



· 指南与共识 ·

缺血性卒中患者心脏磁共振检查专家共识

■ 中国卒中学会医学影像分会, 中国研究型医院学会磁共振专业委员会, 云南省卒中学会

基金项目

云南省科技厅重点研发计划 (心脑血管)
(202203AC10007)
云南省科技人才与平台
(202305AF150033)
云南省科技厅科技计划项目 (202201AY070001-097)

通信作者单位

昆明 650101
昆明医科大学第二附属医院放射科 (赵新湘)
中国医学科学院阜外医院磁共振科 (陆敏杰)
昆明医科大学第二附属医院神经外科 (蒲军)
郑州大学第一附属医院磁共振科 (程敬亮)

通信作者

赵新湘
zhaoxinxiang06@126.com
陆敏杰
coolkan@163.com
蒲军
1371001307@qq.com
程敬亮
fccchengjl@zzu.edu.cn

【摘要】 卒中是我国居民致死、致残的首要原因, 缺血性卒中 (ischemic stroke, IS) 约占卒中患者的70%。在IS中, 心源性栓塞性卒中和来源不明的栓塞性卒中分别占20%~30%和30%~40%。心脏磁共振 (cardiac magnetic resonance, CMR) 检查作为一种重要的补充检查手段, 不仅有助于IS病因的确认, 还可以揭示IS新的发病机制。本文阐述了IS患者CMR检查的必要性、CMR检查技术的价值及在IS患者中的应用适应证, 并推荐了IS患者的CMR检查流程, 以便更好地为IS的病因诊断、治疗及二级预防提供帮助。

【关键词】 缺血性卒中; 心脏磁共振; 来源不明的栓塞性卒中; 隐匿性心肌病; 风险分层

【中图分类号】 R74

【DOI】 10.3969/j.issn.1673-5765.2024.10.012

Consensus of Experts on the Application of Cardiac Magnetic Resonance in Patients with Ischemic Stroke

Medical Imaging Society of Chinese Stroke Association; Society of Magnetic Resonance, Chinese Research Hospital Association; Yunnan Stroke Association. Department of Radiology, The Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650101, China (ZHAO Xinxiang); Department of Magnetic Resonance, Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Science, Beijing 100037, China (LU Minjie); Department of Neurosurgery, The Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650101, China (PU Jun); Department of Magnetic Resonance, The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China (CHENG Jingliang)

Corresponding Author: ZHAO Xinxiang, E-mail: zhaoxinxiang06@126.com

LU Minjie, E-mail: coolkan@163.com

PU Jun, E-mail: 1371001307@qq.com

CHENG Jingliang, E-mail: fccchengjl@zzu.edu.cn

【Abstract】 Stroke is the leading cause of death and disability in Chinese residents, with ischemic stroke (IS) accounting for approximately 70% of stroke patients. In IS, cardioembolic stroke and embolic stroke of undetermined source account for 20%-30% and 30%-40%, respectively. Cardiac magnetic resonance (CMR) examination is an important adjunctive diagnostic tool, facilitating the identification of IS etiology while also revealing the novel pathogenesis. This article discussed the necessity of CMR examination in IS patients, the value of CMR examination techniques, and the indications for its application in IS patients. It also recommended the procedure of CMR examination for IS patients to provide better help for the diagnosis, treatment, and secondary prevention of IS.

【Key Words】 Ischemic stroke; Cardiac magnetic resonance; Embolic stroke of undetermined source; Occult cardiomyopathy; Risk stratification

缺血性卒中 (ischemic stroke, IS) 已成为全世界具有高死亡率和残疾率的主要疾病。中国是世界上卒中负担最重的国家, 其中 IS 高达70%^[1]。此外, 流行病学数据显示年轻人 (18~50岁) 中IS的发病率大幅增加^[2]。在IS患者中, 心源性栓塞性卒中和来源不明的栓塞

性卒中 (embolic stroke of undetermined source, ESUS) 分别占IS患者的20%~30%和30%~40%。经胸超声心动图 (transthoracic echocardiography, TTE) 是上述两类卒中首选的心脏影像检查,但由于TTE分辨率低、视野有限,且检查结果因患者身体条件及操作者的个人经验等因素导致误差较大。心脏磁共振 (cardiac magnetic resonance, CMR) 成像因具有较高的时间和空间分辨率,可一站式评估心脏的结构、功能及血流变化,且晚期钆增强 (late gadolinium enhancement, LGE) 可准确显示心肌组织瘢痕或纤维化浸润程度,加上心肌mapping组织特征成像优势,目前已经成为TTE检查的重要补充手段,对IS患者的诊断、治疗及二级预防具有重大意义^[3]。本专家共识综合目前研究结果提出基于IS诊断和管理策略的CMR检查评估方案。

