

✧ 规范与标准

Expert consensus on cardiovascular magnetic resonance imaging of China 心血管磁共振成像技术检查规范中国专家共识

国际心血管磁共振学会中国区委员会, 中国医疗保健
国际交流促进会心血管磁共振分会

[Keywords] cardiovascular; consensus; magnetic resonance imaging

[关键词] 心血管; 共识; 磁共振成像

DOI: 10.13929/j.1003-3289.201810056

[中图分类号] R54; R445.2 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2019)02-0161-09

心血管 MRI (cardiovascular MRI, CMRI) 自 20 世纪 80 年代开始逐步应用于临床。近年来, 随着 MR 设备和技术的发展, CMRI 以其高时间和空间分辨力、最佳软组织对比度、大视野、无辐射危害、成像参数多、获得信息量大等优势, 在心血管疾病的早期诊断、鉴别诊断以及评估病情严重程度、风险和预后等方面均具有独特价值, 具有“一站式”检查潜力, 为心脏大血管结构测量和功能评价的“金标准”。

为规范 CMRI 的应用, 2010 年 10 月, 美国心脏协会 (American Heart Association, AHA)、美国心脏病学院 (American College of Cardiology, ACC)、美国放射学院 (American College of Radiology, ACR) 和心血管磁共振学会 (Society of Cardiovascular Magnetic Resonance, SCMR) 共同起草了 CMRI 技术的专家共识, 其中就 CMRI 基本成像技术、基本操作要求及其在常见心血管疾病中的应用进行规范, 这一专家共识对 CMRI 临床推广具有重要指导意义^[1]。

CMRI 在中国的发展相对滞后, 扫描策略和操作要点尚缺乏统一标准, 应用不够规范, 给 CMRI 临床和科研工作带来了困难。鉴于此, 国际心血管磁共振学会中国区委员会和中国医疗保健国际交流促进会心血管磁共振分会组织国内本领域专家编写了《心血管磁共振成像技术检查规范中国专家共识》(以下简称“本共识”), 参考国际版专家共识, 并结合我国实际现状, 就 CMRI 基本成像原理、扫描策略优选、扫描注意

事项、图像后处理技术及其临床应用等做出相应推荐、建议, 以期规范我国 CMRI 操作流程, 提高放射科从业人员对 CMRI 临床应用的认知。

1 CMRI 基本原理解读

不同于其他系统 MR 检查, CMRI 技术的关键是如何有效克服心脏和呼吸运动的干扰而获得高质量图像。心脏本身存在节律性收缩和舒张运动, 同时随呼吸上下移动, 常规扫描易产生运动伪影, 因此, CMRI 需要对心脏及呼吸运动进行控制。

1.1 抑制心脏运动的方法 节段性 K 空间采集技术是 CMRI 的重要技术, 也是多种成像序列的基础。该技术通过心电图 R 波触发, 将多个心动周期中采集的数据分次填充 K 空间, 最终进行叠加; 在每个心动周期中的相对静止期完成图像采集, 可最大限度减少心脏搏动所致伪影。对 R-R 间期较长的慢心率受检者, 心脏相对静止期多在舒张末期; 而小儿和心率快的受检者的 R-R 间期缩短, 相对静止期多位于收缩末期。

1.1.1 心电门控 心电门控分前瞻性和回顾性 2 种。前瞻性心电门控是指以 R 波为触发脉冲, 在之后的 R-R 间期内采集 K 空间数据。回顾性心电门控是指连续采集数据, 同时记录心电图, 扫描结束后再将数据分配到心动周期所对应期相的 K 空间完成图像重建。

1.1.2 脉搏门控 脉搏可替代心电门控进行门控采集, 但其变化相对于心脏运动有所延迟, 且脉搏不能完

[通信作者] 李坤成, 首都医科大学宣武医院放射科, 100053。E-mail: cjr.likuncheng@vip.163.com

[收稿日期] 2018-10-12 [修回日期] 2018-11-27

全反映心房、心室的动态变化过程,因此仅在不能准确完成心电门控时替代应用^[2]。

1.2 呼吸运动抑制方法 呼吸运动抑制方法包括屏气和呼吸导航门控 2 种。

屏气是最简单有效的办法,心脏形态学检查、心功能检查、心肌灌注、心肌活性等检查一般均采用屏气成像。建议采用呼气末屏气方法,并使每次屏气幅度尽量保持相同。宜于检查前对受检者进行呼气末屏气训练,最好联合应用腹带,以限制心脏在头足方向的运动。

呼吸导航门控技术主要有 2 种:①通过置于胸腹部的呼吸压力垫动态追踪膈肌运动状况;②通过自由呼吸导航方法追踪膈肌在头足方向的运动状况。导航回波监测法是通过监测右侧膈顶区域,追踪膈肌标记区域头足方向运动情况,当膈肌处于预设可接受范围时,所采集数据用于 K 空间充填^[3]。

2 CMRI 脉冲序列分类解读

CMRI 基础序列主要包括 SE 序列和 GRE 序列,根据其不同功能再进一步划分为心脏形态、心脏电影、心肌灌注、心肌活性成像、心肌组织定量评估和心脏大血管、冠状动脉成像等序列。在临床实践中,必须明确 CMRI 各种成像序列的优势和不足,根据检查目的选择最优化成像序列。

2.1 心脏形态成像 心脏形态成像主要应用黑血和亮血两大类序列。

黑血序列最常用的是快速自旋回波序列,不同厂家序列名称不同, Siemens 公司和 Philips 公司称为 TSE, GE 公司称为 FSE, 因其利用血液流空效应,使心脏及大血管腔内快速流动的血液呈无信号区,而心肌呈等信号,故称之为“黑血”,主要用于先天性心脏病、胸主动脉疾病的的心脏及大血管形态学评估,及心脏肿瘤和心包病变等。推荐采用半傅里叶单次激发快速自旋回波序列 (Siemens 公司称为 HASTE, GE 公司称为 single shot FSE; Philips 公司称为 single shot TSE) 进行心脏结构成像^[4]。

亮血序列通过增强血池信号的亮度使血池呈白色高亮信号,而心肌呈等信号,从而形成自然对比,其中以稳态自由进动序列 (steady state free precession, SSFP) 最为常用, Siemens 公司称为 TRUE FISP, GE 公司称为 FIESTA, Philips 公司称为 balanced FFE。

