

3.0T 心脏磁共振成像在冠心病的诊治进展

王美星, 秦中胜 (通讯作者)

(长治医学院, 山西 长治)

摘要: 心脏磁共振成像可以准确提供心脏解剖、功能、心肌灌注、心肌活性、室壁运动、心脏代谢和冠状动脉等信息。1.5T 冠状动脉 MRA 通常采用三维稳态进动脉冲序列 (SSFP), 具有一定的局限性, 而 3.0T MRI 在 FLASH 序列能有效克服 SSFP 的局限性, 其可采用自由呼吸法可显著提高图像的空间分辨率, 并可用于全心冠状动脉成像。未来的趋势是“一站式”诊断冠心病, 一次完成心脏室壁运动、形态、心肌活性与心肌灌注等扫描, 可术前评估冠脉临界狭窄心肌灌注及存活心肌, 对是否需要将其开通极为关键。3.0 T 心脏磁共振成像将在心脏疾病的诊疗中发挥重要作用。现重点综述 3.0 T 心脏磁共振成像在冠心病中的诊治进展。

关键词: 3.0T 核磁共振; 心脏成像; 冠心病

中图分类号: R816.2

文献标识码: A

DOI: 10.19613/j.cnki.1671-3141.2019.100.029

本文引用格式: 王美星. 3.0T 心脏磁共振成像在冠心病的诊治进展 [J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(100): 85-88.

Progress of Application of 3.0T Magnetic Resonance Imaging in Coronary Heart Disease

WANG Mei xing, QIN Zhong-sheng*

(Jincheng People's Hospital Affiliated to Changzhi Medical College, Changzhi Shanxi)

ABSTRACT: Cardiac nuclear magnetic resonance imaging can accurately provide cardiac anatomy, function, myocardial perfusion, myocardial activity, ventricular wall motion, cardiac metabolism and coronary artery information. 1.5T coronary artery MRA usually uses three-dimensional steady-state entry artery impulse sequence (SSFP), has some limitations, while 3.0T MRI in FLASH sequence can effectively overcome the limitations of SSFP. The free breathing method can significantly improve the spatial resolution of the image, and can be used for whole heart coronary artery imaging. The future trend is “one-stop” diagnosis of coronary heart disease, one-time completion of cardiac wall motion, morphology, myocardial activity and myocardial perfusion, preoperative evaluation of coronary critical stenosis myocardial perfusion and viable myocardium, whether it is necessary to open it is very important. 3.0 T cardiac MRI will play an important role in the diagnosis of heart disease. This paper focuses on the progress of 3.0 T cardiac MRI in the diagnosis and treatment of coronary heart disease.

KEY WORDS: 3.0T MRI; Cardiac imaging; Coronary heart disease.

0 引言

冠状动脉粥样硬化性心脏病 (coronary atherosclerotic heart disease) 指冠状动脉发生粥样硬化引起管腔狭窄或闭塞, 导致心肌缺血缺氧或坏死而引起的心脏病, 简称冠心病 (coronary heart disease, CHD), 也称缺血性心脏病 (ischemic heart disease)。近年冠心病根据其发病特点和治疗原则不同分为慢性冠脉病 (也称慢性心肌缺血综合征) 和急性冠脉综合征。有数据表示, 近 30 年来, 我国的冠心病患者发病率与死亡率不断增高, 严重威胁到患者的生命^[1]。该疾病的早期发现与治疗对于改善病人的生活质量和提高生存率有重要意义^[2], 因此早期诊断对于疾病的治疗具有重要临床意义。

最近, 马恒^[3]等报道了应用 3.0T MR “一站式”诊断冠心病的可行性, 一次检查能够获得心肌灌注、冠状动脉及心肌活性等信息。该研究是在 3.0T 全身临床扫描仪 (Magnetom Tim Trio, Siemens Healthcare, Erlangen, 德国) 上进行的, 该扫描仪配备了 12 个元件的心脏线圈, 表明“一站式”心脏 MRI 程序包括四个主要方案, 按如下顺序执行: ①电影成像, 用于评估左心室功能; ②腺苷钆首过成像, 用于评估应力灌注; ③冠状动脉 MRA, 用于评估冠状动脉解剖; ④延迟增强 MRI, 用于评估心肌梗死。而在冠心病患者中, 关于是否需要冠脉介入或旁路手术的临床决策基于对冠状动脉解剖的评估, 并且理想地与对疾病的血流动力学意义的评估相