1 IS病因分类与CMR检查的必要性

IS病因学分类主要有1993年提出的急性卒中TOAST分型和我国学者提出的中国IS亚型分型,目前临床更多采用TOSAT分型。TOAST分型将IS分为5种类型:①大动脉粥样硬化:定义为颅内、外大动脉粥样硬化,且狭窄程度>50%,但应排除心源性栓塞。大动脉粥样硬化主要与传统危险因素(高血压、吸烟、饮酒、高血脂及肥胖等因素)有关。②小血管闭塞:主要指穿支动脉(直径200~300 μm)或其他远端微动脉(直径<50 μm)闭塞,常见的病理生理改变包括小动脉粥样硬化、脂质透明变性、纤维素样坏死,其他疾病如遗传性脑小血管疾病、散发性脑小血管疾病等。③其他明确原因卒中:如颈动脉夹层、脑动脉夹层、烟雾病、纤维肌性发育不良、中枢神经系统血管炎等。④心源性栓塞:主要是心脏来源栓子所致卒中,如心房颤动 (atrial fibrillation, AF)、左心房 (left atrium, LA) 或左心耳附壁血栓、左心室血栓、扩张型心肌病 (dilated cardiomyopathy,

DCM)、人工心脏瓣膜、风湿性心脏病、心内膜炎(感染性、非感染性)、心房黏液瘤或其他心脏肿瘤等。心源性栓塞在年轻患者中更为常见。⑤隐源性卒中:尽管做了充分的检查,仍有30%~40%的患者病因不明。由于“隐源性卒中”一词存在争议,隐源性卒中/ESUS国际工作组于2014年将其修改为“来源不明的栓塞性卒中 (embolic stroke of undetermined source, ESUS)”,强调大多数隐源性卒中的病因来源为“栓塞”。一项研究显示心源性栓塞占ESUS的44%^[4],由此可见,既往认为的小风险心源性栓塞可能是ESUS的栓塞来源^[5-12](表1)。此外,一些TTE难以识别、易于漏诊的心肌病,被称为隐匿性心肌病,如心尖肥厚型心肌病、心肌致密化不全、心肌淀粉样变性、Takotsubo心肌病等,这些隐匿性心肌病也是ESUS的来源。

识别IS的病因对患者的治疗及二级预防具有重要临床意义。大多数IS患者可以通过病史、实验室检查、心电图及TTE识别栓子来源,但仍有20%~40%的患者病因不确定^[13]。因此,2018年Yang等^[14]提出,如果TTE不能明确病因或者发现了可能会改变治疗方式的疾病需要进一步明确诊断时,CMR或心脏计算机断层成像 (cardiac computed tomography, CCT) 应该作为第二步心脏成像方式。相对于CCT,CMR在心脏结构功能和心肌组织特征的显示上更具优势,目前已被广泛运用于各种心脏疾病的临

表1 缺血性卒中小风险潜在心源性栓塞来源
Table 1 Small risk potential sources of cardiac embolism for ischemic stroke

来源	疾病
二尖瓣	机械性瓣膜病伴脱垂, 二尖瓣环状钙化
主动脉瓣	主动脉瓣狭窄, 非狭窄性动脉斑块
左心房	左房间隔囊袋, 心房心肌病
左心室	局部室壁运动异常, 心肌病 (肥厚型心肌病、左室心肌致密化不全、Takotsubo心肌病、限制性心肌病), 心内膜心肌纤维化 (心内膜炎)
右心室	致心律失常性右室心肌病
颈动脉	非狭窄性动脉斑块



床诊断。CMR目前已成为诊断左心室血栓的最佳成像方式,是评估不可逆心肌病变及瘢痕的金标准,可识别TTE不能诊断的隐匿性心肌病,如心肌淀粉样变性、心肌致密化不全及致心律失常性右室心肌病 (arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy, ARVC) 等^[15]。

IS患者进行CMR检查的必要性有以下几点^[3, 16-17]: ①作为TTE的重要补充成像方式,识别ESUS可能的栓子来源,揭示新的心源性栓塞性卒中机制;②发现需要立即改变治疗方案的疾病,如心内膜炎;③提高心肌梗死 (myocardial infarction, MI) 患者的风险分层和二级预防。

2 CMR成像技术的应用价值

随着CMR图像采集速度的加快以及图像分析软件功能的完善,CMR已被广泛运用于评估心室的结构和功能、心肌组织特征、心肌灌注、冠状动脉微血管功能等。与其他心脏成像相比,CMR组织特征成像可达到心肌病理影像化,已成为心肌疾病鉴别的理想检查手段。心脏注入对比剂后获得首过灌注及LGE图像,可观察心肌微循环以及有无不可逆性心肌损伤。心脏电影序列结合LGE是最常用的CMR检查手段,两者结合能对多种心肌疾病进行诊断和鉴别,结合心肌mapping定量技术可判断细微的组织结构改变^[18]。

CMR的mapping定量技术目前已广泛运用于心脏疾病的诊断,包括T₁-mapping、T₂-mapping、T₂^{*}-mapping及细胞外体积分数 (extracellular volume fraction, ECV) 值,可用于心肌弥漫性纤维化、脂质沉积、心肌水肿及铁沉积的量化研究^[19]。基于心脏电影序列的CMR特征追踪技术作为一种心肌应变后处理分析技术,在左心室射血分数降低之前,即可检测到心肌的形变情况,还能定量反映局部心肌的功能异常,且无须使用对比剂,对心脏疾病的早期治疗具有重要指导意义。此外,心