2.2 心脏电影成像 MRI 已被公认为评估心脏功能的“金标准”,最常采用的方法是心脏电影成像技术。在 1.5T MR 扫描仪,推荐应用 SSFP 序列进行心脏功能评估;在 3.0T MR 扫描仪,由于 SSFP 序列易受磁

敏感伪影干扰,可采用扰相位梯度回波序列 (GE 公司称为 SPGR, Philips 公司称为 T1-FFE, Siemens 公司称为 FLASH)。最常用的采集方法是二维分段 K 空间填充采集技术,通过多次屏气采集数据,从左心室底部向心尖部采集多层短轴位图像,最终获得每层短轴位心动周期内的动态电影图像。推荐按照 AHA 心脏 17 节段^[5]分类方法进行短轴位连续层面扫描,采用后处理软件分别勾画心室内外膜,计算获得多种心功能参数,包括左心室容积、心肌质量、室壁厚度、收缩期增厚率、室壁运动、每搏输出量、射血分数和心输出量等。值得注意的是,高质量心脏电影成像依赖于整齐的心律和检查前呼吸屏气训练,推荐采用呼气末屏气方法^[6-8]。

心肌标记 (Tagging) 技术是在心脏电影成像序列开始前增加专门射频脉冲,在心肌上进行网格状标记,再行电影成像;通过对网格状标记的心肌节段进行分析,以评价局部心肌运动功能,是对常规 CMRI 心脏功能评估的补充^[9]。

2.3 心肌灌注成像 心肌灌注成像是经静脉注射钆对比剂,采用快速成像序列连续扫描获得对比剂首次通过心肌组织的动态图像,用于诊断心肌缺血。心肌灌注成像主要采用 EPI 和 SSFP 序列,共同特点是使用较短的 TR 和 TE、很小的翻转角,以抑制呼吸和心脏运动的影响,减少运动伪影。

由于心肌供血的储备能极强,静息状态下心肌灌注检查显示心肌缺血不敏感,通常需要实施负荷心肌灌注。心肌负荷方式有运动负荷和药物负荷两种。运动负荷需在 MR 检查室内配备兼容运动装置,配置成本较高,操作难度大,且结果不准确。药物负荷是以血管扩张剂为心肌负荷药物,常用腺苷和双嘧达莫,具有操作简便、可重复性好等优点,是用于负荷检查的主要方法^[10]。

2.4 心肌活性成像 心肌活性成像又称心肌延迟强化 (late gadolinium enhancement, LGE) 成像,通常用于识别急、慢性心肌梗死;采用快速毁损梯度回波序列 (Siemens 公司称为 Turbo FLASH, GE 公司称为 FSPGR, Philips 公司称为 TFE), 联合使用钆对比增强技术,通过 TI scout 预扫描确定最佳反转时间 (time of inversion, TI), 以充分抑制正常心肌信号,使其呈相对较低信号。心肌梗死后纤维化,细胞外间隙扩大,使钆对比剂浓集,从而缩短 T1 时间, LGE 扫描呈高信号。Siemens 公司的相位敏感反转恢复 (phase sensitive inversion recovery, PSIR) 序列可以不进行

TI scout 预扫描,通过图像重建矫正方法显著提高梗死与正常心肌的对比度,获得高质量 LGE 图像。推荐扫描方位和层厚与心脏电影成像相同。LGE 延迟扫描时间至关重要,建议 LGE 成像时于注射钆对比剂 10~15 min 后进行扫描^[11]。

2.5 心肌组织定量参数成像 CMRI 能利用质子弛豫特性显示心肌或血管的组织学特征。T1 mapping 成像应用最广,包括基于反转恢复脉冲技术(Look-Locker、MOLLI、ShMOLLI)或基于饱和恢复脉冲技术(SASHA、SAPPHIRE)两大类。细胞外容积(extracellular volume, ECV)评价技术是通过钆对比剂注射前后的 T1 mapping 图像,经过血细胞比容值校正后获得心肌弥漫纤维化信息。2013 年 SCMR 和欧洲心脏学会(European Society of Cardiology, ESC) MR 工作组联合制订了专家共识,以指导 T1 mapping 和 ECV 量化技术的临床应用^[12]。T2 mapping 通常使用多回波快速自旋回波序列(multi-echo fast spin echo, MFSE),在 4 个不同亚回波链长度的回波下进行图像采集,TR 不变而 TE 不同,用软件测量 ROI 心肌组织的 T2 值。在缺血性心脏病中,心肌梗死、梗死后缺血再灌注等引起心肌水肿时均可引起心肌 T2 值改变。T2 mapping 能够较好地抑制心腔内慢血流所致的心内膜下、心尖部慢速高信号伪影^[13]。

2.6 心脏大血管成像 心脏大血管成像包括非对比剂增强 MRA(noncontrast enhanced-MRA, NCE-MRA)和对比剂增强 MRA(contrast enhanced-MRA, CE-MRA)。

2.6.1 NCE-MRA TOF-MRA 是临床应用最广泛的 NCE-MRA 技术,一般采用短 TR 扰相位梯度回波序列采集数据。TOF-MRA 依靠成像层面内静止组织与流入血液中的氢质子接受射频激励饱和和差异,通过重复射频激励脉冲,使静止组织的氢质子呈低信号,而动静脉内流入的氢质子呈高信号。TOF-MRA 已广泛用于头颈动脉的无创性血管成像。

近年出现的四维血流成像(4D-Flow)可同时 3 个相互垂直的维度进行编码,并获得相位流速编码电影数据。4D-Flow 可无创定量分析心脏及大血管血流,获得包括血流方向、速度、剪切力等指标,但其原始数据量较大,需要专门软件进行后处理,目前尚处于临床研究阶段^[14]。

2.6.2 CE-MRA CE-MRA 利用静脉团注顺磁性对比剂,显著缩短血池 T1,再利用小角度激发和短 TR

的扰相位梯度回波或稳态自由进动序列成像,血液呈持续高信号,背景组织因饱和效应呈低信号,从而获得更好对比的 MRA 图像;其优点是扫描速度快,采集时间不到 20 s,单次屏气即可完成,通过与增强前图像减影处理,可获得高质量 MRA 图像。

