

稳定性冠心病无创影像检查路径的专家共识

中华医学会心血管病学分会心血管病影像学组

稳定性冠心病无创影像检查路径的专家共识写作组

【关键词】 稳定性冠心病；影像学；无创；共识

【中图分类号】 R541.4

早期发现、早期诊断稳定性冠心病是积极做好二级预防、控制疾病发展、预防心肌梗死、降低死亡率的关键。现代医学临床决策的制定对心血管影像技术的依赖日益增加。针对稳定性冠心病的诊断及管理，美国心脏病协会（American Heart Association, AHA）发布了 2012 美国心脏病学会基金会（American College of Cardiology Foundation, ACCF）/ 美国心脏病协会（American Heart Association, AHA）/ 美国医师协会（American College of Physicians, ACP）/ 美国胸外科协会（American Association for Thoracic Surgery, AATS）/ 预防心血管疾病护士协会（Preventive Cardiovascular Nurses Association, PCNA）/ 美国心血管造影和介入学会（Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, SCAI）/ 美国胸外科医师学会（Society of Thoracic Surgeons, STS）稳定性缺血性心脏病诊疗指南^[1]，欧洲心脏病学会（European Society of Cardiology, ESC）发布了 2013 ESC 稳定性冠心病诊治指南^[2]，两部指南均将无创影像检查设为诊断的主要手段。在我国，多项无创检查技术包括心电图、超声心动图、核素心肌灌注显像、心脏磁共振及冠状动脉 CT 等虽然广泛应用于临床，但其应用流程、使用指征、技术操作均存在不规范现象。临床诊疗过程中，各项检查的应用存在“重结构、轻功能；小诊断、大治疗”问题，且临床医师对各项检查技术的专业知识了解有限，适应证及禁忌证掌握不清晰，导致各项技术的

临床应用比例差别巨大。现有的慢性稳定型心绞痛诊断及治疗指南^[3]及各项检查技术的专家共识均未对无创影像检查路径进行规范化及系统化的指导。为了满足临床应用和诊断技术的规范化需求，在参考上述稳定性冠心病相关指南^[1-2]的基础上，国内心血管病专家及影像学专家共同起草制定了稳定性冠心病无创影像检查路径专家共识，帮助心血管专业医师根据患者临床特点合理应用各项无创影像检查技术，在稳定性冠心病患者的诊断、风险评估、指导个体化治疗方案的制定以及疗效评价方面充分实现其临床价值。

1 稳定性冠心病定义^[2]

稳定性冠心病涵盖冠心病发展的不同阶段，特点是发生可逆性的心肌需氧和（或）供氧不匹配，与缺血或低氧有关，通常由运动、情绪或其他负荷状态诱发，可重复出现，也可自发性发作。其临床表现包括劳力性心绞痛、血管痉挛所致静息性心绞痛、微血管病变导致的心绞痛、隐匿性心绞痛、经皮冠状动脉介入治疗（percutaneous coronary intervention, PCI）/ 冠状动脉旁路移植术（coronary artery bypass grafting, CABG）后症状相对稳定状态及缺血性心肌病等。

2 稳定性冠心病的临床诊断

病史采集与体格检查是心血管临床医师对患者进行临床诊断的必要初步环节，临床医师通过对患者发生稳定性冠心病的验前概率（pre-test probabilities, PTP）的判断，指导患者完成进一步检查的选择。

2.1 病史采集

详细了解病史是进行临床初步诊断的基础，医

DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2017.10.001

基金项目：国家重点研发计划-冠状动脉粥样硬化病变早期识别和风险评估的影像学（2016YFC1300300）

通信作者：陈韵岱，Email: cyundai@vip.163.com；方唯一，Email: fwychest@163.com

师需详细了解胸痛特征：(1) 胸骨后不适，其性质和持续时间具有特征性；(2) 劳累或情绪应激可诱发；(3) 休息和（或）硝酸酯类药物治疗后数分钟内可缓解。符合以上 3 项特征的为典型心绞痛，符合以上 2 项特征的为非典型心绞痛，仅符合 1 项或均不符合为非心绞痛性胸痛^[4]。

2.2 专科体格检查

稳定性冠心病患者的体检常无明显异常，心绞痛发作时可有心率增快、血压升高、焦虑、出汗，有时可闻及第四心音、第三心音或奔马律，或出现心尖部收缩期杂音，第二心音逆分裂，偶闻双肺底啰音。体检尚能发现高血压、脂质代谢障碍所致的黄色瘤等危险因素，颈动脉杂音或周围血管病变有助于动脉粥样硬化的诊断^[3]。

2.3 PTP

冠心病 PTP 是根据临床综合情况，初步推测患有稳定性冠心病的可能性，在指导临床无创影像技术选择中的价值逐渐增加，是合理选择无创影像技术的关键环节。冠心病 PTP 受其发病率、临床特点及危险因素（如吸烟、高脂血症、高血压病、糖尿病、肥胖、早发冠心病家族史等）影响。依据 SCORE (<http://www.heartscore.org/Pages/welcome.aspx>) 或 Framingham 风险评分 (<http://hp2010.nhlbi.nih.net/atpiiii/calculator.asp>)，借鉴 2013 ESC 稳定性冠心病诊疗指南^[2]，根据临床症状特点、性别、年龄计算 PTP，并按照 $< 15\%$ ， $15\% \sim 65\%$ ， $66\% \sim 85\%$ ， $> 85\%$ 将患者分层（表 1）。无创影像技术诊断冠心病的总体敏感度和特异度约为 85%，因此， $PTP < 15\%$ （冠状动脉无狭窄或者狭窄程度轻）的患者，可不行