肌机械离散为应变的衍生参数,可更细微地反映心肌微观结构和电生理的改变,有助于对心肌疾病引起的心律失常等主要不良心血管事件风险进行分层;基于LGE的纹理分析参数——熵是评估心肌异质性的新方法,可以揭示丰富的心肌组织特征,与LGE、ECV、初始T₁值相比,熵可更全面地评估左心室异质性。最新研究显示,左心室熵对心肌病[肥厚型心肌病 (hypertrophic cardiomyopathy, HCM)、左室心肌致密化不全 (left ventricular non-compaction, LVNC)]患者主要心脏不良事件的预测能力明显高于传统的左心室射血分数^[20-21]。此外,CMR其他技术如脂质定量、磁共振弥散张量成像、4D-flow及MRI指纹技术等也在不断发展。

3 CMR识别ESUS可能的栓子来源及其对临床的指导

IS的发病机制主要是栓子栓塞,其中动脉源性栓子最常见 (占60%~70%),其次是心源性栓子和反常栓子。心源性栓子主要见于心肌病、先天性心脏病 (如卵圆孔未闭)、冠心病 (如MI后附壁血栓)、瓣膜病[如感染性心内膜炎 (infective endocarditis, IE)]等疾病继发的血栓形成。

3.1 在隐匿性心肌病相关ESUS中的应用

隐匿性心肌病是指超声心动图难以发现或易于漏诊的一类心肌病,如心尖肥厚型心肌病、心肌致密化不全、心肌淀粉样变性、Takotsubo心肌病等。TOAST分型中只强调了DCM是一种可能的卒中原因。但最新研究发现,HCM、Takotsubo心肌病、心肌淀粉样变性、心肌致密化不全、ARVC、限制性心肌病 (restrictive cardiomyopathy, RCM) 等心肌病也与IS相关^[10-12, 22-23]。HCM是一种以左心室心肌肥厚为特征的遗传性心肌病,其中血栓栓塞 (包括IS和体循环栓塞) 是其死亡的主要原因之一。既往研究显示HCM患者AF的患病率明显增加,

而AF又显著增加了IS的发生风险^[24]。另一项研究发现不合并AF的HCM患者IS的发生率也很高,尤其是 ≥ 65 岁或合并慢性心力衰竭的患者^[11]。由此可见,HCM无论是否合并AF均可继发IS。LVNC典型组织学表现为异常增粗的肌小梁和深陷的隐窝,其常见的临床特征是左心功能不全和心室内血栓形成,导致IS发生。一项前瞻性研究发现LVNC与年轻人发生ESUS显著相关^[10],在不合并其他危险因素的情况下,IS仍是LVNC患者的并发症^[25-26]。最近一项荟萃分析得出LVNC患者发生血栓栓塞的风险与DCM患者相似^[27]。Takotsubo心肌病又称为应激综合征,特征是短暂的左心室局部收缩功能障碍,预后较好。Takotsubo心肌病患者因心功能降低、心尖球形样改变,易导致心尖部血栓形成^[28]。既往报道大约有3%的Takotsubo心肌病患者会继发为IS^[29]。心肌淀粉样变性由淀粉样蛋白沉积引起AF、心房血液淤积、心内膜功能受损等病理改变,进而导致心室内血栓形成,一项研究发现,即使是窦性心律,心脏淀粉样变性患者心内血栓形成和全身性栓塞的风险也会增加^[22]。此外,2020年欧洲心脏病学会调查结果发现RCM、ARVC会不同程度增加AF发生率,从而导致IS^[23],其中RCM继发AF的发生率最高,约为51.5%。

综上所述,这些隐匿性心脏病是ESUS的潜在病因。CMR是目前无创性诊断、评估心肌病的优选检查方法,与TTE相比,CMR在诊断隐匿性心脏病方面更具有优势^[28, 30]。多项研究显示CMR可发现TTE漏诊的隐匿性心脏病^[15]。在一项ARVC研究中,CMR能改变22%患者的诊断结果^[30]。因此,对于ESUS患者,即便超声心动图检查阴性,我们也推荐进一步进行CMR检查排除隐匿性心脏病的可能。

3.2 在心房结构和功能异常相关ESUS中的应用

欧洲心律学会联合美国心律协会、亚太心律学会和拉丁美洲心脏起搏与电生理协会共同

发布了关于心房心肌病 (atrial cardiomyopathy, ACM) 的定义,虽然ACM的概念是10年前提出的,但是并没有被临床广泛接受,近年来,ESUS与ACM的相关研究逐渐增加,AF与心源性栓塞性卒中的关系逐渐明确,但ACM、AF和心源性栓塞性卒中三者之间的关系仍然不清楚。

