

核素心肌显像临床应用指南(2018)



扫一扫下载指南全文

中华医学会核医学分会 中华医学会心血管病学分会

通信作者:李思进,Email: lisjnm123@163.com

Guideline for the clinical use of myocardial radionuclide imaging (2018)

Society of Nuclear Medicine of Chinese Medical Association, Society of Cardiology of Chinese Medical Association

Corresponding author: Li Sijin, Email: lisjnm123@163.com

【摘要】 核素心肌显像在心脏疾病的诊疗中具有重要的临床价值。为合理地应用该技术、指导临床实践和提高我国心血管疾病诊治水平,中华医学会核医学分会与心血管病学分会组织国内相关领域专家,在参考国内外相关指南和研究的基础上制定了本指南。指南第一部分简要介绍核素心肌显像的方法,包括心肌灌注显像和心肌代谢显像;第二部分着重介绍核素心肌显像的临床应用推荐及说明,包括稳定性冠心病(诊断、危险分层和随访)、急性冠状动脉综合征和心力衰竭(缺血性心力衰竭和非缺血性心力衰竭)。

【关键词】 心血管疾病; 指南; 核素心肌显像

DOI:10.3760/ema.j.issn.0253-3758.2019.07.003

大量循证医学证据表明,核素心肌显像在冠心病的诊断、危险分层、存活心肌检测、治疗决策制定、疗效评价、预后评估以及其他多种心脏疾病的诊治中具有重要的临床价值。其中,核素心肌灌注显像是诊断冠心病患者心肌缺血准确且循证医学证据最充分的无创性方法;核素心肌葡萄糖代谢显像是目前评价存活心肌的“金标准”。为合理地应用该技术、指导临床实践和提高我国心血管疾病诊治水平,中华医学会核医学分会与心血管病学分会组织国内核医学与心血管病学专家,在参考国内外相关指南和研究的基础上制定了本指南。指南第一部分简要介绍核素心肌显像方法,第二部分介绍核素心肌显像在冠心病等心脏疾病中的临床应用。

本指南对推荐类别表达如下。

I 类:已经证实和/或一致公认有益、有用和有效的操作或治疗,推荐使用。

II 类:有用和/或有效的证据尚有矛盾或存在不同观点的操作或治疗。

II a 类:有关证据和/或观点倾向于有用和/或有效,应用这些操作或治疗是合理的。

II b 类:有关证据和/或观点尚不能被充分证明有用和/或有效,可考虑应用。

III 类:已证实和/或一致公认无用和/或无效,并对一些病例可能有害的操作或治疗,不推荐使用。

本指南对证据来源的水平表达如下。

证据水平 A:证据基于多项随机对照试验或荟萃分析。

证据水平 B:证据基于单项随机对照试验或多项非随机对照试验。

证据水平 C:仅为专家共识意见和/或基于小规模研究、回顾性研究和注册研究结果。

方法学简介

核素心肌显像包括核素心肌灌注显像和核素心肌代谢显像等,目前国内临床常用的是心肌灌注显像和¹⁸F-脱氧葡萄糖(fluorodeoxyglucose, FDG)心肌代谢显像^[1]。本指南仅介绍心肌灌注显像和¹⁸F-FDG 心肌代谢显像。

一、心肌灌注显像

(一)心肌灌注显像的原理和方法

心肌灌注显像的基本原理是心肌灌注显像剂的摄取和分布与静脉注射显像剂时的心肌血流量呈正比,并与心肌细胞的活性密切相关;心肌缺血、

损伤或坏死时显像剂摄取减低甚至缺失。静息状态下,即使冠状动脉明显狭窄,心肌血流仍可无明显异常;而负荷(运动或药物)时病变血管可由于冠状动脉储备功能障碍,心肌血流增加受限,表现为相应心肌区域显像剂分布稀疏或缺损。因此,心肌缺血的诊断通常应进行负荷心肌灌注显像和静息心肌灌注显像并进行对比。负荷心肌灌注显像和静息心肌灌注显像既可以采用两日法,也可以采用一日法完成。若负荷心肌灌注显像正常,可不再进行静息心肌灌注显像。负荷(运动或药物)心肌灌注显像异常(灌注减低/缺损)、静息心肌灌注显像部分或完全恢复正常是心肌缺血的典型表现。此外,核素心肌灌注显像可准确反映心肌缺血的部位、范围和程度^[2]。

心肌灌注显像方法包括心肌灌注断层显像和门控心肌灌注断层显像,前者仅获得心肌血流灌注信息,而后者通过心电 R 波触发采集若干心动周期收缩至舒张的系列心肌灌注图像,重建后可以同时获得心肌血流灌注、室壁运动、左心室功能和左心室机械收缩同步性等多方面信息,推荐常规行门控心肌灌注断层显像。心肌灌注显像根据显像设备的不同,分为心肌灌注单光子发射型计算机断层显像(single photon emission computed tomography, SPECT)和心肌灌注正电子发射型计算机断层显像(positron emission computed tomography, PET)。

(二)负荷试验

负荷心肌灌注显像是在负荷试验达标时,静脉注射心肌灌注显像剂后进行的显像。负荷试验是负荷心肌灌注显像密不可分的组成部分,其包括运动负荷试验和药物负荷试验,前者可选择平板或踏车,后者可采用血管扩张类药物[例如腺苷、双嘧达莫(潘生丁)、瑞加诺生(选择性腺苷 A_{2A}受体激动剂)]或增加心肌耗氧类药物(例如多巴酚丁胺)。对于可以运动且能达到运动终点者,运动负荷试验是首选的负荷试验方式。血管扩张类药物负荷试验适用于运动受限、左束支传导阻滞或起搏心律者。多巴酚丁胺药物负荷试验适用于运动受限和血管扩张药物负荷试验有禁忌证者。各种负荷试验的适应证、禁忌证及方法请参考相关指南^[3]。