进一步的无创影像检查，而 $PTP > 85\%$ （冠状动脉狭窄的可能性高）的患者可直接接受有创影像检查。 PTP 在 $15\% \sim 85\%$ 的患者则需按无创影像检查路径进行下一步的选择（图 1）^[2]。

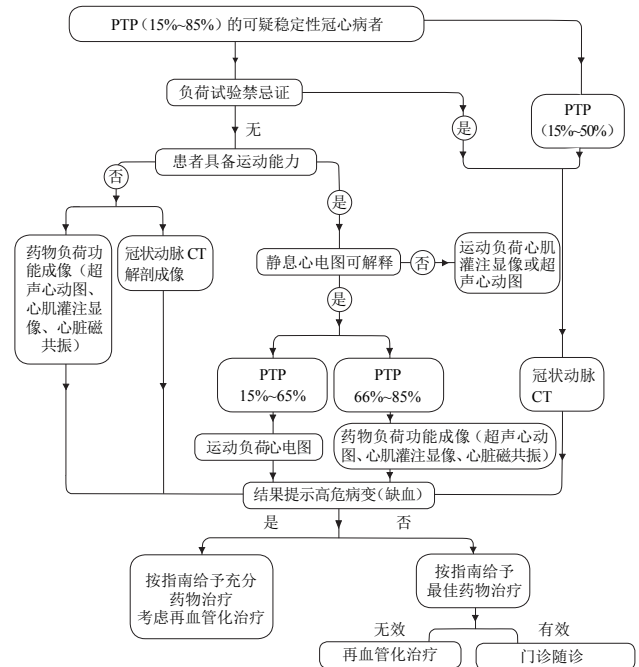


图1 可疑稳定性冠心病且验前概率（PTP）为中等（15%~85%）的患者无创影像检查路径

3 稳定性冠心病无创影像检查

稳定性冠心病无创影像检查包括基本检查、负荷功能试验及冠状动脉解剖成像检查，主要用于明

表1 胸痛患者冠心病验前概率（%）^[2]

年龄（岁）	典型心绞痛		不典型心绞痛		非心绞痛性质的疼痛	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性
30~39	59	28	29	10	18	5
40~49	69	37	38	14	25	8
50~59	77	47	49	20	34	12
60~69	84	58	59	28	44	17
70~79	89	68	69	37	54	24
>80	93	76	78	47	65	32

注：白色框中各组的 $PTP < 15\%$ ，考虑患稳定性冠心病的可能性极低，故可先行静息心电图及超声心动图进行筛查；蓝色框中各组的 PTP 为 $15\% \sim 65\%$ ，如果可行，首选运动心电图，如果所在医院有条件行无创性影像学检查，可通过此类检查明确心肌缺血的诊断；橙色框中各组的 PTP 在 $66\% \sim 85\%$ ，应选用无创性的功能影像学检查明确稳定性冠心病的诊断；深红色框中各组的 $PTP > 85\%$ ，医师可假设稳定性冠心病的可能性极高，这些患者只需进行危险分层； PTP ，验前概率

确心肌缺血的诊断、危险分层、指导个体化治疗方案制定及预后评估

3.1 基本检查

所有可疑稳定性冠心病患者的一线选择, 主要包括静息心电图、静息超声心动图及胸部 X 线检查。静息心电图可提供基线状态, 与症状相关的心电图动态改变有助于诊断。24 h 动态心电图有助于提高心肌缺血的检出率^[5]。超声心动图可提供心脏结构及功能信息, 节段性室壁运动障碍可提高诊断冠心病的敏感度, 左心室整体收缩功能的判断对冠心病患者预后风险评估有意义。检出结构异常(如重度主动脉瓣狭窄)或心肌病(如肥厚型梗阻性心肌病)的患者则不适合接受进一步的负荷试验。胸部 X 线检查对合并心力衰竭、室壁瘤或肺部疾病的患者可提供有价值的诊断信息。

3.2 负荷功能试验

通过运动负荷或负荷药物增加心肌做功, 从而增加心肌耗氧量, 达到诱发心肌缺血的目的, 或者通过扩张冠状动脉从而诱发冠状动脉血流重新分布, 是诊断心肌缺血的“金标准”, 也是 PTP 分层为 15%~85% 患者明确稳定性冠心病诊断的主要检查方法, 主要包括负荷心电图、负荷超声心动图、负荷核素心肌灌注显像[单光子发射计算机断层扫描(single-photon emission computed tomography, SPECT)或正电子发射断层扫描(positron emission tomography, PET)]、负荷心脏磁共振。运动负荷试验包括运动平板试验、卧位或立位踏车试验等(采用 Bruce 方案的踏车试验), 负荷药物包括正性肌力药物(多巴酚丁胺)和血管扩张剂(潘生丁、腺苷和瑞加德松等), 在我国目前应用的负荷药物中, 三磷酸腺苷作为腺苷的替代用药在临床应用更普遍, 需注意其代谢时间对检查结果产生的影响。

负荷功能试验适用范围包括: (1) 评价非典型胸痛、气急的原因, 可疑稳定性冠心病; (2) 冠心病需评估心肌缺血的范围和严重程度; (3) 评估存活心肌(如药物负荷, 尤其是多巴酚丁胺和双嘧达莫负荷试验); (4) 非心脏手术前以及心肌梗死后危险度的分层; (5) 评价 PCI 和 CABG 的疗效及再狭窄的发生。

所有负荷试验均应严格掌握禁忌证以降低临床风险, 具体包括: (1) 急性心肌梗死后病情不稳定, 仍有心肌缺血表现者; (2) 高危不稳定型心绞痛; (3) 引起症状和血流动力学异常的未控制的心律失常; (4)