ACM是指“影响心房的结构、构建、收缩或电生理变化,并有可能产生临床相关症状”。2022年一项针对ACM机理的研究认为ACM可能是IS一个重要且被低估的因素。有研究报道ACM是约45%ESUS患者的潜在病因。一项大型随机对照试验发现口服抗凝治疗在ESUS患者中似乎都没有成效^[31],另一项研究以LA结构和功能标志物、血清标志物、心电图标志物指导治疗ESUS患者,显示出了明确的临床获益^[32],提示针对改善心房结构和功能的治疗有助于ESUS患者的管理。血栓形成需要符合3个标准,即血流瘀滞、内皮损伤和高凝状态。ACM患者伴心房增大、心肌收缩力下降、内皮功能障碍及纤维化^[33-34],可能是导致心房血栓形成的真正原因,而AF只是ACM的一个表型。最新研究也发现即使在没有AF的情况下,ACM也与IS风险增加相关^[35],特别是ESUS患者。此外,一项涉及7213例ESUS患者的研究也发现,ACM是ESUS患者最常见的潜在栓塞病因^[36]。越来越多的研究表明,ACM可能在血栓形成和ESUS中发挥着重要作用。

心房纤维化被认为是ACM的一个显著特征,CMR-LGE被认为是评估心房纤维化和梗死组织的标准影像技术。Ju等^[37]利用CMR-LGE评估心房纤维化,发现心房纤维化与房性心动过速或窦房结功能障碍相关,提示患者发生心源性卒中的风险显著增加。CMR可以显示TTE难以发现的心房纤维化,Fonseca等^[38]的研究显示,与其他明确原因卒中的患者相比,尽管ESUS患者的LA射血分数未见统计学差异,但具有更高的心房纤维化百分比,并且与AF患者的心房纤维化值类似。这些结果表明,



一些ESUS的LA表型可能介于其他明确原因卒中患者和AF患者之间,而心房纤维化可作为心房疾病最终恶化为AF的预测指标。以CMR量化的心房纤维化12%为截断值,高于截断值,IS风险显著增加^[39]。这也提示未来的临床研究可尝试将这些CMR影像作为抗凝治疗的预后判读标志物。

3.3 在心内膜炎相关ESUS中的应用

心内膜炎常累及心内膜、瓣叶和腱索,急性或亚急性发病,易导致心源性卒中。心电图不具有特异性,超声心动图也无法确诊。CMR具有独特的影像表征,是诊断IE及其并发症的有力影像工具,可以准确识别IE的存在、数量和大小。LGE-MRI心内膜下强化,代表血管结构内皮的炎症,有助于IE的诊断和治疗计划。

IE的年发病率为3~10/10万,死亡率高达15%~30%^[40]。有报道显示IS占IE神经系统并发症的74.5%^[41]。IE患者发生IS的主要机制可能涉及以下几个方面:①赘生物脱落引起脑动脉栓塞,导致脑组织缺血、坏死;②炎症因子促进动脉粥样硬化、斑块破裂及血栓事件的发生发展;③IE患者相关心脏瓣膜手术增加IS风险。IE并发IS患者的治疗与常规IS患者治疗方案明显不同^[42]。因此,正确诊断IE对于制订正确的治疗方案意义重大。

TTE是疑似IE的首选影像检查方式,但因其特征性不高,致漏诊率高。因此,对于临床怀疑IE患者,当血培养病原体和超声心动图检查均阴性时,我们推荐进一步进行CMR检查。CMR除可显示IE独特的影像表征外,还可以检测IE并发的瓣膜反流或狭窄、心室功能障碍、赘生物的位置和大小、脓肿及假性动脉瘤等病变,此外,CMR-LGE还能显示心内膜下和心肌炎症浸润程度^[16]。在一些特殊类型心内膜炎患者,CMR起着不可替代的作用,如Löffler's心内膜炎。Löffler's心内膜炎是一种以嗜酸性粒细胞增多伴血管炎为特征性疾病,常累及心脏或仅表现为心脏受累^[43],主要表现为心脏纤维

化和血栓形成。早期类固醇治疗可以明显改善Löffler's心内膜炎患者的左心室收缩功能,对其预后至关重要,一旦治疗延迟,患者5年病死率极高^[44]。CMR可准确地检测嗜酸性粒细胞介导的心脏损伤的所有阶段,包括早期心肌炎、心腔内血栓形成及心肌和心内膜纤维化等^[45],可确诊和评估Löffler's心内膜炎患者心脏受累程度并评估类固醇、免疫抑制剂疗效。

3.4 在IS合并MI患者风险分层和二级预防中的作用

心脑血管疾病具有相似的危险因素,且多种炎症指标和生化指标均相关,心血管疾病患者卒中发生率更高,心脑血管联合影像有助于提高IS合并MI患者的风险分层和二级预防,健康中国行动明确把心脑血管疾病同防同治作为2023—2030年实施方案。有MI病史的IS患者发生严重卒中、住院死亡等并发症的风险增加,需要研究这部分患者发病的潜在机制以改进和调整卒中治疗策略^[46]。