以胸主动脉 MRA 为例:第一步通过 SSFP 序列行冠状位、矢状位和轴位二维扫描,获得胸主动脉的定位像,采用 3D 扰相位梯度回波序列,获得增强前 MRA 图像(蒙片);第二步通过静脉团注小剂量对比剂获得扫描延迟时间(剂量 2 ml,流率 3 ml/s),扫描延迟时间 = 对比剂到达胸主动脉末端的峰值时间 - 1/2 采集时间 + 1/2 注药时间;第三步通过静脉团注对比剂获得增强后 MRA 图像(剂量 0.2 mmol/kg 体质量,流率 3 ml/s),采用与增强前参数一致的 3D 扰相位梯度回波序列进行扫描。将增强前后图像传送至后处理工作站进行减影处理,通过 MIP 技术显示胸主动脉及其主要分支。如有需要,可行多次延迟扫描,获得多期扫描图像^[15]。

2.7 冠状动脉成像 因冠状动脉管径细小、走行迂曲,周围有脂肪高信号干扰,受呼吸和心脏运动影响较大等原因,冠状动脉成像在 CMRI 中的应用最具挑战性。

1.5T MR 冠状动脉成像多采用 SSFP 序列,无需对比剂即可清晰显示冠状动脉近中段。联合采用 T2 准备脉冲,并以脂肪抑制脉冲抑制心肌外脂肪信号,可进一步提高冠状动脉的对比度。根据扫描部位,冠状动脉成像方法可分为靶扫描和全心覆盖两种,前者单次扫描时间短,较为实用,后者应用自由呼吸导航技术,可在十余分钟内完成全心冠状动脉数据采集。

3.0T MR 扫描多采用对比增强全心冠状动脉成像技术,所用反转恢复扰相位梯度回波序列能够有效抑制背景组织信号,联合慢速注射对比剂技术可维持血池内对比剂浓度水平,获得相对长时间缩短血液 T1 的效果,从而显著增加冠状动脉图像对比度,有利于显示冠状动脉远端细小分支^[16-17]。

3 CMRI 推荐扫描策略

3.1 CMRI 安全策略建议 经过国内专家充分讨论后,本共识对 CMRI 安全性提出以下建议:对有下列情况者,需在完成检查风险和成像效果预估的前提下权衡利弊,慎重考虑是否进行 CMRI^[18]。

体内存在非磁性或弱铁磁性的颅内动脉夹、人工耳蜗,可使用场强为 1.5T(含)以下设备进行 CMRI;

AHA 专家共识中指出,几乎所有面市的冠状动脉支架产品对于 MR 扫描均属安全,可在 3.0T(含)以下 MR 设备上 CMRI;对于体内存在弱磁性动脉支架者,建议在术后 6 周再行 CMRI。人工心脏瓣膜移植术和瓣膜成形环术后患者任意时间均可在 3.0T(含)以下 MR 扫描仪中接受 CMRI。

3.2 推荐心电电极贴放方法 准确贴放电极片对于 CMRI 至关重要,推荐使用无磁电极片,应用耦合剂清理皮肤表面,并按照厂商建议位置贴放心电电极,有助于获得更好的心电信号。

3.3 推荐线圈和受检者体位 建议使用体部相控阵或心脏专用线圈,受检者取仰卧位、头先进,双手置于体侧。线圈中心对准两侧锁骨中线第 5 肋间水平连线,稍偏左侧放置。

3.4 心电门控选择 扫描前应对受检者进行屏气训练,推荐使用呼气末屏气方法。心电门控采用第 II 导联、AVF 导联或 VCG 门控,确保受检者在磁体外时 R 波高尖,若心电信号不佳,可应用脉搏门控替代。

3.5 推荐扫描方位 心脏在人体内偏左侧,存在不对称性,需采用特殊方位扫描(图 1~7)。CMRI 检查者应具有扎实的解剖和临床知识,选择适宜扫描层面方位是准确诊断的基础。

4 心血管疾病成像序列应用建议

4.1 先天性心脏病 CMRI 能显示先天性心脏病的心脏结构改变,如房室位置及大小、室壁厚度、大动脉位置及其与心室的关系等,且对室上嵴型室间隔缺损的诊断准确性较高^[19]。

应根据受检者情况分别进行薄层连续层面的亮血和黑血脉冲序列扫描,获得包括轴位、冠状位、矢状位、斜矢状位和短轴位图像。婴幼儿身体各种结构较小,心率较快,对空间分辨力和时间分辨力的要求更高,需要采用小视野、大矩阵,并以小线圈覆盖整个胸部。

各方位电影序列扫描可确定心房与心室、心室与大动脉的连接关系;观察房室瓣形态、功能,主、肺动脉瓣的形态、功能,房、室间隔缺损的大小与部位,并分析各水平(房、室、大动脉水平)的左、右分流情况。流速编码相位对比(phase contrast, PC)序列

能准确测量流速和流量,当压力梯度通过血管狭窄处(如主动脉缩窄)时,可测量狭窄部的严重程度和收缩期峰值流速。

胸部大血管成像可以显示动脉导管未闭和肺静脉畸形及主动脉弓分支。

4.2 冠状动脉粥样硬化性心脏病(以下简称冠心病)

冠心病是 CMRI 应用最广的领域,主要应用技术为心肌灌注成像和 LGE 扫描。大量研究证实 CMRI 在冠心病早期诊断、危险度分层方面具有重要价值。

心肌静息和负荷灌注成像的主要价值是识别缺血心肌,提高冠心病的诊断敏感度。由于心肌灌注检查存在一定风险,国内开展负荷心肌灌注成像的医疗机构不多。建议心脏内科、麻醉科、影像科医师组成交叉学科团队,全程对负荷心肌灌注检查实施监测,以针对可能发生的不良心血管事件进行救治。对急性心肌梗死患者不推荐进行负荷心肌灌注检查,但可进行 LGE 扫描。对合并室壁瘤者,LGE 可鉴别室壁瘤性质,并评价其范围、有无附壁血栓等。此外,T2 mapping 可显示急性心肌缺血所致水肿,T1 mapping 和 ECV 检查可显示弥漫性心肌纤维化病灶^[13]。