症状严重的主动脉瓣狭窄; (5) 未控制症状的心力衰竭; (6) 急性肺栓塞或肺梗死; (7) 急性心肌炎或心包炎; (8) 急性主动脉夹层; (9) 左心室内腔血栓者; (10) 高血压患者血压控制不佳者(血压 $>200/110$ mmHg, $1 \text{ mmHg}=0.133 \text{ kPa}$); (11) 不能耐受负荷药物或者对负荷药物过敏者; (12) 肥厚型梗阻性心肌病; (13) 明显的低血压(双嘧达莫); (14) 患者拒绝负荷试验。

3.2.1 负荷心电图(运动心电图负荷试验)

运动心电图负荷试验是诊断稳定性冠心病的基础检查, 是 PTP 分层为 15%~65%, 且具备运动能力的可疑稳定性冠心病患者无创检查选择的第一步。平板运动试验是最常用的运动心电图负荷试验检查方式, 临床常以运动时达到的心率进行运动量分级: 极量目标心率 = $220 - \text{年龄}$, 次极量心率等于 85%~90% 极量心率, 或 $190 - \text{年龄} (\pm 10)$, 低负荷量心率为 60%~70% 极量心率。将 1 个或 1 个以上导联 ST 段压低曲线在达到运动峰值时保持水平或向下倾斜 $\geq 1 \text{ mm}$ (J 点后 60~80 ms 处) 定义为缺血性心电图的诊断终点^[6]。非心电图指标如运动负荷过程中血压下降常常提示冠状动脉病变或左冠状动脉严重病变^[7]。

注意事项: (1) 患者可进行体力运动且至少可达到中等强度要求; (2) 存在完全性左束支传导阻滞、起搏心律、室性心律和 Wolff-Parkinson-White 综合征的情况下, 运动心电图负荷试验没有诊断价值; (3) 左心室肥厚、室内传导阻滞、心房颤动及应用地高辛药物治疗时易出现假阳性结果; (4) 改善心肌缺血及减慢心率的药物可导致运动负荷和心脏做功无法达到预期标准, 造成假阴性结果, 但可评价疗效。

平板运动试验具有经济、简便、实用、相对安全、无创性及可重复性等优点, 诊断冠心病的敏感度为 23%~100% (平均 68%)、特异度为 17%~100% (平均 77%)。但平板运动试验不能直接反映冠状动脉病变情况, 60 岁以上老年患者分析平板运动试验结果应考虑运动时间减少, 运动耐量降低的影响^[8]。其对女性患者的诊断敏感度及特异度均较低。心肺运动试验可显著提高诊断敏感度, 目前已在临床开展, 将会逐步推广应用。

3.2.2 负荷超声心动图

负荷超声心动图可观察负荷状态下局部心肌节段的室壁运动和增厚率情况、左心室形态、心腔内径、心室收缩功能。注射声学对比剂行心肌声学造

影可观察心肌组织灌注,行左心室造影,可改善心内膜识别,负荷超声心动图结合心肌声学造影既可观察室壁运动又可评估心肌灌注,可提高负荷超声心动图诊断冠心病的敏感度和特异度^[9],早已被临床试验所验证^[10-11]。建议在静息时有两个或以上的连续心肌节段(左心室 17 心肌节段法)显影不良的患者,接受超声心动图检查时使用声学对比剂^[2]。

静息及负荷状态下室壁运动均正常则为试验阴性。达到目标心率(85% 极量心率)时出现新发室壁运动障碍或原有室壁运动障碍加重为试验阳性^[12]。多巴酚丁胺负荷超声心动图常见 4 种反应:(1)双相反应,即低剂量时运动改善,高剂量时运动恶化,提示心肌存活并存在缺血;(2)持续改善,从低剂量时室壁运动即改善并持续到高剂量,提示心肌无缺血;(3)恶化反应,试验中室壁运动未见改善反而恶化,提示心肌缺血;(4)无反应,无论低剂量还是高剂量状态下室壁运动没有变化,提示心肌瘢痕^[13]。患者如出现显著心律失常,低血压,严重高血压及症状无法耐受时需终止负荷试验。右心室游离壁收缩失同步及三尖瓣瓣环位移幅度下降常提示右冠状动脉或多支血管病变。

运动负荷超声心动图能够更准确地模拟生理环境,在合理的条件下优先选择运动负荷试验。静息检查时已存在显著室壁运动异常(可使用多巴酚丁胺进行存活心肌评估)和(或)患者的运动能力差则优先选择药物负荷试验^[2]。血管扩张剂负荷超声心动图更适用于评估心肌灌注,观察室壁运动则宜选择多巴酚丁胺负荷超声心动图。负荷超声心动图技术具有便捷、无创及可床旁操作等优点,且检查过程中不需要静脉注射放射性核素的心肌灌注显像剂和含碘成分的对比剂,无辐射损害;缺点是受患者声窗影响较大,过度肥胖及慢性肺病患者可严重影响观察质量。

负荷超声心动图与应变率成像结合可量化各节段心肌的运动与位移^[14];与三维超声心动图结合,实现在一个心动周期内的实时三维心脏全容积图像采集,在不同平面定量评估左心室各个节段及整体的运动情况。

3.2.3 负荷核素心肌灌注显像

心肌灌注显像是利用 SPECT 或 PET 技术准确评估心肌血流灌注情况及心肌细胞活性的成像方式^[15]。心肌灌注显像可以评价心肌缺血/梗死的部位、范围和程度,结合心肌代谢显像可以准确评估心

肌存活部位、范围和程度。心电图门控显像技术,“一站式”获取心肌血流灌注情况的同时,可以获得左心室整体收缩及舒张功能参数,左心室各心肌节段的室壁运动、增厚率以及机械收缩同步性^[16]。