(三)SPECT 心肌灌注显像

SPECT 心肌灌注显像是目前最常用的心肌灌注显像方法,占心肌灌注显像的绝大部分。常用的 SPECT 显像剂包括^{99m}Tc-甲氧基异丁基异腈(sestamibi, MIBI)、^{99m}Tc-1,2-双[双-(2-乙氧乙基)

膦基]乙烷(tetrofosmin)和²⁰¹Tl等,目前国内最常用的是^{99m}Tc-MIBI。

(四)PET 心肌灌注显像

PET 心肌灌注显像在国内开展较少,PET 心肌灌注显像使用正电子显像剂¹³N-NH₃·H₂O、⁸²Rb等。目前常用的 PET 心肌灌注显像剂半衰期较短,静脉注射后需短时间内显像。PET 负荷心肌灌注显像通常采用药物负荷试验。与 SPECT 心肌灌注显像相比,PET 心肌灌注显像有更优异的分辨率和完善的图像衰减校正技术^[4],还可进行心肌血流绝对定量,并通过基础和最大充血状态下心肌血流获得心肌血流储备(myocardial flow reserve, MFR)和冠状动脉血流储备(coronary flow reserve, CFR),PET 是目前公认的无创检测 CFR 的“金标准”。近年来随着技术的发展,部分机型的 SPECT 也可实现无创心肌血流定量。

二、¹⁸F-FDG 心肌代谢显像

心肌的能量来源主要为游离脂肪酸和葡萄糖。心肌缺血时,缺血心肌主要通过葡萄糖的无氧糖酵解提供能量,葡萄糖代谢增加是缺血但存活心肌的重要标志。¹⁸F-FDG 是最常用的心肌葡萄糖代谢显像剂,通常应用 PET 进行显像。¹⁸F-FDG 心肌代谢显像是判断心肌细胞存活灵敏且准确的方法。存活心肌评价需要¹⁸F-FDG 心肌代谢显像与静息心肌灌注显像结合应用。心肌灌注-代谢不匹配(心肌灌注减低/缺损区¹⁸F-FDG 摄取正常或相对增加),表明心肌缺血但存活;心肌灌注-代谢匹配(心肌灌注缺损区无明显¹⁸F-FDG 摄取),表明心肌细胞没有活性。有关¹⁸F-FDG 心肌代谢显像方法请参考相关指南^[4]。

临床应用

一、稳定性冠心病(stable coronary artery disease, SCAD)

SCAD 包括慢性稳定性劳力型心绞痛、缺血性心肌病和急性冠状动脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)之后稳定的病程阶段^[5]。对 SCAD 患者冠状动脉病变的评价包括解剖性和功能性两方面,核素心肌灌注显像是冠状动脉功能性评价(心肌缺血)应用广泛、循证医学证据最充分的无创性方法。核素心肌灌注显像可准确诊断心肌缺血及心肌缺血的部位、程度和范围,其对 SCAD 的诊断、危险分层、治疗决策及预后评估有重要价值。

(一)诊断

1.应用推荐:核素心肌灌注显像诊断SCAD 的应用推荐见表 1^[5-7]。

2.推荐说明:总体上,运动负荷 SPECT 心肌灌注显像诊断冠心病的敏感度为 82%~88%,特异度为 70%~88%;药物负荷 SPECT 心肌灌注显像诊断冠心病的敏感度为 88%~91%,特异度为 75%~90%^[6],两者诊断冠心病的效能相近,应根据各自的适应证作出恰当的选择^[8]。与 SPECT 心肌灌注显像相比,PET 有更优的分辨率和完善的图像衰减校正技术,PET 心肌灌注显像对冠心病的诊断效能优于 SPECT 心肌灌注显像,还可进行心肌血流量定量、无创评价 MFR 和 CFR,进一步提高诊断冠心病的准确性^[4]。但是,SPECT 心肌灌注显像简便易行,卫生经济学更优,有更广阔的临床应用基础^[9]。无论 SPECT 还是 PET 门控心肌灌注显像,除提供心肌血流灌注的信息外,还能提供多种与冠心病诊断和预后相关的信息,主要包括左心功能参数、室壁运动和室壁增厚率、负荷诱导的左心功能和室壁运动异常、短暂性缺血性左心室扩张、肺异常摄取和右心室异常摄取等。其中,负荷诱导的左心功能和室壁运动异常、短暂性缺血性左心室扩张和肺摄取异常增加是冠心病高危患者的标志^[10-11]。

对于左心室射血分数<50% 并且有典型的胸痛

者,建议直接行冠状动脉造影^[5]。其余患者应根据验前概率(pre-test probability, PTP)选择进一步的诊疗路径。恰当的无创性检查可有效降低冠状动脉造影正常的比例^[12-13]。

核素心肌灌注显像对不同 PTP 患者的推荐如下:(1)中高概率(65%<PTP≤85%)疑诊 SCAD 患者首选运动负荷心肌灌注显像,不能运动或运动不达标者建议行药物负荷心肌灌注显像;(2)中低概率(15%≤PTP≤65%)疑诊 SCAD 患者首选运动心电图,但对于静息心电图异常、可能影响负荷心电图波形改变解读的患者,建议行负荷心肌灌注显像;(3)低概率(PTP<15%)疑诊 SCAD 患者不推荐进行功能性检查,包括核素心肌灌注显像;(4)高概率(PTP>85%)伴有典型的胸痛,或临床证据提示不良事件风险高的疑诊 SCAD 患者,可不进行无创性检查,直接行早期冠状动脉造影,以确立血运重建策略;(5)疑诊冠状动脉微血管病变的患者,在结合临床症状和冠状动脉造影等检查的基础上,CFR 减低有助于冠状动脉微血管病变的诊断,建议行核素 CFR 检测^[14]。

(二)危险分层

1.应用推荐:核素心肌灌注显像应用于 SCAD 危险分层的应用推荐见表 2^[5-7]。

2.推荐说明:对于确诊的 SCAD 患者,应根据临

表 1 核素心肌灌注显像诊断SCAD的应用推荐^[5-7]

