内膜边界模糊

3. T2* mapping

- a. 增强扫描前采集T2*图像。
- b. 脉冲序列在单次屏气内利用梯度回波和多回波扫描，包含6-9个回波时间，每个回声迭代间隔约2 ms，约在2-18 ms时获得。通常R波后延迟时间为0 ms。
- c. 选用-在重度铁沉积患者中，可采用更短的回波间隔以精确测定T2*：包含6-9个回波时间，每个回声迭代间隔约1 ms，约在1-12 ms时获得。
- d. 采集单个心室中层短轴图像。
- e. 层厚：8-10mm，平面内分辨率约1.6-3.0mm。
- f. （选用）可利用上述成像序列（无需ECG门控）采集穿过肝脏中部的横断面图像评估肝脏铁沉积。无ECG门控可迭代缩短回波间隔时间，从而获得更多回波。

快速成像协议

1.5 T磁共振系统已开发了快速成像协议，并成功应用于心肌病评估。除心肌病外，还可用于评估慢性缺血的心肌存活性和高血压性心脏病。该方案可最大程度地减少检查时间并提高成本效益。测试的协议如下：

1. 解剖评估：定位相，二腔定位图像，三层短轴定位图像，横向黑血单次激发FES图像。
2. 电影成像：四腔、二腔、三腔和主动脉瓣分割的k空间电影图像采集。
3. 注射适量的GBCA对比剂
4. 电影成像：短轴电影（7mm层厚，3mm层间距）分割的k空间cine图像采集。
5. LGE成像：
 - a. 确定最佳反转时间的可选序列。
 - b. 标准的长轴和短轴平面中的分段k空间LGE采集具有相位敏感度和磁矩重建。

疾病特异性扫描序列

缺血性心脏病

CMR有助于鉴别缺血性和非缺血性急性心肌损伤类型。对于已诊断的心肌梗死（MI），还可进一步识别存活心肌，心肌顿抑和微血管损伤。此外，CMR可直观地发现心梗后并发症，如左心室血栓，左心室室壁瘤或假性室壁瘤和心包炎。

急性心肌梗死或急性冠脉综合征

1. LV结构及功能
2. 选用-高级组织特性成像，常用于评价急性坏死性损伤伴发的水肿/炎症
3. 选用-首过灌注扫描（仅静息），病变血管再通后可选择性行负荷试验以评估非梗死部位心肌
4. 选用-早期钆对比增强扫描，即在对比剂注射后1-3分钟内扫描，评估早期微血管阻塞（MVO）
5. LGE

慢性缺血性心脏病及心肌活性

CMR主要目的是记录左心室的基线形态、收缩力、心肌活性和（多数情况下）缺血。随访图像有助于评估临床事件和/或药物治疗后心室重构、瘢痕和/或缺血的变化。左心室血栓的检测也很重要。

1. LV结构及功能
2. 选用-高级组织特性成像，可用于排除其它可能的病理改变
3. 选用-低剂量多巴酚丁胺以2.5-10 μ g/kg/min注射5-10分钟，通过室壁厚度增加程度评估心脏收缩储备能力
4. 选用-血管扩张剂负荷-静息灌注成像或高剂量多巴酚丁胺功能成像以发现可诱发缺血
5. LGE

非缺血性心脏病

肥厚型心肌病（HCM）

HCM成像的目的包括测量左心室的质量和容量、整体功能和最大室壁厚度（电影成像）、评估瘢痕（LGE和T1 mapping）和测量可能的LVOT压力梯度差。

1. LV结构及功能
2. LVOT血流成像，利用三腔心bSSFP电影显示有无左心室流出道湍流，二尖瓣或腱索收缩期前向运动；若存在左心室流出道梗阻，则行相位流速成像测量压力梯度差（可用三腔心平面内相位流速成像，或在垂直于LVOT平面进行平面相位-流速测量）
3. 选用-高级组织特性成像，常用
4. 选用-血管扩张剂负荷灌注成像，若考虑可能存在心肌缺血时使用
5. LGE