负荷心肌灌注显像出现呈心肌节段分布的血流灌注减低,而静息心肌灌注显像正常,诊断为心肌缺血,如果负荷心肌灌注显像结果为阴性,可排除心肌缺血的诊断。负荷心肌灌注显像时出现一过性左心腔扩大(transient ischemia dilation, TID) > 1.2 (左心室负荷心腔/静息心腔)和负荷左心室射血分数(LVEF)较静息 LVEF 减低(正常应该增加 5% 以上),是预测严重冠心病的重要指标。运动负荷心肌灌注显像的最佳适应证是 PTP 为中度危险的患者(PTP 分层为 15%~85%)。

PET 心肌灌注显像可以绝对定量测定心肌血流量($\text{ml/g} \cdot \text{min}$)和血流储备功能,可以早期诊断冠心病,对微血管疾病患者、均衡性的三支病变患者及肥胖患者具有绝对优势^[17]。为了明确室壁运动减弱和 LVEF 降低患者的心肌存活力,利用心肌灌注成像和 F-18 FDG PET 来检查灌注/代谢是否相匹配,在有存活心肌、灌注代谢不匹配的病例,充分的血管重建可改善室壁运动、左心室功能和预后^[18]。其缺点是需要回旋加速器或者生产 82 Rb 的 Sr-Rb 发生器,价格较高,不容易推广和普及。

心肌灌注显像成像可出现移动伪影影响图像质量, SPECT 心肌灌注显像由于无法克服组织衰减的问题,可导致下后壁放射性减低或者女性患者前壁放射性减低。心肌灌注显像检查有少量辐射($20\text{mCi } ^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$)有效剂量 5.8 mSv,但不会对人体造成损害。SPECT/CT 和 PET/CT 显像还可以获得冠状动脉结构、冠状动脉钙化和斑块信息,在临床工作的应用比例不断上升^[19]。

3.2.4 负荷心脏磁共振

心脏磁共振是评价患者心脏结构和功能的“金标准”。通过电影能够可靠地显示心脏大小和室壁运动异常;通过负荷-静息心肌灌注成像能够探测心肌缺血,并且可以区分心内膜下心肌缺血;通过对比剂延迟强化能够识别心肌坏死和纤维化^[20]。

负荷心肌磁共振灌注成像适应证是 PTP 为 66%~85% 的患者。负荷状态下心脏磁共振心肌灌注成像显示心肌灌注稀疏或缺损即为阳性表现。CE-MARC 研究^[21]显示,以冠状动脉狭窄 > 70% 为诊断标准,心脏磁共振诊断敏感度为 86.5% (95% CI

81.8~90.1), 特异度为 83.4% (95% CI 79.5~86.7), 阴性预测值高达 90.5% (87.1~93.0), 且心脏磁共振负荷灌注成像检测单支或多支血管病变均优于 SPECT。近年来, 高分辨力和 3D 全心心肌灌注成像可获得全心同期动态心肌灌注图像, 不仅提高对心肌缺血诊断敏感度, 同时也可更精准定量分析心肌缺血^[22]。

心脏磁共振无电离辐射, 可以任意方位(矢、冠、轴等)成像, 不受患者体型的限制, 具备较高的时间和空间分辨力及软组织对比度。一次检查可以提供包括结构、功能与组织学于一体的大量信息, 因此总的成像时间较长, 通常约 40 min。现阶段尚无法实现临床应用冠状动脉成像。幽闭恐惧症和铁磁性金属体内植入物患者无法接受磁共振检查, 一些弱磁场或非铁磁性物体(如冠状动脉支架)不是检查的禁忌证, 但可能产生热效应和伪影, 建议检查前阅读产品说明书。近年来基于心肌定量参数成像(T1 mapping and T2 mapping)检测心肌病变(弥漫心肌纤维化和水肿等)、心肌缺血和心肌梗死也开始在临床科研工作中应用^[23-24]。

3.3 冠状动脉 CT 血管成像

冠状动脉 CT 血管成像(coronary CT angiography, CCTA)是目前可清晰显示冠状动脉解剖结构的无创影像技术, 主要用于对心外膜冠状动脉狭窄的诊断。CCTA 检查的灵敏度高, 极好的阴性预测值是其独特优势, 疑似冠心病患者是否进行 CCTA 检查应当根据 PTP 进行判断^[25-26]。CCTA 除了能评价冠状动脉管腔狭窄程度, 还可以定量评价斑块, 初步判断斑块易损性, 对于疑似冠心病者具有重要的临床诊断价值^[27-28]。钙化积分扫描可以对冠状动脉钙化病变进行量化, 钙化积分可以反映整体的斑块负荷, 对冠心病的诊断有极高的阴性预测价值, 对于患者危险分层的评价具有重要价值。

CCTA 适应证: CCTA 主要用于 PTP 为中度风险或低-中度风险(PTP 分层为 15%~50%)患者。有不典型胸痛、临床疑似冠心病而心电图或心肌灌注显像不能明确诊断者也适合行 CCTA 检查。部分无法耐受负荷心脏影像检查的患者也可选用 CCTA 进行替代检查^[2, 25]。目前认为, CCTA 可观察 3 mm 以上的冠状动脉支架通畅性, 也可观察是否存在支架完全闭塞、支架周边再狭窄、支架断裂等。另外对于非心脏手术患者疑似冠心病的术前筛查和评估

也有较好的临床价值。CCTA 禁忌证: (1) 碘对比剂过敏; (2) 肾功能不全(肌酐清除率 $< 60 \text{ ml/min} \cdot 1.73 \text{ m}^2$); (3) 严重心功能不全; (4) 未经治疗的甲状腺功能亢进症; (5) 妊娠期妇女。上述禁忌证并非绝对, 运用 CCTA 进行临床诊断需要充分考虑患者的个体化因素, 采取必要预防和救治措施, 尽可能降低检查相关并发症。