指征	检查方法	推荐类别	证据水平
中高概率(65%<PTP≤85%)的疑诊 SCAD 患者,能够进行运动负荷试验	运动负荷心肌灌注显像	I	B
中高概率(65%<PTP≤85%)的疑诊 SCAD 患者,不能进行运动负荷试验	药物负荷心肌灌注显像	I	B
静息心电图异常、可能影响负荷心电图波形改变解读的疑诊 SCAD 患者	负荷心肌灌注显像	I	B
中低概率(15%≤PTP≤65%)的疑诊 SCAD 患者	负荷心肌灌注显像	II a	B
疑诊冠状动脉微血管病变	基于核素心肌血流定量的 CFR 检测	II a	B
低概率(PTP<15%)的疑诊 SCAD 患者	负荷心肌灌注显像	III	C
高概率(PTP>85%)的疑诊 SCAD 患者	负荷心肌灌注显像	III	C

注:SCAD 为稳定性冠心病,PTP 为验前概率,CFR 为冠状动脉血流储备

表 2 核素心肌灌注显像应用于SCAD危险分层的应用推荐^[5-7]

指征	检查方法	推荐类别	证据水平
对于基础心电图存在影响运动负荷心电图解读的情况,或运动负荷心电图结果不确定的 SCAD 患者,建议使用负荷影像学检查	运动负荷心肌灌注显像(首选);药物负荷心肌灌注显像(不能进行运动试验)	I	B
对于心绞痛症状明显的 SCAD 患者,建议行负荷心电图来进行危险分层,但在当地医院专业水平和诊疗设施允许的情况下,优选负荷影像学检查	运动或药物负荷心肌灌注显像	I	B
对于症状恶化的 SCAD 患者,若了解缺血部位和范围可能对临床决策有帮助,建议采用负荷影像学检查	运动或药物负荷心肌灌注显像	I	B
合并左束支传导阻滞的 SCAD 患者	药物负荷心肌灌注显像	II a	B
植入起搏器的 SCAD 患者	药物负荷心肌灌注显像	II a	B

注:SCAD 为稳定性冠心病

床情况、心功能、运动负荷心电图及影像学检查等进行危险分层,并根据危险分层结果制定合理的治疗策略。危险分层的统一标准为:低风险是指年死亡率 $<1\%$,中等风险是指年死亡率 $1\%\sim 3\%$,高风险是指年死亡率 $>3\%$ ^[5,15]。核素心肌灌注显像是 SCAD 患者危险分层的重要无创影像学手段,可准确判断有无心肌缺血以及缺血的部位、程度和范围(缺血面积)。缺血面积对 SCAD 患者危险分层具有重要意义:(1)负荷心肌灌注显像重度灌注异常患者(缺血面积 $>$ 左心室的 10%)的心血管年死亡率 $>3\%$;(2)负荷心肌灌注显像轻中度灌注异常患者($1\%\leq$ 缺血面积 $\leq 10\%$)的心血管年死亡率为 $1\%\sim 3\%$;(3)负荷心肌灌注显像无心肌缺血的患者预后大多良好,其心血管年死亡率很低($<1\%$)^[5,16]。

另外,核素心肌灌注显像可以在临床基本评估和运动负荷心电图的基础上提供显著、增益的预后价值^[17]。虽然从卫生经济学的角度出发,运动负荷心电图更适宜作为 SCAD 患者首选的危险分层工具,但是在当地医院专业水平和显像设备具备的情况下,负荷心肌灌注显像是一种更为适合的方法,特别是当基础心电图存在影响运动负荷心电图解读的情况及运动负荷心电图结果不明确时,负荷心肌灌注显像等负荷影像检查应作为危险分层的首选。

冠状动脉血运重建适用于经强化药物治疗仍有缺血症状或存在较大范围心肌缺血(缺血面积 $>$ 左心室的 10%)证据的 SCAD 患者^[5,18-19]。缺血证据的获得可以依靠无创性功能检查或有创性血流储备分数(FFR)测量。由于运动负荷心电图对心肌缺血诊断的敏感度相对较低^[7],因此功能性影像检查是无创性方法的首选,其中核素心肌灌注显像在国内外都是应用广泛、循证医学证据最充分的无创性方法。对于 SCAD 患者,利用核素心肌灌注显像明确冠状动脉狭窄是否引起心肌缺血,明确缺血部位、程度和范围,对于指导血运重建治疗具有重要的意义。研究表明,SCAD 患者在血运重建术前利用核素心肌灌注显像明确缺血的程度和范围并指导治疗,可以显著降低心肌梗死发生率和全因死亡率^[20]。

(三)随访

1. 应用推荐:核素心肌灌注显像在 SCAD 随访中应用的推荐见表 3^[5-7]。

2. 推荐说明:SCAD 患者的病情可能长期稳定,也可能出现变化,对其定期再次评估,准确掌握其

病情变化,对治疗方案的制定具有重要的临床意义^[21]。对于 SCAD 患者,如果出现新发症状或症状恶化并且排除不稳定性心绞痛,建议首先进行运动负荷心电图或负荷影像学检查,以明确有无新发心肌缺血。由于负荷心肌灌注显像诊断心肌缺血的敏感度优于运动负荷心电图^[7],对于此类患者,负荷心肌灌注显像可作为常规推荐,特别是具备下列情况的患者建议优选负荷心肌灌注显像:(1)基础心电图存在影响运动负荷心电图解读的情况;(2)左束支传导阻滞或起搏器植入者;(3)运动负荷心电图结果不确定。

对于症状稳定或无症状的 SCAD 患者,以及血运重建术后早期(冠状动脉旁路移植术后 5 年以内或者介入治疗 2 年以内)的患者,不推荐常规进行核素心肌灌注显像。但是,COURAGE 研究证实,对于随访中的 SCAD,心肌缺血程度与不良预后相关^[22]。因此,建议对具备以下高危因素的 SCAD 患者行核素心肌灌注显像检测心肌缺血:(1)具有不完全血运重建的病史;(2)需要评价药物治疗的有效性;(3)冠心病相关危险因素有明显变化;(4)非心血管手术前需要重新评估心肌缺血情况。