除此之外,CMR的应用有助于临床未被认知MI (unrecognized MI, UMI) 的发现和识别。UMI定义为疾病发生时无临床症状或体征,但在无血管重建术或MI病史的区域,通过相关检查(心电图、超声心动图及CMR)或在尸检中被确诊为MI,约占所有MI的1/3^[47]。Merkler等^[48]对925例同时做了心脏及头颅MRI的老年患者(67~93岁,平均年龄为75.9岁)进行评估,发现UMI患者比例高达33.3%。最近的研究证实UMI是IS危险因素。Merkler等^[48]的研究显示,在调整了性别、年龄等基线资料和血管危险因素后,UMI与IS及ESUS均具有相关性。尽管心电图和TTE是一种应用广泛、低风险、经济有效的评估冠状动脉疾病的检查方法,但对梗死面积较小、非透壁性、心尖部及心功能保留的MI患者检出率明显低于CMR。一项IS研究显示,CMR有助于发现漏诊的UMI患者,从而改变了患者的二级预防方案(患者接受了更高剂量的他汀类药物) ^[17]。因此,CMR检

查有利于改善IS患者的二级预防策略,减少栓塞及死亡事件发生。

3.5 在卒中-心脏综合征中的应用

卒中-心脏综合征指急性IS后新出现的一系列广泛心脏损害症状,其主要临床表现包括:①急性心肌损伤,主要表现为心脏生物标志物异常,如肌钙蛋白、脑钠肽升高;②急性冠脉综合征,包括I型和II型MI;③左心室功能障碍,包括Takotsubo心肌病;④心电图改变及心律失常;⑤神经源性心源性猝死。CMR有助于神经源性应激性心肌病/Takotsubo心肌病的诊断。CMR是鉴别Takotsubo心肌病、心肌炎或真性MI的关键诊断工具,CMR-LGE没有强化伴水肿和特定室壁运动异常是Takotsubo心肌病的标志。

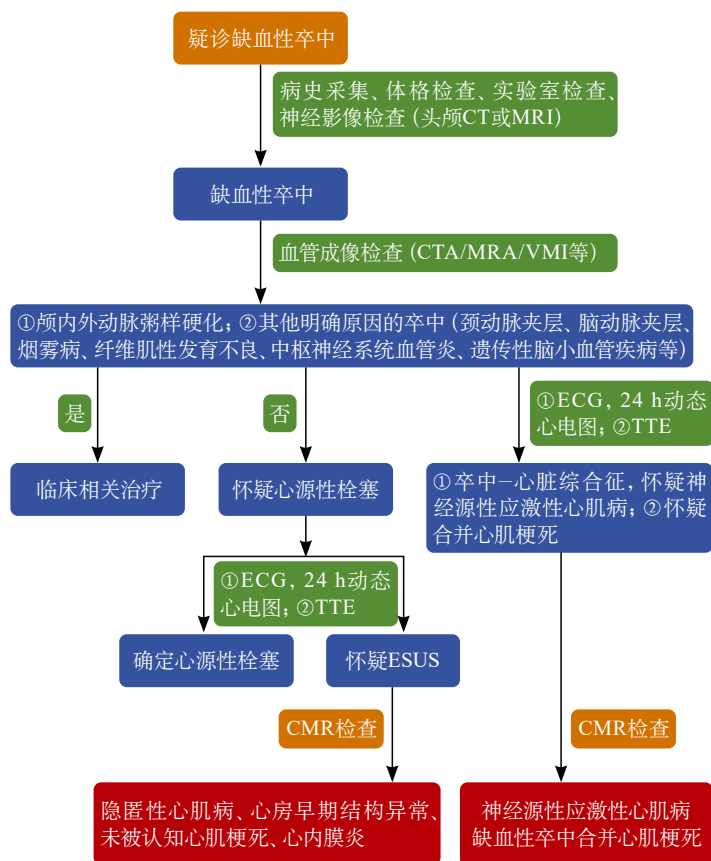
4 推荐检查流程

基于目前CMR在IS患者中的应用与发展,我们推荐了以下检查流程^[14](图1)。分为3步:首先是病史采集、体格检查、实验室检查、神经影像检查(头颅CT或MRI)及血管成像检查(CTA/MRA、MR壁血管成像)等,明确IS存在及可能的病因。怀疑心源性栓塞的患者,进入下一步检查流程,包括心电图、24 h动态心电图及TTE评估心脏疾病。依然不能明确病因(怀疑ESUS患者)或需要排除有无合并MI时,进入CMR检查流程,评估是否存在隐匿性心肌病、心房早期结构异常、UMI、心内膜炎、神经源性应激性心肌病等。

5 总结与展望

CMR作为IS患者TTE检查后的补充手段,不仅有助于明确ESUS可能的病因,包括隐匿性心肌病、心房早期结构异常、心内膜炎等,还有助于IS合并MI患者的风险分层和卒中后神经源性应激性心肌病的识别,因此,推荐CMR作为补充检查手段可指导IS患者的病因诊断、风险分层和管理策略。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。