结合, 进而可以术前评估冠脉临界狭窄心肌灌注及存活心肌, 对指导临床治疗意义非凡^[4]。

1 MR 在冠心病诊断中的应用

1.1 MR 在急性冠脉综合征中的应用

1.1.1 冠脉造影结果阳性的急性冠脉综合征: X 射线冠状动脉造影是目前评价冠状动脉病变的金标准, 但由于它是一种侵入性操作, 因此存在并发症的风险。然而, 磁共振成像技术是非侵入性和无辐射的。1987 年首次报道了使用心电图 (ECG) 门控 MR 成像评估冠状动脉的能力, 表明其对急性冠脉综合征的诊断有一定的意义。随后几年间, 有些学者不断对其诊断价值进行研究, 例如 2007 年即有学者, 通过获取 131 例患者在自由呼吸状态下覆盖全心的三维冠状动脉 MR 血管造影图像 (平均检查时间为 $12.9 \pm 4.3 \text{min}$), 在基于患者的分析中, MR 血管造影的灵敏性、特异性、阳性和阴性预测值以及准确度分别为 82%、90%、88%、86%、87%, 表明全心冠状动脉 MR 血管造影可无创性检出直径大于 2 mm 的冠状动脉节段的显著狭窄, 具有中度灵敏性和高特异性^[5]。近年来, 使用 3.0T MRI (32 通道线圈), 以 CAG 检查结果为金标准, 对 110 名急性冠脉综合征患者的研究报告中显示每段冠脉病变的敏感性为 85.1% 和特异性为 91.8%^[6]。

综合以上表明, 冠脉核磁在判断冠脉狭窄程度中与 CAG 具有良好的一致性。在心肌梗死患者中, 炎症活动和斑块负荷被确定为易损动脉粥样硬化斑块的关键特征, 因此, 在一

次扫描中联合评估两个不同的斑块特征有可能改善有心肌梗死或卒中风险的患者的治疗策略,而这两者都可以通过分子MRI技术可视化^[7],说明MR在冠心病的诊疗中具有重要意义。

1.1.2 冠脉造影结果阴性的急性冠脉综合征:在临床工作中,对于急性心肌梗死患者,冠状动脉造影显示有90%可见冠状动脉管腔明显狭窄,仍有10%者未见冠状动脉明显阻塞或狭窄<50%,这部分称为冠状动脉非阻塞型心肌梗死(myocardial infarction with non-obstructive coronary arteries, MINOCA)^[8-10]。长期以来一直认为MINOCA预后良好,但近几年随访研究中发现,这些患者生存率和冠脉阻塞急性心肌梗死患者相似,也会有不良的心血管事件发生^[9]。因此,对MINOCA寻找潜在的发病原因,进行早期干预同样重要。此时MR的对心脏的“一站式”检查具有明显优势。近年多家研究中心总结了MINOCA发病原因,心肌炎占大多数,AMI排第二,Takatsubo心肌病第三,正常表现约10%^[11-13]。Lurz等^[14]研究发现,经心肌活检确诊的心肌炎中有79%可被CMR确诊,证明了磁共振在心肌炎诊断中的价值。CMR不仅能显示形态学上的变化,最重要是能直观评价心肌梗死的面积节段数,而心肌梗死面积、累计节段数目、透壁程度是影响心室重构的重要因素,可以发现坏死的心肌,可以对心肌炎、应激性心肌病进行诊断^[15]。在临床环境中,传统的冠脉血管造影技术用于评估冠状动脉管腔狭窄程度。尽管血管造影技术是诊断金标准,但越来越多的证据表明,动脉粥样硬化斑块的介入治疗与最高程度的狭窄相关,并不能改善所有患者的预后^[16]。而心脏核磁(CMR)检查和超声评估心脏结构和收缩功能上有较好的相关性,并且CMR使用的是simpson方法,其是公认的测定左心室功能相对最准确的方法,可以更好地评价右心功能^[17]。通过MR灌注成像检测CAD对心内膜下层缺血最敏感,其所提出的MR灌注方法对于PET定义的CFR降低患者的检测敏感性和特异性分别为91%和94%。此外,MR评估的受损心肌数量与PET测量结果非常一致^[4]。所以说针对冠脉造影结果阴性的患者,完善MR检查(包括心脏结构、功能、缺血、坏死、组织学特性进行全方位、立体的一站式服务),可以更好的对疾病的诊断和评估提出合理的客观依据,具有重要的临床意义。