二、ACS

ACS 分为 ST 段抬高型心肌梗死和非 ST 段抬高型 ACS。非 ST 段抬高型 ACS 根据心肌坏死生物标志物测定结果,分为非 ST 段抬高型心肌梗死和不稳定性心绞痛^[23-24]。核素心肌灌注显像可用于坏死或缺血心肌的定性和定量检测,对可疑 ACS 患者的诊断和危险分层具有价值。

(一)应用推荐

核素心肌灌注显像在 ACS 中应用的推荐见表 4^[23-26]。

(二)推荐说明

对于胸痛缓解、心电图和心肌肌钙蛋白(cardiac troponin, cTn)正常但疑似 ACS 的患者,在有创诊疗策略前应进行无创负荷检查以诱发心肌缺血,优先推荐负荷影像检查(核素负荷心肌灌注显像或负荷超声心动图)。如负荷心肌灌注显像有心肌缺血,则进行冠状动脉造影和血运重建;如负荷心肌灌注显像正常,一般不必进行冠状动脉造影。

对于急性胸痛、无心电图异常、cTn 正常的可疑 ACS 患者,静息心肌灌注显像异常提示心肌坏死或严重心肌缺血,有助于 ACS 的诊断。如静息心肌灌注显像正常,病情稳定后可行负荷心肌灌注显像

表 3 核素心肌灌注显像在 SCAD 随访中应用的推荐^[5-7]

指征	检查方法	推荐类别	证据水平
有 SCAD 病史的患者,出现新发症状或症状恶化,并且排除不稳定性心绞痛,建议行运动负荷心电图或负荷影像学检查。具备下列情况的患者建议优选负荷心肌灌注显像:(1)基础心电图存在影响运动负荷心电图解读的情况;(2)左束支传导阻滞或起搏器植入者;(3)运动负荷心电图结果不确定	运动负荷心肌灌注显像(首选);药物负荷心肌灌注显像(不能进行运动试验)	I	C
有 SCAD 病史的患者,症状稳定或无症状,既往存在无症状性心肌缺血或者再发心脏事件的风险高,并且具备高危因素的患者	运动或药物负荷心肌灌注显像	II a	B
有 SCAD 病史的患者,症状稳定或无症状,冠状动脉旁路移植术后 5 年以内或者介入治疗 2 年以内,并且无高危因素的患者	运动或药物负荷心肌灌注显像	III	C

注:SCAD 为稳定性冠心病

表 4 核素心肌灌注显像在 ACS 中应用的推荐^[23-26]

指征	检查方法	推荐类别	证据水平
胸痛缓解、心电图和 cTn 正常但疑似 ACS 的患者	运动或药物负荷心肌灌注显像	I	A
急性胸痛、无心电图异常改变和 cTn 正常的可疑 ACS 患者	静息心肌灌注显像	II a	C
ST 段抬高型心肌梗死	心肌灌注显像	III	C
非 ST 段抬高型 ACS	心肌灌注显像	III	C

注:ACS 为急性冠状动脉综合征,cTn 为心肌肌钙蛋白

评价有无心肌缺血,正常的显像结果预示着极佳的短期(1 年)预后。

对于已经确诊的 ACS 患者,早期、快速和完全地开通梗死相关冠状动脉是改善其预后的关键,不推荐行核素心肌灌注显像^[23]。

三、心力衰竭

心力衰竭的病因包括缺血性和非缺血性心脏病。核素心肌显像在心力衰竭的主要临床应用包括:(1)检测心肌缺血和存活心肌;(2)心功能和左心室机械收缩同步性评价。

(一)缺血性心力衰竭

1. 应用推荐:核素心肌显像在缺血性心力衰竭中应用的推荐见表 5^[27-29]。

2. 推荐说明:(1)存活心肌评价。存活心肌评价需要 ¹⁸F-FDG 心肌代谢显像与静息心肌灌注显像结合应用(详见本指南方法学简介)。¹⁸F-FDG 心肌代谢显像是目前评价存活心肌的“金标准”,存活心肌是判断血运重建能否获益的重要指标^[30-32]。因此,推荐缺血性心力衰竭患者在血运重建术前行核素心肌显像评价存活心肌。基于回顾性研究的荟

萃分析表明,有存活心肌的缺血性心力衰竭患者行血运重建后生存率明显改善;而没有存活心肌的缺血性心力衰竭患者,血运重建与药物治疗的预后相似^[33]。尽管近期的前瞻性研究(STICH 研究)未能证明上述结果^[34],但另外一项以 ¹⁸F-FDG 心肌代谢显像指导临床决策的前瞻性随机对照试验(PARR-2 研究)证实,如果遵循核素心肌显像结果,血运重建可以显著提高有存活心肌的缺血性心力衰竭患者中期和长期预后^[35]。因此,对于缺血性心力衰竭患者,目前认为在血运重建术前应用核素心肌显像评价存活心肌是有意义的。心脏磁共振延迟强化显像可以精准评价心肌坏死和纤维化,是诊断心肌坏死和纤维化的“金标准”。因此,¹⁸F-FDG 心肌代谢显像和磁共振延迟强化显像互为补充,二者联合应用可以为缺血性心力衰竭患者提供更加全面的信息^[36]。(2)心肌缺血评价。对于没有心绞痛症状的缺血性心力衰竭患者,如果临床情况允许,推荐进行负荷心肌灌注显像明确心肌缺血的部位、程度和范围。部分缺血性心力衰竭患者的心肌缺血由微循环障碍引起,如果条件具备,可行核素

表 5 核素心肌显像在缺血性心力衰竭中应用的推荐^[27-29]