高血压性心脏病

高血压性心脏病的目的包括评估左室重量、室壁厚度、容量、整体功能（电影成像）和瘢痕（LGE和T1 mapping）。LV结构及功能

1. 选用-高级组织特性成像，常用
2. 选用-血管扩张剂负荷-静息灌注成像，或高剂量多巴酚丁胺功能成像以显示可诱发缺血
3. 选用-主动脉成像和肾脏MRA检查排除继发性高血压
4. LGE

左心室致密化不全

左心室致密化不全成像的目的包括评估肌小梁、测量致密和非致密部分的室壁厚度、LV容量和整体功能以及评估血栓和瘢痕（LGE）。

1. LV结构及功能
2. 选用-高级组织特性成像（尽管经常用来排除其它潜在病因）
3. 选用-血管扩张剂负荷-静息灌注成像或高

剂量多巴酚丁胺功能成像以显示诱导出的心肌缺血

4. 钆对比剂延迟增强扫描成像

扩张型心肌病 (DCM)

DCM的成像目的包括测量左心室质量、体积和整体功能（电影成像），以及评估瘢痕（LGE和T1 mapping）。

1. LV结构及功能
2. 选用-高级组织特性成像，常用
3. 选用-血管扩张剂负荷-静息灌注成像或高剂量多巴酚丁胺功能成像以显示可诱发心肌缺血
4. LGE

致心律失常性心肌病 (AVC)

AVC成像的目的包括测量RV和LV容量，整体和局部功能（电影成像），评估RV和LV瘢痕（LGE）。

1. LV结构及功能-建议5-6 mm层厚
2. 横断面或斜横断面bSSFP电影成像（层厚5-6 mm），覆盖包含右心室流出道（RVOT）在内的RV。推荐采集与三尖瓣血流方向平行的右心室垂直长轴切面
3. 选用
 - a. 选择横断面或斜横断面黑血图像（双反转恢复T1加权（T1w）FSE）
 - b. 使用脂肪抑制技术重复上述结构扫描
4. LGE。可采用压低RV信号的T1序列

铁沉积性心肌病

铁沉积性心肌病的成像目的包括测量LV质量、容量和整体功能（电影成像），以及评估铁超载（T2*成像）。

1. LV结构及功能
2. 选用-高级组织特性成像，采用T2* mapping
3. 选用-扩张血管扩张剂负荷-静息灌注成像或高剂量多巴酚丁胺功能成像以显示可诱发心肌缺血
4. 选用-LGE（推荐LV或RV射血分数下降时采集）

限制性心肌病

限制性心肌病的成像目的包括测量LV质量、容量和整体功能（电影成像），评估瘢痕和浸润（LGE和T1 mapping）。

1. LV结构及功能
2. 选用-高级组织特性成像，常用
3. LGE
4. 选用（排除生理性缩窄）-动态呼吸下行实时电影成像，扫描左心室中段短轴探查异常心室间联系

心脏结节病

结节病的影像学目的包括测量LV质量、容量和整体及局部功能（电影成像），评估瘢痕（LGE和T1 mapping）和炎症/水肿（T2w成像或T2mapping）。

1. LV结构及功能
2. 高级组织特性成像
3. LGE

心肌炎

心肌炎的成像目的包括测量LV质量、容积以及整体和局部功能（通过电影成像），评估炎症/水肿（T2w成像或T2mapping）和间质空间增大（T1mapping，LGE）。

1. LV结构及功能
2. 高级组织特性成像，包括前述所列技术

3. 选用-早期钆对比剂增强扫描成像
4. LGE

癌症相关心肌病

癌症相关心肌病的成像目的包括测量LV质量、容量、整体功能和最大室壁厚度（电影成像），以及评估瘢痕（LGE和T1 mapping）。当考虑化疗药物引起的心肌病或心肌炎时，可增加急性/亚急性期炎症/水肿（T2w成像或T2 mapping）评估。