CCTA 检查时的心率和心律控制同等重要, 最好将心率控制在 70 次/min 以下, 目前仅部分高端 CT 设备可以对心房颤动、期前收缩等心律失常患者进行成像。CCTA 检查具有无创、便捷、扫描速度快及空间分辨率高等优点, 并可一次采集完成肺血管、冠状动脉和心脏以及升主动脉和降主动脉的扫描^[29]。不足之处在于: (1) 存在电离辐射和碘对比剂潜在损伤, 虽然目前 CCTA 的辐射剂量已显著降低, 绝大多数患者辐射剂量可以降低到 3 mSv 以下, 甚至可以实现亚毫西伏扫描, 对比剂用量已显著降低, CCTA 的临床应用越来越安全。(2) CCTA 可以评价管腔狭窄, 但容易受到钙化晕状伪影的影响, 钙化病变会高估管腔狭窄程度, 导致诊断假阳性, 严重钙化会使狭窄程度无法评价。(3) CCTA 使用碘对比剂, 会出现过敏反应甚至是休克状态, 还会出现肾功能受损的不良反应, 目前并不推荐进行碘对比剂的过敏皮试检查^[30]。(4) CCTA 对冠状动脉功能的评价还有待完善。

近年来心脏 CT 的功能评价成为研究的热点。无创冠状动脉血流储备分数(FFR_{CT})与有创 FFR 比较有较高的准确性。2016 年 FDA 批复 Heartflow 的 FFR_{CT} 软件在临床中的应用。该技术对于冠心病危险分层和指导后续诊疗决策将具有重要意义。CT 心肌灌注可以定量评价心肌缺血程度, 一次检查可以提供冠状动脉解剖和心肌缺血的信息, CT 心肌灌注主要分为静态心肌灌注、双能量心肌灌注显像和动态心肌灌注等方式, 但目前还存在辐射剂量和对比剂用量较高、线束硬化伪影影响等局限性, 还需要进一步的临床验证^[31-32]。

4 无创影像检查技术的临床优先推荐

各项无创影像检查技术在观察心脏结构及功能方面各有千秋, 根据临床需要可进行相应的选择, 取长补短, 完成综合评价。现将其应用特点总结成表, 并结合临床应用环境, 根据临床需求进行优先推荐(表 2)。

表2 心血管无创影像检查功能评价表

项目	冠状动脉狭窄	冠状动脉斑块	心脏和大血管解剖	室壁运动	心室功能	心肌灌注	心肌存活	心肌代谢
超声心动图	—	—	+++ ^a	+++ ^a	+++ ^a	++	++	—
冠状动脉 CT 血管成像	++++ ^a	+++ ^a	++++ ^a	+++	+++	++	+	—
心脏磁共振	++	+	++++	++++	++++	++++	++++ ^a	+
单光子发射计算机断层扫描	—	—	+	+++	+++	++++ ^a	+++	++
正电子发射断层扫描	—	+	+	+++	+++	++++	++++	++++ ^a

注：a，代表结合临床实际应用环境，共识优先推荐；—不能进行评价，+尚处于研究阶段，++可以进行检查，但并非临床常用，+++已用于常规检查，++++代表最高诊断准确性

在评价冠状动脉狭窄及冠状动脉斑块特点方面，CCTA 在无创影像检查中准确性最高，是临床应用中的优先推荐。

观察心脏与大血管解剖特点，超声心动图、CCTA 与心脏磁共振均具有高的准确性，以临床观察目的为导向，实时动态观察心脏结构优先推荐超声心动图，侧重大血管观察优先推荐 CCTA。

明确室壁运动障碍，评估心室功能方面，超声心动图具有较高准确性，心脏磁共振准确性最高，与临床实用条件相结合，优先推荐超声心动图。

评价心肌灌注方面，SPECT、PET 与心脏磁共振均具有高准确性，与临床实用条件相结合，优先推荐 SPECT。

心脏磁共振与 PET 检测心肌活力优势互补，前者识别心肌纤维化，后者识别存活心肌，与临床实用条件相结合，优先推荐心脏磁共振。

心肌代谢评价中，PET 优势明显，是临床应用中的优先推荐。

5 稳定性冠心病无创影像检查路径推荐

以观察是否存在心肌缺血为主要目的，针对不同 PTP 层次人群，各项无创影像检查技术的选择路径设计如下。

5.1 可疑稳定性冠心病且 PTP 为中等 15%~85% 的患者无创影像检查路径

可疑稳定性冠心病且 PTP 为中等 (15%~85%) 的患者无创影像检查路径，以明确诊断为主要目的 (图 1)^[2]。患者有负荷试验禁忌时，可直接选择冠状动脉 CT 检查，PTP 为 (15%~50%) 患者也可直接选择行冠状动脉 CT 检查。无负荷试验禁忌，但不具

备运动能力的患者可选择药物负荷心肌灌注显像、药物负荷超声心动图、药物负荷心脏磁共振或冠状动脉 CT。无负荷试验禁忌，具备运动能力，静息心电图无法判读的患者，需选择运动负荷心肌灌注显像或运动负荷超声心动图。无负荷试验禁忌，具备运动能力，静息心电图可判读的患者，需根据 PTP 的范围选择下一步检查项目：PTP 为 15%~65%，优先选择运动负荷心电图；PTP 为 66%~85%，可选择运动负荷心肌灌注显像、负荷超声心动图及药物负荷心脏磁共振。如患者 LVEF < 50% 且心绞痛症状典型可直接进行有创性影像检查，如患者 LVEF < 50% 且症状不典型则可应用负荷功能成像检查。