指征	检查方法	推荐类别	证据水平
慢性缺血性心力衰竭患者在血运重建术前行存活心肌检测,用于指导治疗决策和评估预后	静息心肌灌注显像和 ¹⁸ F-FDG 心肌代谢显像(检测存活心肌)	I	B
新诊断、无心绞痛的缺血性心力衰竭,检测心肌缺血和存活心肌,用于指导治疗决策和评估预后	负荷心肌灌注显像(检测心肌缺血);静息心肌灌注显像和 ¹⁸ F-FDG 心肌代谢显像(检测存活心肌)	I	C
评价心室功能	门控心肌显像	II a	B
左心室机械收缩同步性评价	门控心肌显像	II a	B

CFR 检测。部分缺血性心力衰竭患者,缺血心肌和存活心肌可同时存在。因此,建议同时评价心肌缺血和存活心肌。(3)心功能评价。门控心肌灌注和代谢显像在获得心肌灌注和心肌代谢信息的同时,可一站式评价左心室功能,重复性好,并且与心脏磁共振有良好的相关性^[37-39]。因此,推荐在评价心肌灌注和代谢的同时,利用门控技术评价心功能。利用门控心肌显像的相位分析技术可以评价左心室机械收缩的同步性^[40-41],有助于指导心脏再同步化治疗^[42]。

(二)非缺血性心力衰竭

1.应用推荐:核素心肌显像在非缺血性心力衰竭中应用的推荐见表6^[43-51]。

2.推荐说明:非缺血性心力衰竭可由多种心肌病(特发性或继发性)、瓣膜性心脏病或先天性心脏病等引起^[43]。核素心肌显像对于各种非缺血性心力衰竭的临床应用包括两方面^[44]:一方面,利用门控心肌显像评价心功能;另一方面,利用核素心肌灌注显像检测心肌缺血。对非缺血性心力衰竭进行心肌缺血评价的病理基础包括:(1)非缺血性心力衰竭的某些病理改变可以导致心肌缺血,如主动脉瓣狭窄和交感神经异常等;(2)合并微循环障碍^[14];(3)合并冠心病。因此,即便没有心外膜下冠状动脉病变,非缺血性心力衰竭患者仍然可能存在心肌缺血。非缺血性心力衰竭患者的心肌缺血评价建议行药物负荷心肌灌注显像,其对于大多数心力衰竭患者是安全的。此外,心肌¹⁸F-FDG显像结合心肌灌注显像在心脏结节病的诊疗中有独特的价值。

对于有胸部不适但冠心病低度可能的肥厚型心肌病患者,利用核素心肌灌注显像除外肥厚型心

肌病合并冠心病是有意义的^[45],其对于排除肥厚型心肌病合并冠心病具有极佳的阴性预测值。

结节病是一种系统性疾病,尸检证明约1/4的结节病患者伴有心脏受累。结节病心脏受累的病理基础是肉芽肿性炎症及随后的心肌坏死和心肌纤维化。核素心肌显像评价心脏结节病是基于利用心肌¹⁸F-FDG显像评价心肌炎症,利用心肌灌注显像评价心肌坏死或瘢痕。通常将两者联合应用来评价心脏结节病,可有以下异常表现:(1)心肌灌注正常区¹⁸F-FDG摄取增高,代表早期炎性病变;(2)心肌灌注减低伴¹⁸F-FDG摄取增高,代表坏死与炎症并存;(3)心肌灌注和¹⁸F-FDG同等程度减低,代表心肌坏死瘢痕组织^[46]。需要特别强调的是,心脏结节病¹⁸F-FDG显像与存活心肌评价¹⁸F-FDG显像虽然显像剂相同,但是显像原理和方法完全不同。结节病心肌¹⁸F-FDG显像是基于心肌炎症细胞对葡萄糖的利用增加,其显像前需要抑制正常心肌的¹⁸F-FDG生理性摄取,否则容易产生假阳性,具体方法请参考相关指南^[47]。核素心肌显像在心脏结节病的诊疗中有重要价值^[46-48]:(1)早期诊断。肉芽肿性炎是心脏结节病受累的早期表现,因此心肌¹⁸F-FDG的异常摄取增高是诊断心脏结节病的依据之一。对于临床初筛(症状、心电图、超声)有异常发现的患者,利用心肌¹⁸F-FDG显像诊断心脏结节病是必要的。(2)分期。根据心肌灌注及心肌¹⁸F-FDG显像表现可判断心脏结节病是处于炎性肉芽肿期,还是已发展为心肌坏死或瘢痕。(3)治疗决策和预后判断。心室肌的炎症是造成室性心律失常的主要病理基础,心肌¹⁸F-FDG的异常摄取增高可作为免疫抑制治疗的重要依据。另外,经过免疫治疗之后,心肌¹⁸F-FDG显像仍然阳性是

表6 核素心肌显像在非缺血性心力衰竭中应用的推荐^[43-51]

指征	检查方法	推荐类别	证据水平
有症状的肥厚型心肌病患者,检测心肌缺血	药物负荷心肌灌注显像	Ⅱa	C
心脏结节病			
对于临床初筛有心脏异常发现的患者,诊断心脏结节病	心肌 ¹⁸ F-FDG显像	Ⅱa	B
对于有室性心律失常的结节病患者,明确心律失常的病因及指导免疫治疗	心肌 ¹⁸ F-FDG显像	Ⅱa	B
对于接受免疫治疗的心脏结节病患者,评价安装起搏器的必要性	心肌 ¹⁸ F-FDG显像	I	B
对于接受免疫治疗的心脏结节病患者,预测猝死的可能性	心肌 ¹⁸ F-FDG显像	Ⅱb	B
扩张型心肌病			
评价左心室功能	门控心肌灌注显像	Ⅱa	B
评估左心室机械收缩同步性	门控心肌灌注显像	Ⅱa	B
鉴别扩张型心肌病和缺血性心肌病	药物负荷心肌灌注显像	Ⅱa	B
肿瘤化疗药物心肌损伤,评价心功能	门控心肌灌注显像	Ⅱb	B
结缔组织病心肌受累,评价心功能	门控心肌灌注显像	Ⅱb	B