VMI—磁共振血管壁成像; ECG—心电图; TTE—经胸超声心动图; ESUS—来源不明的栓塞性卒中; CMR—心脏磁共振。

图1 应用CMR检查缺血性卒中流程图

Figure 1 Flow chart of CMR examination of ischemic stroke

共识组织机构: 中国卒中学会医学影像分会, 中国研究型医院学会磁共振专业委员会, 云南省卒中学会

核心专家组成员 (以姓氏汉语拼音为序)

程敬亮 郑州大学第一附属医院

陆敏杰 中国医学科学院阜外医院

马运婷 昆明医科大学第二附属医院

蒲 军 昆明医科大学第二附属医院

冉云彩 郑州大学第一附属医院

王可颜 郑州大学第一附属医院

张文博 郑州大学第一附属医院

赵世华 中国医学科学院阜外医院

赵新湘 昆明医科大学第二附属医院



专家组成员 (以姓氏汉语拼音为序)

陈思颖 昆明医科大学第二附属医院
 陈秀玉 中国医学科学院阜外医院
 崔 辰 中国医学科学院阜外医院
 戴琳琳 中国医学科学院阜外医院
 郭应坤 四川大学华西第二医院
 兰 天 中国医学科学院阜外医院
 李静惠 中国医学科学院阜外医院
 孙 林 昆明医科大学第二附属医院
 孙家瑜 四川大学华西医院
 王 晋 昆明市延安医院
 吴连明 上海交通大学医学院附属仁济医院
 尹 刚 中国医学科学院阜外医院
 赵晓莹 昆明医科大学第二附属医院

执笔作者

马运婷 昆明医科大学第二附属医院
 赵新湘 昆明医科大学第二附属医院
 陆敏杰 中国医学科学院阜外医院

参考文献

- [1] WANG W Z, JING B, SUN H X, et al. Prevalence, incidence, and mortality of stroke in China: results from a nationwide population-based survey of 480 687 adults[J]. *Circulation*, 2017, 135 (8) : 759-771.
- [2] EKKER M S, BOOT E M, SINGHAL A B, et al. Epidemiology, aetiology, and management of ischaemic stroke in young adults[J]. *Lancet Neurol*, 2018, 17 (9) : 790-801.
- [3] CAMEN S, HAEUSLER K G, SCHNABEL R B. Cardiac imaging after ischemic stroke or transient ischemic attack[J/OL]. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2020, 20 (8) : 36[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1007/s11910-020-01053-3>.
- [4] KAMEL H, NAVI B B, PARIKH N S, et al. Machine learning prediction of stroke mechanism in embolic strokes of undetermined source[J/OL]. *Stroke*, 2020, 51 (9) : e203-e210[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.120.029305>.
- [5] KIM Y, KIM T J, LEE S H. Cardiac wall motion abnormality as a predictor for undetermined stroke with embolic lesion-pattern[J/OL]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2020, 191: 105677[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2020.105677>.
- [6] SAKAI Y, LEHMAN V T, EISENMENGER L B, et al. Vessel wall MR imaging of aortic arch, cervical carotid and intracranial arteries in patients with embolic stroke of undetermined source: a narrative review [J/OL]. *Front Neurol*, 2022, 13: 968390[2024-03-01]. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.968390>.
- [7] STEYAERT H, CASTRO RODRIGUEZ J, GAZAGNES M D, et al. Prevalence of left atrial septal pouch among patients with embolic stroke of undetermined source or stroke of known etiology: a retrospective study[J]. *J Transl Int Med*, 2022, 10 (1) : 48-55.
- [8] KARIKI O, VLACHOS K, DRAGASIS S, et al. Atrial cardiomyopathy: diagnosis, clinical implications and unresolved issues in anticoagulation therapy[J/OL]. *J Electrocardiol*, 2023, 76: 1-10[2024-03-10]. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2022.10.012>.
- [9] JOCHMANN S L, SIEVERING E M W, ERNST J, et al. Sex-specific risk factors of nonstenotic carotid plaque in embolic stroke of unknown source: a case-control study[J]. *Stroke*, 2024, 55 (2) : 296-300.
- [10] PÖYHÖNEN P, KUUSISTO J, JÄRVINEN V, et al. Left ventricular non-compaction as a potential source for cryptogenic ischemic stroke in the young: a case-control study[J/OL]. *PLoS One*, 2020, 15 (8) : e0237228[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237228>.
- [11] CHOI Y J, KIM B, RHEE T M, et al. Augmented risk of ischemic stroke in hypertrophic cardiomyopathy patients without documented atrial fibrillation[J/OL]. *Sci Rep*, 2022, 12 (1) : 15785[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19895-x>.
- [12] JABRI A, DETUCH Z, BUTT M U, et al. Independent risk factors for thromboembolic events in high-risk patients with Takotsubo cardiomyopathy [J/OL]. *Curr Probl Cardiol*, 2023, 48 (8) : 101242[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2022.101242>.
- [13] SCHNABEL R B, CAMEN S, KNEBEL F, et al. Expert opinion paper on cardiac imaging after ischemic stroke[J]. *Clin Res Cardiol*, 2021, 110 (7) : 938-958.
- [14] YANG H, NASSIF M, KHAIRY P, et al. Cardiac diagnostic work-up of ischaemic stroke[J]. *Eur Heart J*, 2018, 39 (20) : 1851-1860.
- [15] FONSECA A C, MARTO J P, PIMENTA D, et al. Undetermined stroke genesis and hidden cardiomyopathies determined by cardiac magnetic resonance[J/OL]. *Neurology*, 2020, 94 (1) : e107-e113[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000008698>.
- [16] MOSCATELLI S, LEO I, BIANCO F, et al. The role