5.2 确诊冠心病的患者评价心肌缺血状态的无创影像检查路径

已确诊为冠心病的患者，接受无创影像检查以评估治疗效果，观察心肌缺血变化为主要目的 (图 2)^[2]。不具备运动能力的患者可选择药物负荷心肌灌注显像、药物负荷超声心动图、药物负荷心脏磁共振或冠状动脉 CT。具备运动能力，静息心电图无法判读的患者需选择运动负荷心肌灌注显像、运动负荷超声心动图及药物负荷心脏磁共振。具备运动能力，静息心电图可判读的患者选择运动负荷心电图、运动负荷心肌灌注显像、运动负荷超声心动图。

6 无创影像检查对稳定性冠心病患者的危险分层

6.1 Duke 平板试验

利用 Duke 平板试验评分，结合运动时间、ST 段压低程度和运动期间发生的心绞痛可估测患者发生心脏事件的风险。Duke 风险计算器可用于检出年度死亡率 > 3% 的发生心脏事件的高危患者 (<http://>

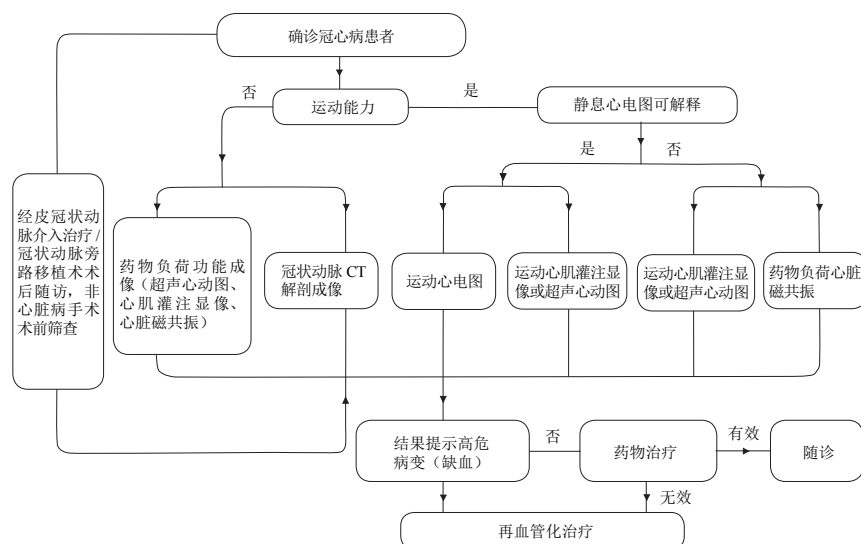


图2 确诊冠心病的患者评价心肌缺血状态的无创影像检查路径

//www.cardiology.org/tools/medcalc/duke/)^[33-34]。

6.2 负荷超声心动图

评价采用国际标准的左心室 17 个心肌节段模型。如果负荷诱发室壁运动异常的心肌节段超过 3 个, 则应被视为发生心脏事件的高危患者(相应的年度死亡率 > 3%), 应考虑行冠状动脉造影^[35-36]。

6.3 负荷心肌灌注显像

将左心室分为 17 个心肌节段, 采用 5 打分法进行半定量分析, 分别获得在负荷状态下心肌灌注异常总积分(summed stress score, SSS), 静息状态下的心肌灌注异常总积分(summed rest score, SRS) 以及二者的差值分(summed difference score, SDS), 反映心肌缺血的程度和范围。根据负荷诱导的可逆性心肌灌注缺损区占左心室肌面积 < 10% (1~2 个节段, SDS < 7), 10%~20% (3~4 个节段, 7 ≤ SDS < 14), > 20% (≥ 5 节段, SDS ≥ 14), 将患者分为轻度缺血, 中度缺血和重度缺血。中度 - 重度心肌缺血的患者为高危组, 应尽早进行冠状动脉造影, 积极接受血管重建术, 而且尽可能完全血管化重建术, 可以明显改善患者预后。对正常或轻度缺血患者建议优化药物治疗^[37-38]。

6.4 负荷心脏磁共振

高危事件风险的标准应为在左心室 17 个心肌节段中有 ≥ 3 个节段在负荷试验后新出现的室壁运动异常, 或为负荷诱导的左心室可逆性灌注缺损 > 10% (≥ 2 个节段)^[36, 39]。对于稳定性冠心病患者,

心脏磁共振负荷心肌灌注研究提示无心肌灌注异常者的 3 年生存率为 99.2%, 而有心肌灌注异常者的 3 年生存率 83.5%, 两者有明显统计学差异。负荷心肌灌注异常可作为不良心脏事件发生的独立预测因子。

6.5 CCTA

根据 CCTA 的病变程度可以对患者进行危险分层, 研究显示存在显著狭窄患者的患者预后明显劣于非显著狭窄^[40]。利用斑块的特性也可以对冠状动脉病变进行危险分层。CT 上易损

斑块的特征包括低密度斑块 (< 30 Hu)、正性重构、点状钙化和“餐巾环”征^[41]。根据各项无创检查将患者进行危险分层, 事件风险低危(年度心血管死亡率 < 1%) 者进行最优化药物治疗, 如症状无改善可行有创冠状动脉造影检查, 必要时行 FFR (表 3)。事件风险中危(年度心血管死亡率介于 1%~3%) 者进行最优化药物治疗, 并考虑行有创冠状动脉造影检查, 必要时行 FFR。事件风险高危(年度心血管死亡率 > 3%) 直接行有创冠状动脉造影检查, 必要时行 FFR^[2]。

7 结语

只有充分了解各项无创影像检查技术才能在临床应用中进行合理选择, 既不造成过度医疗, 又可有效检出冠心病患者。规范临床路径, 发挥多模态影像技术的联合优势, 更好地为临床工作服务, 是撰写本共识的初衷。希望本共识可以在临床实践中得到检验, 不断完善, 形成符合我国国情的切实有效的临床指南。