1.2 1MR在慢性冠脉病诊断中的应用:疑似冠心病且有慢性心肌缺血症状的患者,可能为稳定型心绞痛、血管痉挛性心绞痛、心肌桥、X综合征等冠状动脉疾病的其他表现形式。目前,冠状动脉血管造影(CAG)是诊断冠心病的金标准,但CAG毕竟是有一定风险性的有创性操作,据有关研究在CAG检查的患者中仅有28%需要行介入治疗,其余72%的患者冠状动脉正常或其病变不适于介入治疗^[18]。由此可见,慢性心肌缺血患者可能属于后者,即使行冠脉造影后,也不需要行介入治疗,还有可能冠脉造影为阴性,无法解释患者日常出现胸闷、胸痛等慢性缺血症状。

1.2.1 慢性稳定型心绞痛:对稳定型心绞痛患者的护理管理基于风险因素的减少,指南指导的药物治疗,以及那些有持续症状或已证实的缺血的患者的血运重建。在有冠状动脉病变危险因素的症状性患者中,两种策略主要用于建立诊断和

指导护理管理:第一种使用有创血管造影可视化冠状动脉疾病的存在和分布,并通过评估分段性血流储备(FFR)来指导后续血运重建的需要;第二种使用非侵入性功能负荷试验,然后在阳性测试的患者中进行有创血管造影和血运重建。国际指南对非侵入性检查的建议不同。然而一致认为,除非涉及到左冠状动脉主干,否则血运重建应以ischemia试验为指导。最近一项研究表明,在稳定型心绞痛患者中,通常使用两种策略来指导血运重建:一种涉及心肌灌注心血管磁共振成像(MRI),另一种涉及侵入性血管造影和分数血流再服务(FFR)的测量。在心血管MRI组的454例患者中共有184例(40.5%),在FFR组的464例患者中有213例(45.9%)符合建议血运重建的标准($P=0.11$)。在心血管磁共振成像组中,接受指数血运重建术的患者少于FFR组(162[35.7%] vs. 209[45.0%], $P=0.005$)。主要结果发生在心血管磁共振成像组421名患者中的15名(3.6%)和FFR组430名患者中的16名(3.7%)(风险差异, -0.2个百分点;95%置信区间, -2.7%到2.4%),结果满足非劣等性阈值。12个月时心绞痛消失的百分率在两组之间无显著差异(心血管MRI组49.2%, FFR组43.8%, $P=0.21$)^[19]。3.0T增强全心磁共振血管造影不仅可以可靠地检测心肌梗死非阻塞性冠状动脉病变,而且可以识别和量化心肌梗死的体积。对于不能克服较长扫描时间或不能保持呼吸的患者,这种技术可以被认为是首选的方法,而不是用延迟增强磁共振成像来检测梗死的心肌^[20]。

1.2.2 血管痉挛性心绞痛:冠状动脉痉挛(CAS)是指冠状动脉因舒缩功能异常出现血管部分或完全堵塞的病理生理状态,它可引起心肌缺血、心肌梗死、心律失常、晕厥,甚至猝死。因而,临床上提高对CAS精准认识与及时诊治十分重要。临床症状是诊断CAS的主要手段,即发生在静息状态下如午夜及凌晨的心绞痛症状。对于症状隐匿的CAS患者,诊断需要借助辅助检查。但CAS发作后心电图可迅速恢复至正常,临床较难捕捉到发作时的心电图,而创伤性药物激发试验是目前诊断CAS敏感性和特异性最高的方法^[21]。约有75%的CAS患者症状隐匿,只能通过激发试验确诊^[22],且激发试验阳性的患者预后较差^[23]。但激发试验的研究中曾发生其他严重的不良事件,如心律失常、冠脉夹层、心肌梗死和休克,故激发试验很少用于临床,还需要进一步探索更安全有效的无创性诊断方法。有研究发现核素灌注心肌显像的负荷试验中,反向再分布是CAS的显著特征,即表现为患者静息状态下存在灌注缺损,而负荷显像时灌注恢复正常或有所改善。然而,该方法存在衰减伪影,并使患者暴露于放射^[4]。此时CMRA具有无创性、无辐射、任意层面成像等优势,对比增强、延迟灌注增强、改良采集技术等成像方法,可以实现心脏解剖、心肌缺血等评估,临床价值得到肯定。所以针对CAS的MRA诊断探究具有一定的意义。