心脏电影成像可以评估心肌梗死后室壁厚度变薄合并运动减弱,若在 LGE 检查中未发现瘢痕,则即使室壁厚度变薄,心肌功能也可能在血管重塑后恢复。心脏电影成像是评价舒张期末心室壁厚度最便捷的方法,舒张期心室壁厚度明显减弱标志着血管重塑后心肌损害不可逆。

在 1.5T MR 上应用 SSFP 成像序列可提高图像 SNR 和血液的对比度,全心冠状动脉成像可以精确评

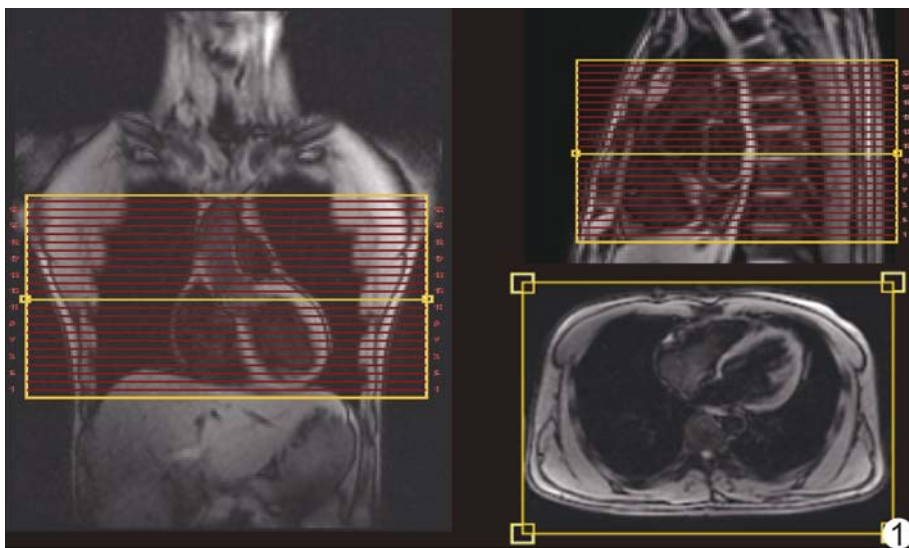


图 1 CMRI 心脏成像推荐扫描方位 冠状位、矢状位、轴位定位像

估冠状动脉近、中段病变。利用 3.0T MR 毁损梯度回波序列,联合缓慢注射对比剂,减少射频辐射和回波时间,可评估冠状动脉远段及细小分支病变。

4.3 非缺血性心肌病 (non-ischemic cardiomyopathy, NICM) NICM 是非心脏冠状动脉病变引起的一大类心肌疾病,包括肥厚型心肌病、扩张型心肌病、限制型心肌病及心肌炎等。

对于肥厚型心肌病患者,需对左心室流出道狭窄程度进行定性及定量分析,同时注意二尖瓣活动是否正常。推荐进行标准左心室流出道电影序列扫描,在左心室流出道 2 个方向上分别行平面内相位对比电影扫描,估测最大血流速度,并确定最佳流速编码,然后在最大流速血流层面的垂直方位上行 PC 序列血流扫描。对所获图像进行后处理,获得峰值流速和心脏每搏输出量,以估测流出道狭窄两端的压力阶差,压力阶差 >20 mmHg 提示狭窄具有临床意义^[20]。

为诊断鉴别限制型心肌病与缩窄性心包炎,应重点观察心包形态及信号改变、心脏收缩和舒张运动功能等。

对临床拟诊右心室型心肌病患者,需重点观察右心室流出道、心尖形态和信号改变,观察心肌有无异常膨突、右心室壁有无异常信号替代、心尖有无闭塞等^[21]。

心内膜活检是诊断心肌炎的“金标准”,但属于创伤性检查,难以在临床广泛应用。CMRI 具有多序列扫描和高组织特异性的优点,能无创伤显示心肌病灶,可早期诊断心肌炎,有助于及时治疗,改善患者预后。心肌炎的特征性表现是 LGE 成像显示心室侧壁心外膜下强化灶,据此可与缺血性心肌病的心内膜下心肌梗死鉴别。此外, T2 加权黑血成像 (T2WI short tau inversion recovery, T2-STIR) 显示急性心肌炎的心肌