1. LV结构及功能
2. 选用-高级组织特性成像（经常使用）
3. 选用-血管扩张剂负荷-静息灌注成像或高剂量多巴酚丁胺功能成像以显示可诱发心肌缺血
4. LGE

精神活性物质相关心肌病

精神活性物质诱发的心肌病成像目的包括测量LV质量、容量和整体功能（电影成像），以及评估瘢痕（LGE和T1 mapping）。

1. LV结构及功能
2. 选用-高级组织特性成像，常用
3. 选用-血管扩张剂负荷-静息灌注成像或高剂量多巴酚丁胺功能成像以显示诱导可诱发心肌缺血
4. LGE

心脏移植术后

心脏移植后心肌病成像目的包括：测量左心室质量、容积和整体功能（电影成像），评估瘢痕（LGE和T1 mapping）和炎症/水肿（T2w成像或T2 mapping）。

1. LV结构及功能
2. 选用-高级组织特性成像，常用

3. 选用-血管扩张剂负荷-静息灌注成像或高剂量多巴酚丁胺功能成像以显示诱导可诱发心肌缺血
4. LGE

血管疾病

外周血管MRA

1. 根据条件选用外周血管线圈或组合线圈
2. 利用时间飞跃法MRA或bSSFP扫描低分辨率血管横断面定位图
3. 钆剂给药时机
 - a. 方案1-腹主动脉远端水平行团注试验（横断面或冠状面）。注射2 mL钆对比剂以后以20 mL生理盐水冲管。使用单次激发团注追踪序列确定对比剂达峰时间。
 - b. 方案2 - 利用团注触发技术启动扫描
4. 行腹主动脉中部至足的冠状位扫描，步进移床，GBCA增强MRA
 - a. 两次容积采集-分别在对比剂前（用于减影）和对比剂给药期间
 - b. GBCA分两次注射后以生理盐水冲管，目的是减少静脉污染。见表1
 - c. 层厚1-1.5 mm；平面内空间分辨率为0.8-1.5 mm
 - d. 层数-通常为60-100层，根据感兴趣血管的实际范围调整
 - e. 测量腹/盆部及大腿血管容积时空间分辨率可稍低（大血管），而小腿血管空间分辨率则应为亚毫米。前者采集时间约需15-20秒，而小腿因空间分辨率较高约需60-90秒。小腿血管成像优先选用卵圆中心k空间充填。条件允许时，可用时间分辨率造影采集小腿血管图像。

- f. 推荐使用并行采集技术（需多通道表面线圈）

备选：双次注射方案

1. 单剂量GBCA：选用时间分辨MRA扫描小腿和足部血管
2. 单剂量GBCA：腹部和大腿血管

备选：非增强MRA技术

非增强MRA正迅速发展，新老技术不断迭代。部分技术可用于大多数临床CMR系统，但另有一些序列的命名因供应商而异，故此处很难行普适性阐释。此外，很多新技术仅在部分供应商平台可用。

1. “新鲜血液成像”采用两次心电门控触发3D快速自旋回波序列：第一次心电门控由收缩期触发，第二次由舒张期触发。从舒张期图像数据中减去收缩期图像数据得到只有动脉的剪影图像数据集。该技术可用于大多数CMR系统。
 - a. 层厚约2 mm；平面内空间分辨率0.6-0.8 mm
 - b. 层数-通常为40层，根据感兴趣血管的实际范围调整
 - c. 推荐使用并行采集技术（需多通道表面线圈）
2. 在3D bSSFP基础上加用反转预脉冲可压低背景组织信号；再调整到适当的TI，使得反转恢复容积外的动脉血流入感兴趣区时呈高信号。该技术更适合较小的容积采集。
 - a. 采集容积：约340×300×70；采集空间分辨率约1.3×1.3×1.4
 - b. 推荐使用并行采集技术（需要多通道表面线圈）
3. 静止间期切面选择（QISS）MRA是一种心脏门控2D多切面流入技术。该方法在步进移床