1.2.3 心肌桥:冠状动脉及其分支通常走行于心包膜下方,但有时会以不同的深度在心肌纤维之间走行,然后重新出现在心脏表面,而在心肌纤维内走行的动脉被称为壁冠状动脉,其上的心肌和纤维组织称为心肌桥(MB)。以往被认为是良性变异而无异常临床症状,但近年来很多报道指出其也会导致冠状动脉血管的痉挛和血栓形成^[24]。而MB检出率在尸

检上为 4.7% - 60.0%，CT 冠状动脉造影 (CTA) 为 3.5% - 58%，冠脉造影术 (CAG) 最低仅为 0.4% - 15.8%^[25]。冠状动脉磁共振血管成像 (CMRA) 对于检测显著的近端狭窄有中高度的敏感性^[26]。近年来，预饱和技术的冠脉成像已被多次应用，此技术使血流变为黑色，而周围组织为高信号，以此增加对比度利于观察，该技术被证明了对于粥样硬化评估有重要价值^[27]。但成像时间较长、空间分辨率不高，更难量化分析冠脉狭窄情况，对于冠状动脉心肌桥的检出和诊断仍是一项难题，但其仍为研究的热点，将来可以更好的实现它的临床价值。

1.2.4 X 综合征：心电图、生物学标志物、超声心动图、冠脉造影术均为目前临床上重要的评估手段，可以对冠心病患者进行筛查和危险分层。但在临床上会出现疑似冠心病的患者，心电图有异常表现而冠状动脉造影无异常发现，即心脏 X 综合征。对此类患者的诊断和评估，在临床上需要寻找一种新的检查方法可以为疾病的诊断和评估提出合理的客观依据，具有非常重要的临床意义。普遍认为大多数 CSX 患者的主要特征是冠状动脉血流储备能力下降和微血管功能障碍^[28]。而 CMR 是心脏检查方法之一，可以对心脏结构、功能、缺血、坏死、组织学特性进行全方位、立体的一站式服务。相比超声心动图^[29]，CMR 对早期冠脉粥样硬化斑块形成及冠状动脉血流储备能力的评估相对更有价值。CMR 可以为 ECG 异常、CAG 正常的疑似冠心病患者提供诊断和评估的价值，是目前常规检查的一个很好补充。

2 MR 在冠心病中的治疗意义

大多数冠状动脉不稳定斑块并不引起有意义的狭窄，应用 CAG 并不能提供斑块的生物学特征，由于血管内超声和光学相干断层成像有创且价格昂贵，所以无创检查评估易损斑块有助于选择更激进的介入治疗以及监测治疗反应，应用特殊分子探针进行的 CMR 分子成像可以提供在体冠状动脉粥样斑块的细胞和分子水平的信息，包括冠状动脉内皮、巨噬细胞、细胞外基质、斑块内出血和血栓形成、蛋白水解酶、纤维及脂质成分等^[16]。而且韩国三星医学中心进行的针对 PCI 后 2 周内行核磁检查的临床研究^[30]，表明核磁检查是安全的且其能够有效检测心肌梗死范围，完成冠心病血运重建后的评估。目前还没有普及核磁引导下的冠状动脉介入手术，但已经有中心完成了先心病核磁引导下介入治疗、实时核磁引导下右心导管操作以及核磁介入的电生理消融术，联合使用耐受核磁的导丝、导管等器械，将来有望实现单独 MRI 引导下的冠心病介入治疗^[31]。

3 MR 在冠心病科研中的应用

Yuanbo Feng 等学者在研究大麻二酚对兔急性再灌注心肌梗死的药理作用的动物实验时，因为 3.0TcMRI 可非侵入性地提供关于心肌水肿的丰富的形态学信息，并且它揭示了 AMI、MVO 和心肌内出血的位置、穿透性和大小，其能评估全心冠脉管腔情况，故采用 3.0T 心脏磁共振成像和组织病理学共同评价，表明 3.0T 心脏磁共振正在逐渐应用科研研究^[32]。

4 MR 在冠心病诊疗中的局限性及潜在价值

目前，全心 CMRA 面临的主要挑战之一是长扫描时间和长时间扫描过程中运动不稳定造成的图像伪影。马恒等对 3.0T 核磁在心脏静脉显示的研究中^[13]，使用较高的并行成像