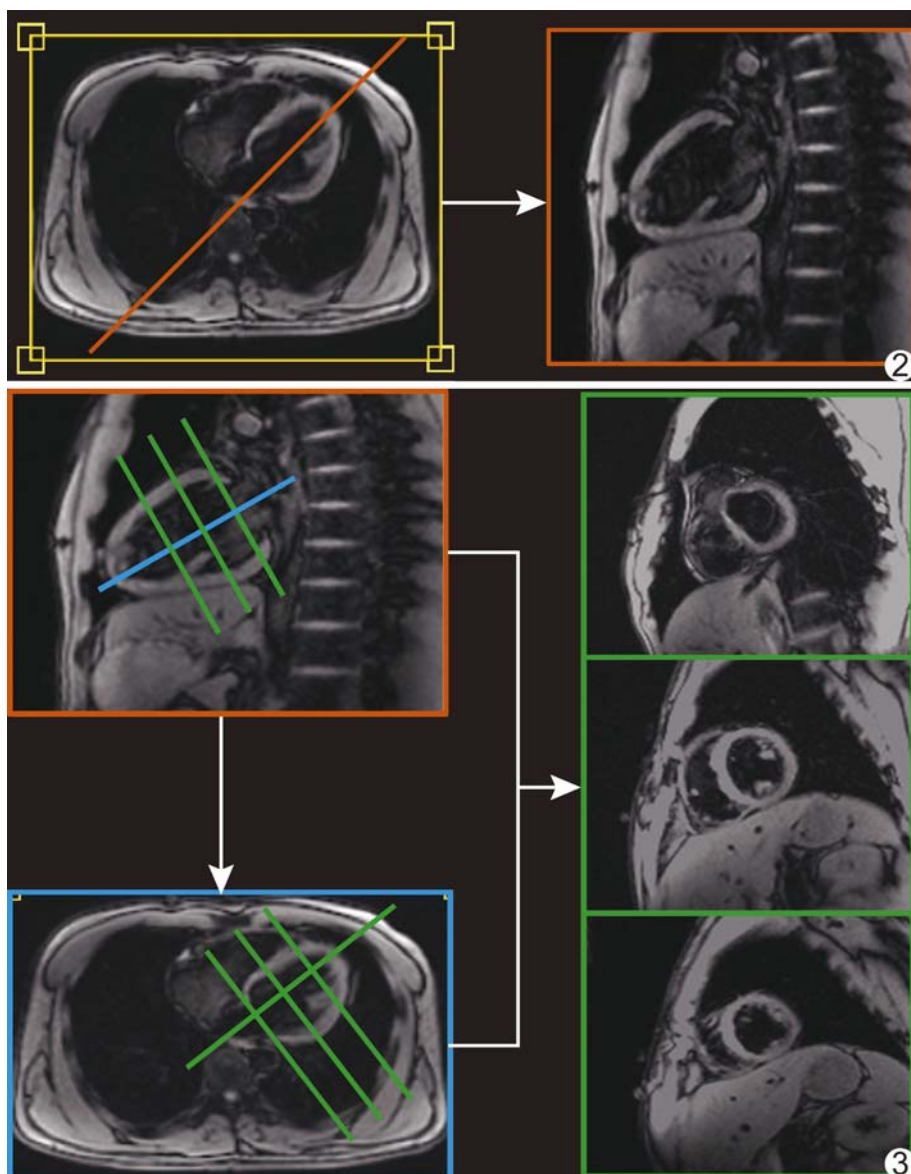


图 2 垂直左心室长轴位 (vertical long axis, VLA) 图像获取 在横轴位定位像上,连接二尖瓣中点与心尖(橘线),获得 VLA 图像 图 3 短轴位 (short axis, SA, 绿线) 和平行左心室长轴 (horizontal long axis, HLA) 图像获取 在 VLA 图像上,连接二尖瓣与心尖(蓝线),得到 HLA 图像;在 HLA 与 VLA 图像上经垂直室间隔中点做垂线(绿线),得到 SA (绿线图像,此时的短轴为真短轴)

水肿呈局部或弥漫性高信号有助于诊断心肌炎。LGE 成像对非缺血性心肌病的诊断和鉴别诊断有重要意义。肥厚型心肌病心肌强化多发生在肥厚心肌内部,呈散在斑片状;26%~42% 扩张型心肌病出现 LGE 征象,以室间隔壁间细线状强化最为常见,也可呈点、片状或弥散状强化,病灶多沿心外膜下或在心肌内分布。此外, LGE 还可见于心肌淀粉样变、心内膜纤维化及限制型心肌病等疾病,强化的不同形态、部位及范围等对心肌病的诊断和鉴别诊断均有指导意义^[22-23]。

4.4 心脏占位病变 CMRI 的软组织对比分辨率高,结合 LGE 可鉴别良恶性心脏占位性病变,判断肿瘤的组织学来源,是可提供心脏占位性病变信息量的最客观的影像学检查方法。检查时需多方位观察心脏占位病变的解剖部位及其与周围组织结构的关系,除常规轴位、冠状位和矢状位扫描外,必要时加扫四腔心、两腔心或占位病变最大截面方向的黑血/亮血序列以及多层、多方位电影序列扫描,以评价占位病变对周围结构、尤其是对心功能及心脏瓣膜的影响^[24]。

5 图像质量控制

影响 CMRI 图像质量的主要因素包括伪影、空间分辨率、SNR 和 CNR 等。

5.1 伪影 CMRI 的主要伪影有运动伪影、慢血流伪影及吉布斯伪影等。

运动伪影主要由心率、呼吸等周期性生理运动所致。检查前呼吸训练、采用呼气末屏气方法可以降低呼吸运动伪影,以确保在成像过程中获得稳定的心电图信号。

慢血流伪影由血流速度减慢造成的失相位或流空效应不明显而产生。通常采用亮血、黑血多种序列相结合的办法去辨别慢血流伪影,或施加血流抑制脉冲对其进行抑制。

吉布斯伪影又称环状伪影,是由空间分辨率不足所致,一般出现在心肌灌注成像中,常见于相位编码方向。建议结合静息和负荷灌注图像进行全面分析,可加以鉴别。

5.2 空间分辨率、SNR 和 CNR MRI 空间分辨率指其对解剖细节的显示能力,即显示最小体积病灶或结构的能力。层面内空间分辨率受 FOV 和矩阵影响,FOV 不变,分辨率与矩阵大小成正比;矩阵不变,分辨