过程中，采集多组盆部至足的横断切面，同时利用磁矩预备脉冲序列压低静脉血流和静止组织信号，动脉信号由单次激发bSSFP序列采集。

胸主动脉 MRA

1. 三个方向的定位图
2. 单次激发黑血或bSSFP序列扫描横断面（单次屏气内扫描整个胸部）
3. T1w FSE或扰相GRE扫描主动脉横断面（显示壁内血肿、夹层）
4. bSSFP 电影扫描平行于主动脉中线的矢状旁切面。选用-使用3点预扫描
5. 主动脉瓣评估同瓣膜扫描协议
6. 钆剂给药时机
 - a. 方案1—胸主动脉水平行团注试验（横断面或矢状斜位）。注射2mL 钆对比剂后以20 mL生理盐水冲管。确定对比剂达峰时间
 - b. 方案2—利用团注触发技术启动扫描
 - c. 方案3—快速多相位3D采集，给药无需时机
7. 3D GBCA增强MRA (0.1-0.2 mmol/kg)
 - a. 空间分辨率至少1-1.5 mm
 - b. 条件允许时使用并行采集技术
 - c. 条件允许时使用心电门控
 - d. 注射对比剂后至少两次采集
8. 选用-怀疑主动脉炎者，采集增强后脂肪抑制T1加权横断面图像
9. 选用-参见3.2.1（外周血管 MRA）中非增强MRA 技术

冠状动脉

1. LV结构及功能评价，探查室壁运动异常
 - a. 利用高时间分辨率序列重复扫描水平长轴切面（每个时相 ≤ 20 ms），以准确确定右冠状动脉（RCA）静止期
2. 3D导航门控自由呼吸 MRA 序列
 - a. 行肺动脉主干近端至右房中部横断面扫描（必要时覆盖全心）。层厚1-1.5 mm；平面内空间分辨率1.0 mm或更低。通常使用脂肪抑制
 - b. 层数-通常为50-80层，根据感兴趣区血管决定
 - c. 根据前述冠状动脉静止期调整触发延迟时间及采集窗口
 - d. 推荐并行采集技术
 - e. 导航置于右半侧膈面以上
 - f. 选用-GCBA可使冠脉显像更清晰。由于CMR冠状动脉扫描时间长，故不推荐团注。
3. 选用-
 - a. 当图像质量差、导航门控不可用或效果不佳时，可换用屏气技术
 - b. T2预备序列可用于抑制心肌和静脉信号

肺动脉评价—消融前及消融后

1. LV结构及功能（选用）
2. 利用屏气3D对比增强MRA扫描肺静脉和左心房的冠状位（若屏气较好时可覆盖更多前部结构）
 - a. 选用-以肺静脉为中心的斜冠状面扫描可以减少扫描块厚度，并进而减少屏气时间，但随之导致左心房覆盖不足
 - b. 选用-心电门控。患者心率不齐时，读出与收缩期同步（即无触发延迟）。
 - c. 2-3次容积采集-分别在增强前（用于减影），对比剂首次通过时，和对比剂注

射后（选用）。

- d. 时间分辨多相MRA-采集和增强同步开始；该技术可为肺静脉重建提供单独成像，并可用于消融标测软件
 - e. GBCA (0.1-0.2 mmol/kg) 以2-3 ml/s速率注射
 - f. 层厚-1-2 mm；平面内空间分辨率1-1.5 mm
 - g. 层数-通常为60-80层，根据感兴趣区血管决定
3. 选用-对每支肺静脉进行跨平面相位对比血流分析
 4. 选用-左心房壁LGE

其他

瓣膜病

人工瓣膜置换术后患者可安全行1.5 T和3.0T系统CMR检查，因心脏搏动本身对瓣膜产生的力远高于磁场产生的力。

1. 基本方法
 - a. 利用bSSFP电影在疑有病变的瓣膜平面上评价瓣膜形态。下文将阐释最佳成像水平及角度的选择
 - b. 注意-测量狭窄瓣口时，建议沿射流方向自瓣口到下游，采集连续或稍重叠的射流横断面电影图像。当瓣口或射流横截面可清晰显示时，面积测量数值才最有效
 - c. GRE或混合GRE-EPI观察瓣膜反流束敏感性较强(仅作定性评估)
 - d. 利用速度编码成像定量测量流速和方向。根据实际流速设定流速编码(使用没有混叠的最低速度)
 - e. 评价高速射流尽量将TE设置为最低。