因子，采集时间缩短到 7.1 ± 2.2 分钟。通过 3.0T 成像和利用 32 通道相控阵列线圈，维持了有效的 SNR 和图像质量。较短的扫描时间有可能提高空间分辨率并减少在长扫描时间期间增加的运动不稳定性所造成的图像伪影，并指出其在冠状动脉显示中更有优势。总之，CMRA 具有无创性、无辐射、任意层面成像等优势，对比增强、延迟灌注增强、改良采集技术等成像方法，可以实冠状动脉磁共振血管成像 (CMRA) 对冠状动脉解剖结构进行无创评估，而不会使患者暴露于辐射，该检查与 CCTA 不同，无需造影剂，但易受血管管腔细小、呼吸和心跳运动影响，以及心包膜脂质信号影响，CMRA 虽然还多处于前瞻性研究，但日后会具有较好的临床价值。

参考文献

- [1] Shinbane J S, Starnes V, Cleveland J, et al. Anomalous Origin of the Left Coronary Artery From the Pulmonary Artery (ALCAPA): CCTA Demonstration of Anatomy Relevant to Adult Ischemic Cardiomyopathy Presentation and Utilization of Images for Virtual Surgical Planning [J]. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*, 2018, 9(3): 347-349.
- [2] DENG Dan, LI Chunping. The progress of coronary magnetic resonance imaging [J]. *International Journal of Medical Radiology* 2013, 36(5): 453-455.
- [3] Ma H, Liu J, Wang B, et al. "One-stop-shop" cardiac MRI at 3.0T for the detection of coronary artery disease [J]. *Int J Cardiol*, 2012, 160: e21-e22.
- [4] AJ. Schwitter, MD; D. Nanz, PhD. Assessment of Myocardial Perfusion in Coronary Artery Disease by Magnetic Resonance [J]. *Circulation*, 2001, 2230-2235.
- [5] Sakuma H, Ichikawa Y. Detection of Coronary Artery Stenosis With Whole-Heart Coronary Magnetic Resonance Angiography [J]. *Cardiology*, 2007, 3(4): 56-57.
- [6] Yusuke Namba, MD, Soichiro Fuke, 1MD. Diagnostic Accuracy of Three Different Protocols for 3.0T Coronary Magnetic Resonance Angiography [J]. *Int J Clinical Studies*, 2016, 57: 535-540.
- [7] Demeure, F. et al. Response by Demeure et al. to Letter Regarding Article, "Head-to-Head Comparison of Inflammation and Neovascularization in Human Carotid Plaques: Implications for the Imaging of Vulnerable Plaques" [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 10(2017).
- [8] Alpert JS, Serpytis R, Serpytis P, et al. Myocardial infarction with nonobstructive coronary arteries (MINOCA) [J]. *Am J Med*, 2019, 132(3): 267-268.
- [9] Poku N, Noble S. Myocardial infarction with nonobstructive coronary arteries (MINOCA): a whole new ball game [J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2017, 15(1): 7-14.
- [10] Camastra G, Sbarbati S, Danti M, et al. Cardiac magnetic resonance in patients with acute cardiac injury and unobstructed coronary arteries [J]. *World J Radiol*, 2017, 9(6): 280-286.
- [11] Tornvall P, Gerbaud E, Behaghel A, et al. Myocarditis or "true" infarction by cardiac magnetic resonance in patients with a clinical diagnosis of myocardial infarction without obstructive coronary disease: A meta-analysis of individual