- of multimodality imaging in patients with congenital heart disease and infective endocarditis[J/OL]. *Diagnostics (Basel)*, 2023, 13 (24) : 3638[2024-03-01]. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13243638>.
- [17] HAEUSLER K G, WOLLBOLDT C, BENTHEIM L Z, et al. Feasibility and diagnostic value of cardiovascular magnetic resonance imaging after acute ischemic stroke of undetermined origin[J]. *Stroke*, 2017, 48 (5) : 1241-1247.
- [18] 孙毅, 黄海华, 龙江涛. 心脏磁共振心肌灌注成像在冠心病患者冠状动脉病变及微循环梗阻中的临床应用价值[J]. *分子影像学杂志*, 2023, 46 (4) : 746-750. SUN Y, HUANG H H, LONG J T. Clinical value of cardiac magnetic resonance myocardial perfusion imaging in coronary artery lesion and microcirculation obstruction in coronary heart disease patients[J]. *Journal of Molecular Imaging*, 2023, 46 (4) : 746-750.
- [19] 尹刚, 董志翔, 杨新令, 等. 心脏MR T₁ρ定量技术在肥厚型心肌病心肌纤维化评估中的初步应用[J]. *中华放射学杂志*, 2023, 57 (10) : 1087-1093. YIN G, DONG Z X, YANG X L, et al. T₁ρ mapping for assessment of myocardial fibrosis in hypertrophic cardiomyopathy[J]. *Chin J Radiol*, 2023, 57 (10) : 1087-1093.
- [20] MA Y T, WANG L J, ZHAO X Y, et al. Can left ventricular entropy by cardiac magnetic resonance late gadolinium enhancement be a prognostic predictor in patients with left ventricular non-compaction? [J]. *Diagn Interv Radiol*, 2023, 29 (5) : 682-690.
- [21] ZHAO X Y, JIN F W, WANG J, et al. Entropy of left ventricular late gadolinium enhancement and its prognostic value in hypertrophic cardiomyopathy a new CMR assessment method[J/OL]. *Int J Cardiol*, 2023, 373 : 134-141[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2022.11.017>.
- [22] YAMAGUCHI H, NISHIMURA Y K, NAKAOKA Y, et al. Intracardiac thrombosis and systemic embolism in a patient with cardiac amyloidosis in sinus rhythm[J]. *Int Heart J*, 2023, 64 (3) : 491-495.
- [23] MIZIA-STECK K, CAFORIO A L P, CHARRON P, et al. Atrial fibrillation, anticoagulation management and risk of stroke in the cardiomyopathy/myocarditis registry of the EURObservational research programme of the European Society of Cardiology[J]. *ESC Heart Fail*, 2020, 7 (6) : 3601-3609.
- [24] YE T T S, SIAH Q Z, TAN B Y Q, et al. Ischaemic events in hypertrophic cardiomyopathy patients with and without atrial fibrillation; a systematic review and meta-analysis[J]. *J Thromb Thrombolysis*, 2022, 55 (1) : 83-91.
- [25] SCHIEBEL K, FINSTERER J, LAZAREVIC P, et al. Stroke and embolism in patients with left ventricular hypertrabeculation/noncompaction[J/OL]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2022, 31 (9) : 106623[2024-08-01]. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106623>.
- [26] BISTRICEANU C E, DANCIU F A, CUCIUREANU D I. Left ventricular non-compaction cardiomyopathy and ischaemic stroke[J]. *Neurol Neurochir Pol*, 2023, 57 (2) : 222-224.
- [27] AUNG N, DOIMO S, RICCI F, et al. Prognostic significance of left ventricular noncompaction: systematic review and meta-analysis of observational studies[J/OL]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2020, 13 (1) : e009712[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.119.009712>.
- [28] PRIYA S, NAGPAL P, AGGARWAL T, et al. Review of multi-modality imaging update and diagnostic work up of Takotsubo cardiomyopathy[J/OL]. *Clin Imaging*, 2021, 80 : 334-347[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2021.08.027>.
- [29] ABE T, OLANIPEKUN T, IGWE J, et al. Trends, predictors and outcomes of ischemic stroke among patients hospitalized with Takotsubo cardiomyopathy [J/OL]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2021, 30 (10) : 106005[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.106005>.
- [30] AMADU A M, BARITUSSIO A, DASTIDAR A G, et al. Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy (ARVC) mimics: the knot unravelled by cardiovascular MRI[J]. *Clin Radiol*, 2019, 74 (3) : 228-234.
- [31] HART R G, SHARMA M, MUNDL H, et al. Rivaroxaban for stroke prevention after embolic stroke of undetermined source[J]. *N Engl J Med*, 2018, 378 (23) : 2191-2201.
- [32] GUO J H, WANG D D, JIA J K, et al. Atrial cardiomyopathy and incident ischemic stroke risk; a systematic review and meta-analysis[J]. *J Neurol*, 2023, 270 (7) : 3391-3401.
- [33] DARLINGTON A, MCCAULEY M D. Atrial cardiomyopathy: an unexplored limb of Virchow's triad for AF stroke prophylaxis[J/OL]. *Front Cardiovasc Med*, 2020, 7 : 11[2024-08-01]. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2020.00011>.
- [34] MIYAUCHI S, TOKUYAMA T, TAKAHASHI S, et al. Relationship between fibrosis, endocardial endothelial damage, and thrombosis of left atrial appendage in atrial fibrillation[J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2023, 9 (7) : 1158-1168.
- [35] SU Y, CHEN B X, WANG Y T, et al. Association of atrial ¹⁸F-fluorodeoxyglucose uptake and prior