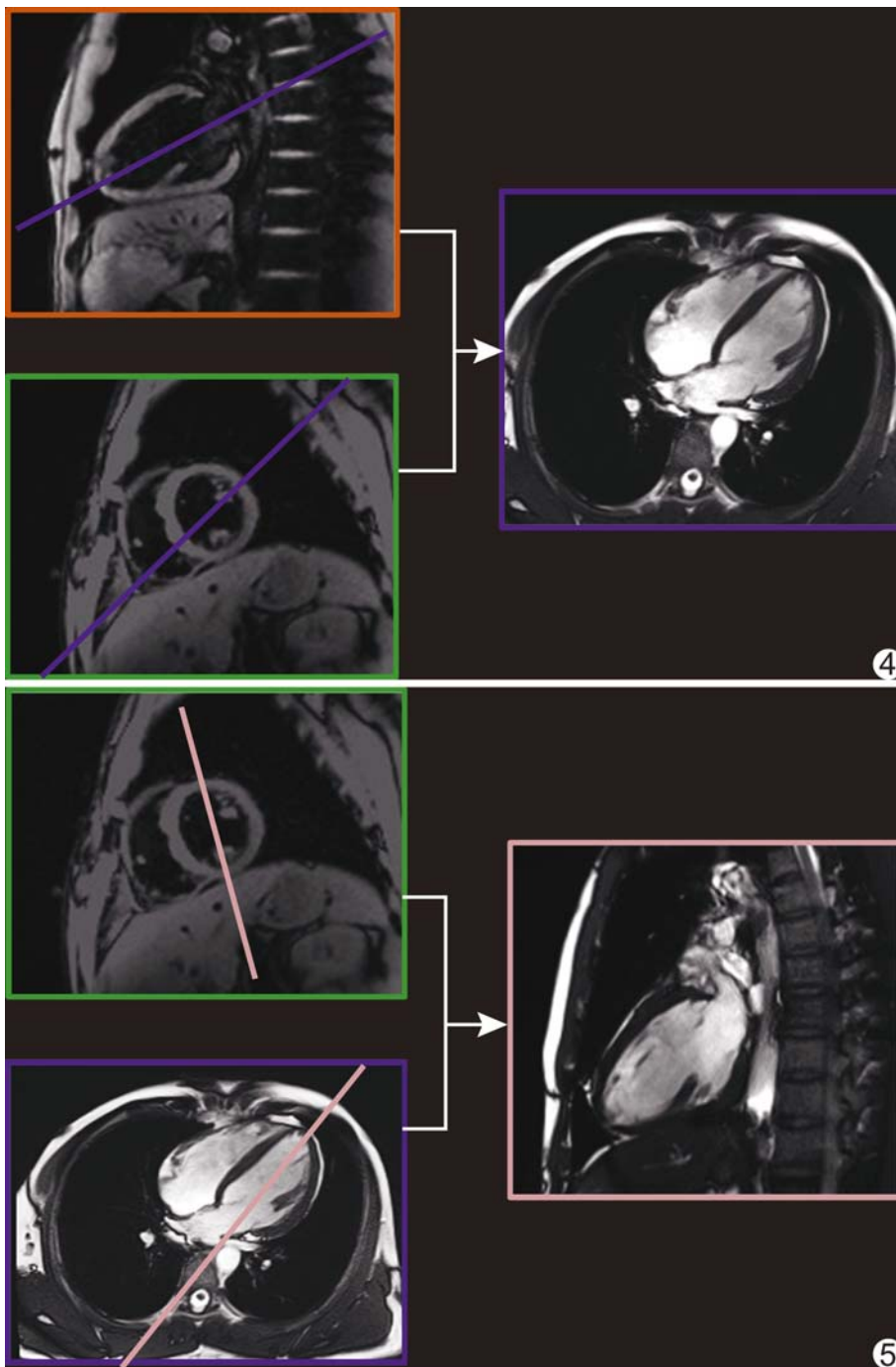


图4 四腔心(4-chamber, 4-ch)图像获取 在SA图像上连接二尖瓣与乳头肌腱索,在VLA图像上连接二尖瓣中点与心尖(紫线),获得4-ch图像 图5 两腔心(2-chamber, 2-ch)图像获取 在4-ch图像上连接二尖瓣与心尖,在SA面经过左心室中心,平行于室间隔(粉线),获得2-ch图像

力与FOV大小成反比。空间分辨率与SNR、扫描时间三者呈相互制约的关系,扫描时需注意权衡。

SNR指感兴趣区的信号强度与背景噪声强度的比值,是MRI重要的质控参数。扫描时可采用如延长TE和TR、增大FOV、增加层厚及增加激励次数等方法提高SNR,但会增加扫描时间。

CNR 即两种组织信号强度差值与背景噪声的比值,差值越大,则图像对比度越高,背景噪声越小,图像质量越好^[25]。

6 CMRI 的比较影像学

在先天性心脏病中,CMRI 可以识别心脏异常分流方向,评估瓣膜的解剖结构和功能。与心脏超声相比,CMRI 对心脏大血管显示更为清晰,特别对先天性心脏病术后的成人患者更具优势;对于儿童患者,与 CT 相比,CMRI 避免了多次复查的辐射,可降低远期患射线相关肿瘤的风险。CMRI 可准确判断瓣膜狭窄和关闭不全,测量经过病变瓣膜的血流量及流速。此外,CMRI 可用于测量心室容积和功能并动态随访,有助于选择治疗方法、介入治疗最佳时间,评价病情严重程度和疗效^[26]。

CMRI 可用于评估左、右心室局部和整体功能、心肌灌注和代谢情况、心肌组织特征等^[27],可通过心肌灌注扫描评价心肌缺血,显示心脏收缩、舒张功能和代谢异常;LGE 技术可以准确显示心肌梗死病灶,准确鉴别心内膜下与透壁性心肌梗死,发现微血管阻塞区,优于心脏超声和核医学等检查技术。对非缺血性心脏病,LGE 成像有助于病因诊断和监测疗效、预后,优于 PET 等核医学技术。对冠心病患者,CMRI 能识别冠状动脉走行和起源异常,显示冠状动脉扩张及动脉瘤,且无辐射危害。冠状动脉 MRA 可用于评价因严重动脉钙化病变使 CTA 过度诊断冠状动脉狭窄的病例,提高判断狭窄的准确率^[28]。对心脏占位病变患者,CMRI 除兼有 CT 的大 FOV、高空间分辨率和超声心动图动态功能评价的特点外,还具有高软组织对比度、可任意方位成像、