- patient data[J].*Atherosclerosis*,2015,241(1):87–91.
- [12] Collste O,Sörensson P,Frick M,et al.Myocardial infarction with normal coronary arteries is common and associated with normal findings on cardiovascular magnetic resonance imaging:Results from the Stockholm Myocardial Infarction with Normal Coronaries study[J].*J Intern Med*,2013,273(2):189–196.
- [13] Dastidar AG,Rodrigues JC,Ahmed N,et al.The role of cardiac MRI in patients with troponin-positive chest pain and unobstructed coronary arteries[J].*Curr Cardiovasc Imaging Rep*,2015,8(8):28–30.
- [14] Lurz P,Eitel I,Adam J,et al.Diagnostic performance of CMR imaging compared with EMB in patients with suspected myocarditis[J].*J Am Coll Cardiol*,2012,5(5):513–524.
- [15] Tamis-Holland JE,Jneid H.Myocardial infarction with nonobstructive coronary arteries:It's time to face reality[J].*J Am Heart Assoc*,2018,7(13):635–641.
- [16] Reimann Carolin,Brangsch Julia,Kaufmann Jan O et al.Dual-probe molecular MRI for the in vivo characterization of atherosclerosis in a mouse model:Simultaneous assessment of plaque inflammation and extracellular-matrix remodeling[J].*Scientific Reports*,2019,9:13827(1–10).
- [17] Hundley WG,Bluemke DA,Finn JP,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*,2010,55:2614–2662.
- [18] Nasr-Esfahani E,Samavi S,Karimi N,Soroushmehr SM,Ward K,Jafari MH,et al.Vessel extraction in X-ray angiograms using deep learning[J].*Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*.2016:643–646.
- [19] Eike Nagef,M.D.,John P.Greenwood,M.D.Magnetic Resonance Perfusion or Fractional Flow Reserve in Coronary Disease. [J] *The new england journal of medicine*,2019,380:2418–28.
- [20] Zhiyong Chen,MDa,Bin Sun,MD,3.0T Contrast-enhanced whole-heart coronary magnetic resonance angiography for simultaneous coronary artery angiography and myocardial viability in chronic myocardial infarction [J]. *Diagnostic Accuracy Study*..2018:1–9
- [21] Hung MJ,Hu P,Hung MY.Coronary artery spasm:review and update[J].*Intern J Med Sci*,2014; 11(11):1161–71.
- [22] Kawana A,Takahashi J,Takagi Y,et al.Gender differences in the clinical characteristics and outcomes of patients with vasospastic angina—report from the Japanese Coronary Spasm Association[J].*Circ J*,2013;77(5):1267–74.
- [23] Shin DI,Baek SH,Her SH,et al.The 24-month prognosis of patients with positive or intermediate results in the intracoronary ergonovine provocation test[J].*JACC Cardiovasc Intervent*,2015,8(7):914–23.
- [24] Ciampicotti R,El Gamal M.Vasospastic coronary occlusion associated with a myocardial bridge [J].*Cathet Cardiovasc Diagn*,1988,14(2):118–120.
- [25] Dianas P,Roussakis A,Ioannidis J.Diagnostic performance of coronary magnetic resonance angiography as compared against conventional X-ray angiography:a meta-analysis [J].*J Am Coll Cardiol*,2004,44(9):1867–1876.
- [26] Malayeri A,Macedo R,Li D,et al.Coronary vessel wall evaluation by magnetic resonance imaging in the multi-ethnic study of atherosclerosis:determinants of image quality [J].*Journal of Computer Assisted Tomography*,2009,33(1):1–7.
- [27] Ishikawa Y,Kawawa Y,Kohda E,et al.Significance of the anatomical properties of a myocardial bridge in coronary heart disease [J].*Circ J*,2011,75(7):1559–1566.
- [28] Lanza GA,Crea F.Primary coronary microvascular dysfunction:clinical presentation,athophysiology,and management [J].*Circulation*,2010,121(21):2317–2325.
- [29] Karamitsos TD,Francis JM,Myerson S,et al.The Role of Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging in Heart Failure[J].*Am Coll Cardiol*,2009,54:1407–1424.
- [30] Kim EK,Gwon HC,Hahn JY,et al.Effects of high-dose atorvastatin pretreatment in patients with ST-segment elevation myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention:a cardiac magnetic resonance study[J].*J Korean Med Sci*,2015,30(4):435–441.
- [31] Sonmez M,Saikus CE,Kocaturk O,et al.MRI active guidewire with an embedded temperature probe and providing a distinct tip signal to enhance clinical safety[J].*J Cardiovasc Magn Reson*,2012,14(6):1–10.
- [32] Yuanbo Feng MD,PhD; Feng Chen MD,PhD.Pharmacologic effects of cannabidiol on acute reperfused myocardial infarction in rabbits:evaluated with 3.0T cardiac magnetic resonance imaging and histopathology[J]. *Journal of Cardiovascular Pharmacology Publish Ahead of Print*,2015,10(1097):1–37.
- [33] Heng Ma ,Qing Tang ,Qi Yang ,Contrast-enhanced whole-heart coronary MRA at 3.0T for the evaluation of cardiac venous anatomy[J].*Int J Cardiovasc Imaging* ,2011,27:1003–1009.