2. 各瓣膜成像方法

- a. 二尖瓣
 - i. 反流
 - 1) LV结构及功能
 - 2) 在舒张末期采集垂直于主动脉瓣平面、平齐窦管交界水平的速度编码成像。回顾性门控采集应覆盖整个心动周期。
 - ii. 狭窄
 - 1) 采集平行于二尖瓣的平面，和峰值流量扰动点处的速度编码成像（全平面编码），后者在通过二尖瓣的长轴电影上确定
 - 2) 备选-采集经过二尖瓣射流湍流平面的速度编码成像（平面内编码）
- f. 主动脉
 - i. 反流
 - 1) LV结构及功能
 - a. 进一步扫描LVOT方向和冠状位的主动脉瓣和主动脉根部
 - 2) 在舒张末期采集垂直于主动脉瓣、且瓣膜以上5 mm平面的速度编码成像。回顾性门控采集应覆盖整个心动周期。
 - 3) 采集垂直于降主动脉、平齐肺主动脉水平的速度编码成像，评价舒张期反流
 - ii. 狭窄
 - 1) 采集平行于主动脉瓣的平面，和峰值流量扰动点处的速度编码成像（全平面编码），后者在通过主动脉瓣的长轴电影上确定

- 2) 备选-采集经过主动脉瓣射流湍流平面的速度编码成像（平面内编码）

平面的速度编码成像（平面内编码）

g. 三尖瓣

i. 反流

- 1) RV结构及功能
- 2) 在舒张末期采集垂直于肺动脉瓣、且在瓣膜以上5 mm平面的速度编码成像。回顾性门控采集应覆盖整个心动周期。

ii. 狭窄

- 1) 采集平行于三尖瓣的平面，和峰值流量扰动点处的速度编码成像（全平面编码），后者在通过三尖瓣的长轴电影上确定
- 2) 备选-采集经过三尖瓣射流湍流平面的速度编码成像（平面内编码）

h. 肺动脉瓣

i. 反流

- 1) RV结构及功能
 - a. 进一步扫描RVOT方向和冠状位的肺动脉瓣和肺动脉根部
- 2) 在舒张末期采集垂直于肺动脉瓣、且瓣膜以上5 mm平面的速度编码成像。回顾性门控采集应覆盖整个心动周期。

ii. 狭窄

- 1) 采集平行于肺动脉瓣的平面，和峰值流量扰动点处的速度编码成像（全平面编码），后者在通过肺动脉瓣的长轴电影上确定
- 2) 备选-采集经过肺动脉瓣射流湍流

心包疾病

1. LV结构及功能成像
2. T1或T2加权快速自旋回波成像（选用，可使用或不使用脂肪饱和技术）
 - a. 2- 3 个代表性长轴切面图像及3- 4个代表性短轴切面图像用于测量心包厚度（正常 ≤ 3 mm）
 - b. 怀疑心包囊肿者参考肿瘤成像协议
3. 选用—若发现心包增厚，使用梯度回波心肌标记电影序列来探查心包和心外膜间是否存在粘连（2- 3 幅长轴切面图像1- 2 幅短轴切面图像）
4. 实时成像在动态呼吸下可辅助观察心包与心室的关系
 - a. 首选心室中段短轴切面
 - b. 推荐电影成像时间分辨率60 ms以下
 - c. 指导患者深呼吸，至少扫描两个完整呼吸周期
 - d. 吸气起始时室间隔异常活动（舒张早期伸平或反向）提示心包的限制性机制。
5. 钆对比剂延期增强扫描成像
 - a. 无论是否使用脂肪饱和技术采集，均有助于心包炎与和心包或心包外脂肪的区分。

心脏和心脏旁占位（包括血栓）成像

1. 左心室结构和功能成像
2. T1加权快速自旋回波序列-成像平面要通过占位及其毗邻结构（扫描层数取决于占位大小）

3. 脂肪抑制的T2加权快速自旋回波序列（选用一非脂肪抑制）-成像平面要通过占位及其毗邻结构
4. 通过占位的首过灌注扫描
5. 重复脂肪抑制的T1加权快速自旋回波序列（增强早期）
6. 选用-增强后选择性重复部分SSFP电影成像
7. 钆对比剂延迟增强扫描成像
 - a. 设定压低血栓信号的TI值（1.5 T 磁共振约为500–550 ms，3 T约为850–900 ms）有助于鉴别血栓和肿瘤，还可显示肿瘤周围的血栓
 - b. 连续成像有助于鉴别低灌注肿瘤坏死核及血栓