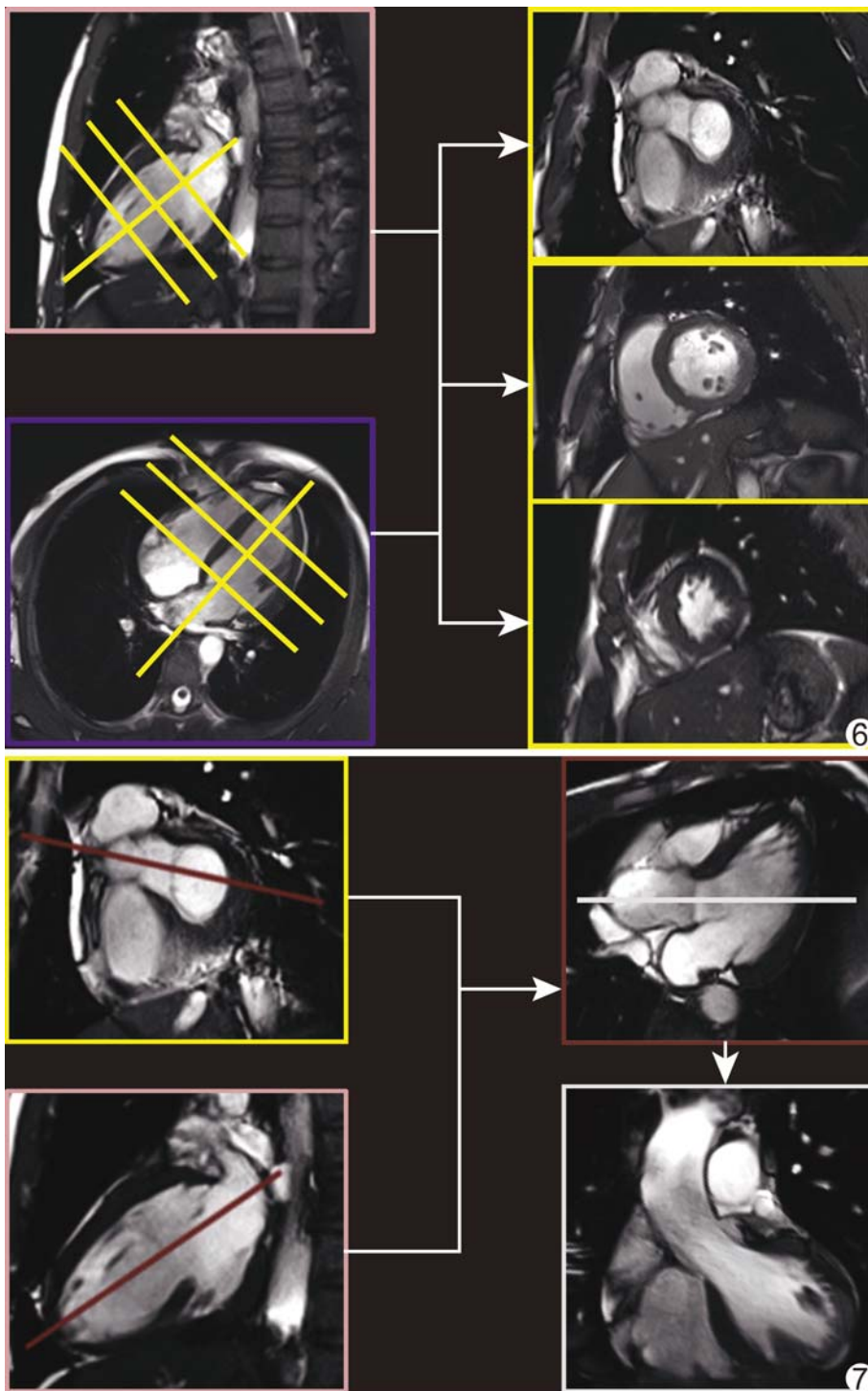


图 6 左心室短轴位图像获取 在 4-ch 与 2-ch 图像上做垂直于室间隔的直线(黄线),获得左心室短轴位(基底部、中间部、心尖部)图像 图 7 左心室流出道(left ventricle outflow track, LVOT)图像获取 在 SA 最基层面经过左心室中心与主动脉根部,在 2-ch 图像上连接二尖瓣中心与心尖(红线),获得 LVOT 图像;经 LVOT 左心室流出道(白线)获得 LOVT 冠状位图像

脉冲序列和成像参数多等优势。对心包疾病患者,CMRI 能准确鉴别少量心包积液与纤维性心包增厚,鉴别缩窄性心包炎与限制型心肌病,评估心包疾病所

致心功能改变,目前是评估心包疾病的最佳影像学检查方法^[29]。

7 总结

伴随技术的不断发展和完善,CMRI 显示心脏病理改变日趋精确,诊断心脏大血管病的效果越来越好,临床应用前景广阔。CMRI 具有多方位、大 FOV 成像、无辐射危害的“一站式”检查能力,相较其他影像方法优势显著。但目前 CMRI 在我国各地区发展不平衡,整体水平与发达国家尚有较大差距,其重要原因是无标准化检查指南和专家共识,缺乏专业培训,与临床的沟通和合作不足;而 CMRI 检查时间较长、收费标准较低,也限制了其临床应用。相信中国医疗保健国际交流促进会心血管磁共振分会的成立及本共识的制订一定会对规范我国 CMRI 技术操作和合理应用产生积极影响。

[致谢:本专家共识参考引用了国内、外 CMRI 研究领域的杰出成果,在此对完成这些研究的学者表示深深的敬意。本共识先后经多位心脏病学、影像学专家进行了 30 余处重大修改,以确保其权威性和科学指导价值,对大家的辛勤付出表示深深的感谢!]

执笔人:杨旗(1977—),男,黑龙江哈尔滨人,博士,主任医师、教授。研究方向:心血管影像学。E-mail: yangyangqiqi@gmail.com

专家组成员(按姓名拼音字母顺序排序):陈玉成(四川大学华西医院),程流泉(中国人民解放军总医院),董蔚(中国人民解放军总医院),范占明(首都医科大学附属北京安贞医院),郜发宝(四川大学华西医院),郭应坤(四川大学华西第二医院),姜萌(上海交通大学医学院附属仁济医院),李坤成(首都医科大学宣武医院),娄明武(深圳市龙岗中心医院),邱建星(北京大学第一医院),宋雷(国家心血管病中心 中国医学科学院阜外医院),孙斌(福建医科大学附属协和医院),夏黎明(华中科技大学附属同济医院),许建荣(上海交通大学医学院附属仁济医院),许乙凯(南方医科大学南方医院),杨旗(首都医科大学宣武医院),邹玉宝(国家心血管病中心 中国医学科学院阜外医院)。

[参考文献]