专家组成员(按姓氏汉语拼音排列): 陈纪言(广东省人民医院), 陈韵岱(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), 方唯一(上海市胸科医院), 高传玉(河南省人民医院), 葛均波(上海复旦大学附属中山医院), 何作祥(中国医学科学院阜外医院), 霍勇(北京大学第一医院), 李浪(广西医

表3 各项无创影像技术检出的风险定义

心电图运动负荷试验	高危	年度心血管死亡率 > 3%
	中危	年度心血管死亡率介于 1%~3%
	低危	年度心血管死亡率 < 1%
缺血成像	高危	缺血面积 > 10% (单光子发射计算机断层扫描为 >10%; 心脏磁共振的定量数据有限 - 大概为新灌注缺损 ≥ 2/17 个节段, 或多巴酚丁胺诱导的功能不良节段 ≥ 3 个; 负荷超声心动图试验检出的左心室节段 ≥ 3 个)
	中危	缺血面积介于 1%~10%, 或缺血面积低于心脏磁共振或超声负荷试验确定的高危标准
	低危	无缺血
冠状动脉 CT 血管成像	高危	包括左主干病变、三支血管病变或两支血管病变合并前降支近段病变
	中危	冠状动脉主干或冠状动脉近端显著狭窄病变, 但尚未达到高危程度
	低危	冠状动脉正常, 或仅存在斑块, 无显著狭窄, 无易损斑块特征

科大学第一附属医院), 李思进(山西医科大学第一医院), 卢喜烈(中国人民解放军总医院), 吕滨(中国医学科学院阜外医院), 钱菊英(上海复旦大学附属中山医院), 石亚君(中国人民解放军总医院), 沈珠军(北京协和医院), 王怡宁(北京协和医院), 徐磊(首都医科大学附属北京安贞医院), 杨立(中国人民解放军总医院), 于波(哈尔滨医科大学附属第二医院), 张梅(山东大学齐鲁医院), 张抒扬(北京协和医院), 张晓丽(首都医科大学附属北京安贞医院), 赵世华(中国医学科学院阜外医院), 郑杨(吉林大学白求恩第一医院), 智光(中国人民解放军总医院)。

学术秘书: 王晶(中国人民解放军总医院), 杨俊杰(中国人民解放军总医院)

参 考 文 献

- [1] Fihn SD, Gardin JM, Abrams J, et al. 2012 ACCF/AHA/ACP/AATS/PCNA/SCAI/STS Guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, and the American College of Physicians, American Association for Thoracic Surgery, Preventive Cardiovascular Nurses Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 60 (24): e44-e164.
- [2] Montalescot G, Sechtem U, Achenbach S, et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*, 2013, 34 (38): 2949-3003.
- [3] 中华医学会心血管病学分会. 慢性稳定性心绞痛诊断与治疗指南. *中华心血管病杂志*, 2007, 35 (3): 195-206
- [4] Diamond GA. A clinically relevant classification of chest discomfort. *J Am Coll Cardiol*. 1983; 1 (2): 574-575.
- [5] 中华医学会老年医学分会 高龄老年冠心病诊治中国专家共识写作组. 高龄老年冠心病诊治中国专家共识. *中华老年医学杂志*, 2016, 35 (7): 683-691
- [6] Lauer M, Froelicher ES, Williams M, et al. Exercise testing in asymptomatic adults: a statement for professionals from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology, Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention. *Circulation*, 2005, 112 (5): 771-776.
- [7] Belardinelli R, Lacalaprice F, Carle F, et al. Exercise-induced myocardial ischaemia detected by cardiopulmonary exercise testing. *Eur Heart J*, 2003, 24 (14): 1304-1313.
- [8] 石亚君, 郅玲, 王晋丽, 等. 60 岁以上老年患者平板运动试验分析. *中国分子心脏病学杂志*, 2015, 15 (2): 1270-1272.
- [9] Senior R, Becher H, Monaghan M3, et al. Clinical practice of contrast echocardiography: recommendation by the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) 2017. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2017 Sep 12. [Epub ahead of print]
- [10] Xie F, Dodla S, O'Leary E, et al. Detection of subendocardial ischemia in the left anterior descending coronary artery territory with real-time myocardial contrast echocardiography during dobutamine stress echocardiography. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2008, 1 (3): 271-278.
- [11] Chiou KR, Huang WC, Lin SL, et al. Real-time dobutamine stress myocardial contrast echocardiography for detecting coronary artery disease: correlating abnormal wall motion and disturbed perfusion. *Can J Cardiol*, 2004, 20 (12): 1237-1243.
- [12] Secknus MA, Marwick TH. Evolution of dobutamine echocardiography protocols and indications: safety and side effects in 3, 011 studies over 5 years. *J Am Coll Cardiol*, 1997, 29 (6): 1234-1240.
- [13] Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, et al. Stress Echocardiography Expert Consensus Statement--Executive Summary: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC). *Eur Heart J*, 2009, 30 (3): 278-289.
- [14] Voigt JU, Exner B, Schmiedehausen K, et al. Strain-rate imaging during dobutamine stress echocardiography provides objective evidence of inducible ischemia. *Circulation*, 2003, 107 (16): 2120-2126.
- [15] Ritchie JL, Bateman TM, Bonow RO, et al. Guidelines for clinical use of cardiac radionuclide imaging. Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task