简写

英文缩写	英文全称	中文全称
ATP	Adenosine triphosphate	三磷酸腺苷
AV	Atrial-ventricular	房室
AVC	Arrhythmogenic ventricular cardiomyopathy	致心律失常性心肌病
bSSFP	Balanced steady state free precession	平衡稳态自由旋进
CE	Contrast-enhanced	造影剂增强
CMR	Cardiovascular magnetic resonance	心血管磁共振
ECG	Electrocardiogram	心电图
ECV	Extracellular volume fraction	细胞外体积分数
EMA	European Medicines Agency	欧洲药物管理局
EPI	Echo planar imaging	平面回波成像
FDA	Food and Drug Administration	美国食品和药物管理局
FSE	Fast spin echo	快速自旋回波
GBCA	Gadolinium based contrast agent	钆对比剂
GRAPPA	Generalized autocalibrating partially parallel acquisition	广泛自动校准部分并行采集
GraSE	Gradient and spin echo	梯度和自旋回波
GRE	Gradient echo	梯度回波
HCM	Hypertrophic cardiomyopathy	肥厚型心肌病

HR	Heart rate	心率
ICD	Implanted cardioverter defibrillator	植入式心脏除颤器
LGE	Late gadolinium enhancement	晚期延迟增强
LV	Left ventricle/left ventricular	左心室
LVOT	Left ventricular outflow tract	左心室流出道
MI	Myocardial infarction	心肌梗死
MOLLI	Modified Look Locker inversion recovery	序列名称
MRA	Magnetic resonance angiography	MR 血管造影
MVO	Microvascular obstruction	微血管阻塞
NSF	Nephrogenic systemic fibrosis	肾源系统性纤维化
PSIR	Phase sensitive inversion recovery	相位敏感反转恢复序列
QISS	Quiescent interval slice selective	静止间期切面选择
RCA	Right coronary artery	右冠状动脉
RV	Right ventricle/right ventricular	右心室
RVOT	Right ventricular outflow tract	右心室流出道
SCMR	Society for Cardiovascular Magnetic Resonance	心血管磁共振学会
SENSE	Sensitivity encoding	灵敏度编码
shMOLLI	Shortened MOLLI	序列名称
SMASH	Simultaneous acquisition of spatial harmonics	同步空间谐波采集
SNR	Signal-to-noise ratio	信噪比
STIR	Short tau inversion recovery	短翻转恢复成像
T1w	T1 weighted	T1 加权
T2w	T2 weighted	T2 加权
TE	Echo time	回波时间
TI	Inversion time	反转时间
Venc	Velocity encoding	速度编码

参考文献

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: SCMR 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 (SCMR) endorsed by the European Association for Cardiovascular Imaging (EACVI).** *J Cardiovasc Magn Reson.* 2017;19:75.

doi: 10.1186/s12968-020-00607-1

Cite this article as: Kramer et al.: Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols: 2020 update. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* 2020 **22**:17

Translator (翻译者):

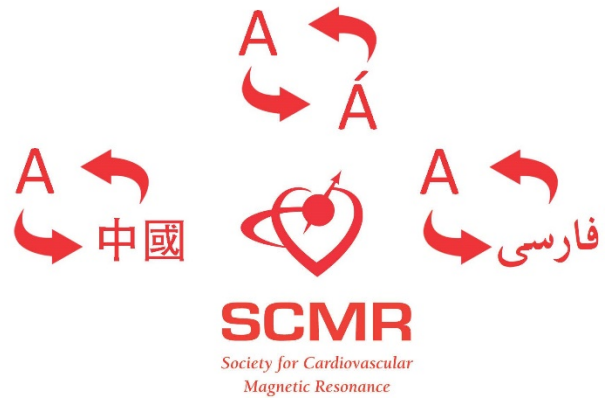
Siqi Tang, MD; Yuanwei Xu, MD

Cardiology Division, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu, Sichuan, China

Reviewers (审校者):

Yucheng Chen, MD, PhD

Cardiology Division, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu, Sichuan, China



Translation Committee