安装起搏器的指征之一,阳性结果对于预测猝死的发生也有价值。

特发性扩张型心肌病是由先天性基因异常与后天因素混合作用致病;其他一些疾病也可以引起与特发性扩张型心肌病相同或相似的临床表型,如左心室致密化不全、肿瘤化疗药物心肌损伤、心肌炎、Chagas 心肌炎/心肌病等^[43]。门控心肌显像可以提供左心室机械收缩不同步及最晚激动部位等定量指标,指导扩张型心肌病的心脏再同步化治疗和评估预后^[40, 49]。门控心肌灌注显像有助于扩张型心肌病和缺血性心肌病的鉴别,节段性心肌灌注异常伴室壁运动减低多提示缺血性心肌病,而散在的心肌灌注异常伴弥漫性左心室室壁运动减低提示扩张型心肌病可能^[50]。

包括蒽环类药物在内的多种肿瘤化疗药物均有心脏毒性,左心功能受损是肿瘤化疗所致心脏损伤的重要标志。门控心肌灌注显像既可评价心肌血流灌注,也可以动态监测左心室功能^[51],其重复性好。

多种结缔组织病可以累及心脏,包括系统性红斑狼疮、类风湿性关节炎和硬皮病等。心脏受累的类型和表现多种多样,包括心包炎、心包积液、心肌炎、传导异常、继发性扩张型心肌病等^[27]。利用门控心肌灌注显像可动态监测左心室功能,并可同时评价可能的心肌损害。

指导委员会成员(按姓氏拼音排序):方唯一,葛均波,韩雅玲,何作祥,李思进,赵世华

写作组组长:王跃涛,杨敏福

写作组成员(按姓氏拼音排序):方纬,何作祥,李剑明,李思进,王跃涛,杨敏福,张晓丽

专家组成员(按姓氏拼音排序):陈良龙(福建医科大学附属协和医院),丁虹(《中华核医学与分子影像杂志》编辑部),窦克非(中国医学科学院北京协和医学院国家心血管病中心阜外医院),方纬(中国医学科学院北京协和医学院国家心血管病中心阜外医院),方唯一(上海交通大学附属胸科医院),干岭(《中华心血管病杂志》编辑部),葛均波(复旦大学附属中山医院),葛英辉(河南省人民医院),郭应坤(四川大学华西第二医院),郭佑民(西安交通大学第一医院),韩雅玲(北部战区总医院),何作祥(北京清华长庚医院),胡硕(中南大学湘雅医院),黄钢(上海健康医学院),黄岚(陆军军医大学新桥医院),孔祥清(南京医科大学第一附属医院),兰晓莉(华中科技大学同济医学院附属协和医院),李保(山西医科大学第二医院),李剑明(中国医学科学院北京协和医学院泰达国际心血管病医院),李思进(山西医科大学第一医院),李亚明(中国医科大学附属第一医院),李毅(北部战区总医院),刘文亚(新疆医科大学第一附

属医院),刘学波(同济大学附属同济医院),吕秀章(首都医科大学附属北京朝阳医院),马长生(首都医科大学附属北京安贞医院),马礼坤(安徽省立医院),马晓海(首都医科大学附属北京安贞医院),曲新凯(复旦大学附属华东医院),石洪成(复旦大学附属中山医院),宋雷(中国医学科学院北京协和医学院国家心血管病中心阜外医院),孙英贤(中国医科大学附属第一医院),孙志军(解放军总医院),王浩(中国医学科学院北京协和医学院国家心血管病中心阜外医院),汪静(空军军医大学西京医院),王雪梅(内蒙古医科大学附属医院),王跃涛(苏州大学附属第三医院),武志芳(山西医科大学第一医院),夏黎明(华中科技大学同济医学院附属同济医院),徐亚伟(同济大学附属第十人民医院),杨敏福(首都医科大学附属北京朝阳医院),于波(哈尔滨医科大学附属第二医院),赵世华(中国医学科学院北京协和医学院国家心血管病中心阜外医院),张佳胤(上海交通大学附属第六人民医院),张晓丽(首都医科大学附属北京安贞医院),张永学(华中科技大学同济医学院附属协和医院),周胜华(中南大学湘雅二医院)

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 中华医学会核医学分会《核素心肌显像规范化报告书写专家共识》编写委员会. 核素心肌显像规范化报告书写专家共识(2018版)[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2018, 38(12): 805-809. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.12.008.
- [2] Dorbala S, Ananthasubramaniam K, Armstrong IS, et al. Single photon emission computed tomography (SPECT) myocardial perfusion imaging guidelines: instrumentation, acquisition, processing, and interpretation[J]. J Nucl Cardiol, 2018, 25(5): 1784-1846. DOI: 10.1007/s12350-018-1283-y.
- [3] Henzlova MJ, Duvall WL, Einstein AJ, et al. ASNC imaging guidelines for SPECT nuclear cardiology procedures: stress, protocols, and tracers[J]. J Nucl Cardiol, 2016, 23(3): 606-639. DOI: 10.1007/s12350-015-0387-x.
- [4] Dilsizian V, Bacharach SL, Beanlands RS, et al. ASNC imaging guidelines / SNMMI procedure standard for positron emission tomography (PET) nuclear cardiology procedures[J]. J Nucl Cardiol, 2016, 23(5): 1187-1226. DOI: 10.1007/s12350-016-0522-3.
- [5] 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组, 中华医学会心血管病学分会动脉粥样硬化与冠心病学组, 中国医师协会心血管内科医师分会血栓防治专业委员会, 等. 稳定性冠心病诊断与治疗指南[J]. 中华心血管病杂志, 2018, 46(9): 680-694. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.09.004.
- [6] 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]. J Am Coll Cardiol, 2012, 60(24): e44-164. DOI: 10.1016/j.