- Force on Assessment of Diagnostic and Therapeutic Cardiovascular Procedures (Committee on Radionuclide Imaging), developed in collaboration with the American Society of Nuclear Cardiology. *J Am Coll Cardiol*, 1995, 25 (2): 521-547.
- [16] Bateman TM, Heller GV, McGhie AI, et al. Diagnostic accuracy of rest/stress ECG-gated Rb-82 myocardial perfusion PET: comparison with ECG-gated Tc-^{99m} sestamibi SPECT. *J Nucl Cardiol*, 2006, 13 (1): 24-33.
- [17] Di Carli MF, Hachamovitch R. New technology for noninvasive evaluation of coronary artery disease. *Circulation*, 2007, 115 (11): 1464-1480.
- [18] JCS Joint Working Group. Guidelines for clinical use of cardiac nuclear medicine (JCS 2010) – digest version –. *Circ J*, 2012, 76 (3): 761-767.
- [19] Kajander S, Joutsiniemi E, Saraste M, et al. Cardiac positron emission tomography/computed tomography imaging accurately detects anatomically and functionally significant coronary artery disease. *Circulation*, 2010, 122 (6): 603-613.
- [20] Coelho-Filho OR, Rickers C, Kwong RY, et al. MR myocardial perfusion imaging. *Radiology*, 2013, 266 (3): 701-715.
- [21] Greenwood JP, Maredia N, Younger JF, et al. Cardiovascular magnetic resonance and single-photon emission computed tomography for diagnosis of coronary heart disease (CE-MARC): a prospective trial. *Lancet*, 2012, 379 (9814): 453-460.
- [22] Motwani M, Jogiya R, Kozerke S, et al. Advanced cardiovascular magnetic resonance myocardial perfusion imaging: high-spatial resolution versus 3-dimensional whole-heart coverage. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2013, 6 (2): 339-348.
- [23] Salerno M, Kramer CM. Advances in parametric mapping with CMR imaging. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2013, 6 (7): 806-822.
- [24] François CJ. Current state of the art cardiovascular MR imaging techniques for assessment of ischemic heart disease. *Radiol Clin North Am*, 2015, 53 (2): 335-344.
- [25] Mark DB, Berman DS, Budoff MJ, et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SAIP/SCAI/SCCT 2010 expert consensus document on coronary computed tomographic angiography: a report of the American college of cardiology foundation task force on expert consensus documents. *Circulation*, 2010, 121 (22): 2509-2543.
- [26] Zhou J, Yang JJ, Yang X, et al. Impact of clinical guideline recommendations on the application of coronary computed tomographic angiography in patients with suspected stable coronary artery disease. *Chin Med J (Engl)*, 2016, 129 (2): 135-141.
- [27] Vanhoenacker PK, Heijenbroek-Kal MH, Van Heste R, et al. Diagnostic performance of multidetector CT angiography for assessment of coronary artery disease: meta-analysis. *Radiology*, 2007, 244 (2): 419-428.
- [28] Motoyama S, Sarai M, Harigaya H, et al. Computed tomographic angiography characteristics of atherosclerotic plaques subsequently resulting in acute coronary syndrome. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 54 (1): 49-57.
- [29] 中华放射学杂志心脏冠状动脉多排 CT 临床应用协作组, 心脏冠状动脉多排 CT 临床应用专家共识. *中华放射学杂志*, 2011, 45 (1): 9-17.
- [30] 碘对比剂血管造影应用相关不良反应中国专家共识专家组. 碘对比剂血管造影应用相关不良反应中国专家共识. *中国介入心脏病学杂志*, 2014, 22 (6): 5-12.
- [31] Nørgaard BL, Leipsic J, Gaur S, et al. Diagnostic performance of noninvasive fractional flow reserve derived from coronary computed tomography angiography in suspected coronary artery disease: the NXT trial (Analysis of Coronary Blood Flow Using CT Angiography: Next Steps). *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63 (12): 1145-1155.
- [32] Rochitte CE, George RT, Chen MY, et al. Computed tomography angiography and perfusion to assess coronary artery stenosis causing perfusion defects by single photon emission computed tomography: the CORE320 study. *Eur Heart J*, 2014, 35 (17): 1120-1130.
- [33] Mark DB, Shaw L, Harrell FE Jr, et al. Prognostic value of a treadmill exercise score in outpatients with suspected coronary artery disease. *N Engl J Med*, 1991, 325 (12): 849-853.
- [34] Marwick TH, Case C, Vasey C, et al. Prediction of mortality by exercise echocardiography: a strategy for combination with the duke treadmill score. *Circulation*, 2001, 103 (21): 2566-2571.
- [35] Chelliah R, Anantharam B, Burden L, et al. Independent and incremental value of stress echocardiography over clinical and stress electrocardiographic parameters for the prediction of hard cardiac events in new-onset suspected angina with no history of coronary artery disease. *Eur J Echocardiogr*, 2010, 11 (10): 875-882.
- [36] Shaw LJ, Berman DS, Picard MH, et al. Comparative definitions for moderate-severe ischemia in stress nuclear, echocardiography, and magnetic resonance imaging. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2014, 7 (6): 593-604.
- [37] Hachamovitch R, Hayes SW, Friedman JD, et al. Comparison of the short-term survival benefit associated with revascularization compared with medical therapy in patients with no prior coronary artery disease undergoing stress myocardial perfusion single photon emission computed tomography. *Circulation*, 2003, 107 (23): 2900-2907.
- [38] Hachamovitch R, Berman DS, Shaw LJ, et al. Incremental prognostic value of myocardial perfusion single photon emission computed tomography for the prediction of cardiac death: differential stratification for risk of cardiac death and myocardial infarction. *Circulation*, 1998, 97 (6): 535-543.
- [39] Lin FY, Dunning AM, Narula J, et al. Impact of an automated multimodality point-of-order decision support tool on rates of appropriate testing and clinical decision making for individuals with suspected coronary artery disease: a prospective multicenter study. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 62 (4): 308-316.
- [40] Hultén EA, Carbonaro S, Petrillo SP, et al. Prognostic value of cardiac computed tomography angiography: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 57 (10): 1237-1247.
- [41] Thomsen C, Abdulla J. Characteristics of high-risk coronary plaques identified by computed tomographic angiography and associated prognosis: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2016, 17 (2): 120-129.

(收稿日期: 2017-10-13)