- [1] American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents, Hundley WG, Bluemke DA, et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SCMR 2010 expert consensus document on cardiovascular magnetic resonance: A report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 55 (23): 2614-2662.
- [2] Fushimi Y, Okada T, Yamamoto A, et al. Estimation of the timing of carotid artery flow using peripheral pulse wave-gated MRI. *J Magn Reson Imaging*, 2012, 36(2):454-458.
- [3] 赵希刚,李坤成,王彩荣.屏气电影法 MRI 评价左心室功能的价值. *中华放射学杂志*, 2002, 36(6):545-548.
- [4] Simonetti OP, Finn JP, White RD, et al. "Black blood" T2-weighted inversion-recovery MR imaging of the heart. *Radiology*, 1996, 199(1):49-57.
- [5] Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *J Am Soc Echocardiogr*, 2002, 15(5):463-467.
- [6] Bellenger N. Comparison of left ventricular ejection fraction and volumes in heart failure by echocardiography, radionuclide ventriculography and cardiovascular magnetic resonance. Are they interchangeable? *Eur Heart J*, 2000, 21(16):1387-1396.
- [7] Bondarenko O, Beek AM, Nijveldt R, et al. Functional outcome after revascularization in patients with chronic ischemic heart disease: A quantitative late gadolinium enhancement CMR study evaluating transmural scar extent, wall thickness and periprocedural necrosis. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2007, 9(5): 815-821.
- [8] Carr JC, Simonetti O, Bundy J, et al. Cine MR angiography of the heart with segmented true fast imaging with steady-state precession. *Radiology*, 2001, 219(3):828-834.
- [9] Zerhouni EA, Parish DM, Rogers WJ, et al. Human heart: Tagging with MR imaging—a method for noninvasive assessment of myocardial motion. *Radiology*, 1988, 169(1):59-63.
- [10] Ichikawa Y, Sakuma H, Kitagawa K, et al. Evaluation of left ventricular volumes and ejection fraction using fast steady-state cine MR imaging: Comparison with left ventricular angiography. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2003, 5(2):333-342.
- [11] Ichikawa Y, Sakuma H, Suzawa N, et al. Late gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging in acute and chronic myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 45(6):901-909.
- [12] Moon JC, Messroghli DR, Kellman P, et al. Myocardial T1 mapping and extracellular volume quantification: A Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) and CMR Working Group of the European Society of Cardiology consensus statement. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2013, 15:92.
- [13] Haaf P, Garg P, Messroghli DR, et al. Cardiac T1 mapping and extracellular volume (ECV) in clinical practice: A comprehensive review. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2016, 18 (1):89.
- [14] Geiger J, Rahsepar AA, Suwa K, et al. 4D flow MRI, cardiac function, and T1-mapping: Association of valve-mediated changes in aortic hemodynamics with left ventricular remodeling.

- J Magn Reson Imaging, 2018, 48(1):121-131.
- [15] Coolen BF, Paulis LE, Geelen T, et al. Contrast-enhanced MRI of murine myocardial infarction—Part II. NMR Biomed, 2012, 25(8):969-984.
- [16] Yang Q, Li K, Li D. Coronary MRA: Technical advances and clinical applications. Current Cardiovascular Imaging Reports, 2011, 4(2):165-170.
- [17] Yang Q, Li K, Liu X, et al. Contrast-enhanced whole-heart coronary magnetic resonance angiography at 3.0-T: A comparative study with X-ray angiography in a single center. J Am Coll Cardiol, 2009, 54(1):69-76.
- [18] Hillis LD, Smith PK, Anderson JL, et al. 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. Circulation, 2011, 124(23):e652-e735.
- [19] Warnes CA, Williams RG, Bashore TM, et al. ACC/AHA 2008 guidelines for the management of adults with congenital heart disease: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines on the Management of Adults With Congenital Heart Disease). Developed in Collaboration With the American Society of Echocardiography, Heart Rhythm Society, International Society for Adult Congenital Heart Disease, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. J Am Coll Cardiol, 2008, 52(23):e143-e263.
- [20] 安硕研, 樊朝美, 赵世华, 等. 左心室中部肥厚型梗阻性心脏病的临床特点及预后. 中国循环杂志, 2015, 30(11):1053-1057.
- [21] 郭应坤, 杨志刚. 右心室功能的无创影像学评价方法进展及其临床应用价值. 中国介入影像与治疗学, 2010, 7(1):78-81.
- [22] 李坤成, 刘树良. 心内膜心肌纤维化症的 MRI 诊断. 中华放射学杂志, 1998, 32(4):250-252.
- [23] Friedrich MG, Sechtem U, Schulz-Menger J, et al. Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: A JACC white paper. J Am Coll Cardiol, 2009, 53(17):1475-1487.
- [24] O'Donnell DH, Abbata S, Chaithiraphan V, et al. Cardiac tumors: Optimal cardiac MR sequences and spectrum of imaging appearances. AJR Am J Roentgenol, 2009, 193(2):377-387.
- [25] Ferreira PF, Gatehouse PD, Mohiaddin RH, et al. Cardiovascular magnetic resonance artefacts. J Cardiovasc Magn Reson, 2013, 15:41.
- [26] Hundley WG, Li HF, Willard JE, et al. Magnetic resonance imaging assessment of the severity of mitral regurgitation. Comparison with invasive techniques. Circulation, 1995, 92(5):1151-1158.
- [27] 赵世华, 闫朝武, 杨敏福, 等. 磁共振心肌灌注延迟增强与核素心肌灌注/代谢显像识别存活心肌对比研究. 中华心血管病杂志, 2006, 34(12):1072-1076.
- [28] 张兆琪, 贺毅, 戴沁怡, 等. 磁共振黑血序列冠状动脉管壁成像评价粥样硬化斑块初步研究结果: 与血管内超声对照研究. 磁共振成像, 2010, 1(2):94-97.
- [29] Adler Y, Charron P, Imazio M, et al. 2015 ESC Guidelines for the diagnosis and management of pericardial diseases: The Task Force for the Diagnosis and Management of Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by: The European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). Eur Heart J, 2015, 36(42):2921-2964.

《CT 与 MRI 袖珍断层解剖图谱 第 1 卷: 头颈部》(第 4 版) 已出版

由德国迪林根 Marienhaus Klinikum Saarlouis 托斯坦·B. 穆勒和埃米尔·赖夫主编, 山东省千佛山医院集团无棣医院李新华教授主译, 福建医科大学附属协和医院薛蕴菁教授主译, 天津科技翻译出版有限公司出版的《CT 与 MRI 袖珍断层解剖图谱第 1 卷: 头颈部》(第 4 版)一书已于 2018 年 4 月出版, 并在全国发行。本书为断层解剖图谱, 包括头颈部断层解剖, 还包括脑部血管造影术, 每一层面都包括精确的断层解剖和对应的彩色插图, 左边页面为 CT/MR 图像, 右边页面为对应的彩色手绘解剖示意图。

《CT 与 MRI 袖珍断层解剖图谱第 1 卷: 头颈部》(第 4 版), 32 开, 平装, 铜版纸全四色印刷, 共 328 页, 定价 98 元。

邮购地址: 天津市南开区白堤路 244 号科贸大厦 B 座 6 楼

联系人: 姜晓婷 电话: 022-87892596

也可关注公众号“科翻图书出版”购买!