- jacc.2012.07.013.
- [7] 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[J]. Eur Heart J, 2013, 34(38): 2949-3003. DOI: 10.1093/eurheartj/eh296.
 - [8] 田月琴, 何作祥, 王琦, 等. 腺苷与运动负荷心肌灌注显像诊断不典型胸痛心肌缺血的临床价值[J]. 中华核医学杂志, 2005, 25(5): 298-300.
 - [9] 中华医学会核医学分会. 2018 年全国核医学现状普查结果简报[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2018, 38(12): 813-814. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.12.010.
 - [10] Tilkemeier PL, Bourque J, Doukky R, et al. ASNC imaging guidelines for nuclear cardiology procedures: standardized reporting of nuclear cardiology procedures[J]. J Nucl Cardiol, 2017, 24(6): 2064-2128. DOI: 10.1007/s12350-017-1057-y.
 - [11] 石洪成, 陈绍亮, 刘文官, 等. ^{99m}Tc -MIBI 双嘧达莫负荷/静息门控心肌灌注显像 TID 比值正常值及其临床应用[J]. 中华核医学杂志, 2007, 27(3): 168-170. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2007.03.011.
 - [12] Han PP, Tian YQ, Fang W, et al. Impact of myocardial perfusion imaging on in-hospital coronary angiography and revascularization of patients with suspected coronary artery disease[J]. Chin Med J (Engl), 2011, 124(11): 1603-1609.
 - [13] 宋丽萍, 何作祥, 史蓉芳, 等. 运动试验心肌灌注 SPECT 显像对冠状动脉造影决策的影响[J]. 中华核医学杂志, 2001, 21(3): 133-135. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2001.03.001.
 - [14] 中华医学会心血管病学分会基础医学组, 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组, 中华医学会心血管病学分会女性心脏健康学组, 等. 冠状动脉微血管疾病诊断和治疗的中国专家共识[J]. 中国循环杂志, 2017, 32(5): 421-430. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2017.05.003.
 - [15] Fox K, Garcia MA, Ardissino D, et al. Guidelines on the management of stable angina pectoris: executive summary: the task force on the management of stable angina pectoris of the European Society of Cardiology[J]. Eur Heart J, 2006, 27(11): 1341-1381. DOI: 10.1093/eurheartj/ehl001.
 - [16] 杨敏福, 何作祥, 刘秀杰, 等. 运动试验 ^{99m}Tc -MIBI 心肌灌注显像正常在冠状动脉造影确诊的冠心病患者中的预后价值[J]. 中华心血管病杂志, 2004, 32(1): 5-8. DOI: 10.3760/j.issn:0253-3758.2004.01.003.
 - [17] 史蓉芳, 王文明, 刘秀杰. 心肌灌注显像对冠心病患者心脏不良事件预测价值的初步探讨[J]. 中华心血管病杂志, 1999, 27(3): 216-218. DOI: 10.3760/j.issn:0253-3758.1999.03.016.
 - [18] Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. 2018 ESC / EACTS guidelines on myocardial revascularization[J]. Eur Heart J, 2019, 40(2): 87-165. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy394.
 - [19] 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组, 中国医师协会心血管内科医师分会血栓防治专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国经皮冠状动脉介入治疗指南(2016)[J]. 中华心血管病杂志, 2016, 44(5): 382-400. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2016.05.006.
 - [20] Hung GU, Ko KY, Lin CL, et al. Impact of initial myocardial perfusion imaging versus invasive coronary angiography on outcomes in coronary artery disease: a nationwide cohort study[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2018, 45(4): 567-574. DOI: 10.1007/s00259-017-3872-4.
 - [21] 张晓丽, 刘秀杰, 高润霖, 等. 心肌灌注显像对经皮冠状动脉腔内成形术后的远期预后价值[J]. 中华心血管病杂志, 2003, 31(4): 278-281. DOI: 10.3760/j.issn:0253-3758.2003.04.011.
 - [22] Shaw LJ, Berman DS, Maron DJ, et al. Optimal medical therapy with or without percutaneous coronary intervention to reduce ischemic burden: results from the clinical outcomes utilizing revascularization and aggressive drug evaluation (COURAGE) trial nuclear substudy[J]. Circulation, 2008, 117(10): 1283-1291. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.743963.
 - [23] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南[J]. 中华心血管病杂志, 2010, 38(8): 675-690. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2010.08.002.
 - [24] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 非 ST 段抬高型急性冠状动脉综合征诊断和治疗指南(2016)[J]. 中华心血管病杂志, 2017, 45(5): 359-376. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2017.05.003.
 - [25] Amsterdam EA, Wenger NK, Brindis RG, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines[J]. J Am Coll Cardiol, 2014, 64(24): e139-228. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.09.017.
 - [26] Roffi M, Patrono C, Collet JP, et al. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: task force for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC)[J]. Eur Heart J, 2016, 37(3): 267-315. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv320.
 - [27] Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association task force on practice guidelines[J]. J Am Coll Cardiol, 2013, 62(16): e147-239. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.05.019.
 - [28] Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: the task force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC [J]. Eur J Heart Fail, 2016, 18(8): 891-975. DOI: 10.1002/ejhf.592.
 - [29] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2014[J]. 中华心血管病杂志, 2014, 42(2): 98-122. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2014.02.004.
 - [30] 杨彦松, 张晓膺, 王跃涛, 等. 存活心肌数量预测冠状动脉旁路移植术后左心室射血分数改善[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2016, 32(5): 279-282. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-4497.2016.05.006.
 - [31] 张晓丽, 刘秀杰, 胡盛寿, 等. ^{99m}Tc -MIBI 心肌灌注显像及 18F-FDG PET 心肌代谢显像探测左心室室壁瘤心肌存活性的临床价值[J]. 中华心血管病杂志, 2008, 36(11): 999-1003. DOI: 10.3321/j.issn:0253-3758.2008.11.010.
 - [32] 余丹青, 周颖玲, 陈津, 等. 心肌灌注及代谢显像检测存活心肌及对心肌梗死伴左室功能不全患者治疗策略的影响[J]. 中华核医学杂志, 2005, 25(4): 229-231. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2005.04.013.