- ischemic stroke in non-atrial fibrillation patients[J]. *J Nucl Cardiol*, 2022, 29 (6) : 3194-3203.
- [36] MARTINEZ-MAJANDER N, NTAIOS G, LIU Y Y, et al. Rivaroxaban versus aspirin for secondary prevention of ischaemic stroke in patients with cancer: a subgroup analysis of the NAVIGATE ESUS randomized trial[J]. *Eur J Neurol*, 2020, 27 (5) : 841-848.
- [37] JU W Z, LI M F, WANG D W, et al. Idiopathic isolated fibrotic atrial cardiomyopathy underlies unexplained scar-related atrial tachycardia in younger patients[J]. *Europace*, 2018, 20 (10) : 1657-1665.
- [38] FONSECA A C, ALVES P, INÁCIO N, et al. Patients with undetermined stroke have increased atrial fibrosis: a cardiac magnetic resonance imaging study[J]. *Stroke*, 2018, 49 (3) : 734-737.
- [39] KÜHNLEIN P, MAHNKOPF C, MAJERSIK J J, et al. Atrial fibrosis in embolic stroke of undetermined source: a multicenter study[J]. *Eur J Neurol*, 2021, 28 (11) : 3634-3639.
- [40] MILLS M T, AL-MOHAMMAD A, WARRINER D R. Changes and advances in the field of infective endocarditis[J]. *Br J Hosp Med (Lond)*, 2022, 83 (3) : 1-11.
- [41] RODRÍGUEZ-MONTOLIO J, MESEGUER-GONZALEZ D, ALMEIDA-ZURITA M, et al. Prevalence of neurological complications in infective endocarditis[J]. *Neurología (Engl Ed)*, 2024, 39 (6) : 443-448.
- [42] HABIB G, ERBA P A, IUNG B, et al. Clinical presentation, aetiology and outcome of infective endocarditis. Results of the ESC-EORP EURO-ENDO (European infective endocarditis) registry: a prospective cohort study[J]. *Eur Heart J*, 2019, 40 (39) : 3222-3232.
- [43] ITAGAKI T, MIURA T, KARASAWA S, et al. Eosinophilic granulomatosis with polyangiitis presenting with eosinophilic myocarditis as the only organ involvement[J]. *J Cardiol Cases*, 2023, 27 (4) : 172-175.
- [44] YOSHIJI M, MATSUMOTO K, FUJITA H, et al. A rare case of Löffler "pancarditis" associated with hypereosinophilic syndrome[J]. *Intern Med*, 2021, 60 (2) : 265-268.
- [45] KUROKAWA K, SAI E, HAYASHI E, et al. Usefulness of cardiac magnetic resonance in the diagnosis of Löffler endocarditis secondary to eosinophilic granulomatosis with polyangiitis[J]. *Intern Med*, 2019, 58 (2) : 239-242.
- [46] DUAN H Z, LI Z X, GU H Q, et al. Myocardial infarction is associated with increased stroke severity, in-hospital mortality, and complications: insights from China Stroke Center Alliance registries[J/OL]. *J Am Heart Assoc*, 2021, 10 (20) : e021602[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1161/JAHA.121.021602>.
- [47] KANAJI Y, HOSHINO M, HADA M, et al. Prognostic implications of unrecognized myocardial infarction and periprocedural myocardial injury on cardiac magnetic resonance imaging in patients with chronic coronary syndrome[J/OL]. *Sci Rep*, 2023, 13 (1) : 13567[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40883-2>.
- [48] MERKLER A E, SIGURDSSON S, EIRIKSDOTTIR G, et al. Association between unrecognized myocardial infarction and cerebral infarction on magnetic resonance imaging[J/OL]. *JAMA Neurol*, 2019, 76 (8) : 956[2024-03-01]. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2019.1226>.

收稿日期: 2024-04-02

本文编辑: 彭涵瑜