- [33] Allman KC, Shaw LJ, Hachamovitch R, et al. Myocardial viability testing and impact of revascularization on prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: a meta-analysis[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2002,39(7): 1151-1158.
- [34] Bonow RO, Maurer G, Lee KL, et al. Myocardial viability and survival in ischemic left ventricular dysfunction[J]. *N Engl J Med*, 2011, 364(17): 1617-1625. DOI: 10.1056 / NEJMoa1100358.
- [35] Mc AB, Shukla T, Nichol G, et al. Long-term follow-up of outcomes with F¹⁸-Fluorodeoxyglucose positron emission tomography imaging-assisted management of patients with severe left ventricular dysfunction secondary to coronary disease[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2016,9(9):e004331. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.115.004331.
- [36] 李燕, 陆敏杰, 王丽, 等. 心脏 MR 延迟增强成像联合核素显像评价缺血性心脏病患者的存活心肌[J]. *中华放射学杂志*, 2015,49(6):425-429. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2015.06.007.
- [37] Kondo C, Fukushima K, Kusakabe K. Measurement of left ventricular volumes and ejection fraction by quantitative gated SPET, contrast ventriculography and magnetic resonance imaging: a meta-analysis[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2003,30(6):851-858. DOI: 10.1007/s00259-003-1146-9.
- [38] Schaefer WM, Lipke CS, Nowak B, et al. Validation of an evaluation routine for left ventricular volumes, ejection fraction and wall motion from gated cardiac FDG PET: a comparison with cardiac magnetic resonance imaging[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2003,30(4):545-553. DOI: 10.1007/s00259-003-1123-3.
- [39] 田丛娜, 科雨彤, 魏红星, 等. 门控 SPECT 及门控 PET 心肌显像评价左心室室壁瘤患者左心室功能的临床价值[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2015, 35(5): 364-367. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2015.05.007.
- [40] Wang L, Yang MF, Cai M, et al. Prognostic significance of left ventricular dyssynchrony by phase analysis of gated SPECT in medically treated patients with dilated cardiomyopathy[J]. *Clin Nucl Med*, 2013, 38(7): 510-515. DOI: 10.1097/RLU.0b013e318292eedf.
- [41] 王建锋, 王跃涛, 张晓丽, 等. 门控心肌灌注显像相位分析评价陈旧性心肌梗死患者左心室收缩同步性[J]. *中华心血管病杂志*, 2015, 43(7): 599-604. DOI: 10.3760 / cma. j. issn.0253-3758.2015.07.007.
- [42] Zhou W, Hou X, Piccinelli M, et al. 3D fusion of LV venous anatomy on fluoroscopy venograms with epicardial surface on SPECT myocardial perfusion images for guiding CRT LV lead placement[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2014, 7(12): 1239-1248. DOI: 10.1016/j.jcmg.2014.09.002.
- [43] Maron BJ, Towbin JA, Thiene G, et al. Contemporary definitions and classification of the cardiomyopathies: an American Heart Association Scientific Statement from the Council on Clinical Cardiology, Heart Failure and Transplantation Committee; Quality of Care and Outcomes Research and Functional Genomics and Translational Biology Interdisciplinary Working Groups; and Council on Epidemiology and Prevention[J]. *Circulation*, 2006, 113(14): 1807-1816. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.174287.
- [44] Klocke FJ, Baird MG, Lorell BH, et al. ACC/AHA/ASNC guidelines for the clinical use of cardiac radionuclide imaging--executive summary: a report of the American College of Cardiology / American Heart Association task force on practice guidelines (ACC/AHA/ASNC committee to revise the 1995 guidelines for the clinical use of cardiac radionuclide imaging) [J]. *Circulation*, 2003, 108(11): 1404-1418. DOI: 10.1161/01.CIR.0000080946.42225.4D.
- [45] Gersh BJ, Maron BJ, Bonow RO, et al. 2011 ACCF/AHA guideline for the diagnosis and treatment of hypertrophic cardiomyopathy: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association task force on practice guidelines. Developed in collaboration with the American Association for Thoracic Surgery, American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011,58(25):e212-260. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.06.011.
- [46] Rhja S, Awjm G, Lancellotti P, et al. A joint procedural position statement on imaging in cardiac sarcoidosis: from the Cardiovascular and Inflammation & Infection Committees of the European Association of Nuclear Medicine, the European Association of Cardiovascular Imaging, and the American Society of Nuclear Cardiology[J]. *J Nucl Cardiol*, 2018,25(1): 298-319. DOI: 10.1007/s12350-017-1043-4.
- [47] Chareonthaitawee P, Beanlands RS, Chen W, et al. Joint SNMMI-ASNC expert consensus document on the role of ¹⁸F-FDG PET/CT in cardiac sarcoid detection and therapy monitoring[J]. *J Nucl Med*, 2017, 58(8): 1341-1353. DOI: 10.2967/jnumed.117.196287.
- [48] Birnie DH, Sauer WH, Bogun F, et al. HRS expert consensus statement on the diagnosis and management of arrhythmias associated with cardiac sarcoidosis[J]. *Heart Rhythm*, 2014,11(7):1305-1323. DOI: 10.1016/j.hrthm.2014.03.043.
- [49] Henneman MM, Chen J, Dibbets-Schneider P, et al. Can LV dyssynchrony as assessed with phase analysis on gated myocardial perfusion SPECT predict response to CRT?[J]. *J Nucl Med*, 2007,48(7):1104-1111. DOI: 10.2967/jnumed.107.039925.
- [50] 田月琴, 刘秀杰, 史蓉芳. 扩张性心肌病和缺血性心肌病心肌灌注、代谢及功能的综合评价[J]. *中华核医学杂志*, 2000, 20(3): 105-108. DOI: 10.3760 / cma. j. issn. 2095-2848. 2000. 03.003.
- [51] Zamorano JL, Lancellotti P, Rodriguez MD, et al. 2016 ESC position paper on cancer treatments and cardiovascular toxicity developed under the auspices of the ESC committee for practice guidelines: the task force for cancer treatments and cardiovascular toxicity of the European Society of Cardiology (ESC)[J]. *Eur Heart J*, 2016,37(36):2768-2801. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw211.

(收稿日期:2019-03-12)

(本文编辑:卢全)