

不同检查方式对心肌缺血的研究进展

刘 秀¹, 孙艳秋^{2*}

¹青海大学研究生院, 青海 西宁

²青海省人民医院, 青海 西宁

收稿日期: 2022年4月27日; 录用日期: 2022年5月21日; 发布日期: 2022年5月31日

摘 要

心肌缺血是指心脏的血液灌注减少导致心脏的供氧减少, 心肌能量代谢不正常, 不能支持心脏正常工作的一种病理状态。正常情况下机体可通过自身调节, 促使血液供需相对恒定。当某种原因导致心肌血液供需失衡, 就构成真正的心肌缺血。心肌缺血后导致的心肌损伤是一种复杂的病理过程, 涉及炎症、能量缺乏、氧化应激、心肌细胞死亡等改变以及多种复杂信号通路。现阶段临床多通过冠脉CT、冠脉造影、核素心肌灌注显像、核磁共振以及心电图等方式对心肌缺血进行诊断, 本文结合既往研究资料对这几种方法诊断心肌缺血的价值及最新进展进行综述, 旨在为相关人员提供参考。

关键词

动态心电图, 心肌缺血, 心肌灌注, 冠状动脉造影

Research Progress of Myocardial Ischemia with Different Examination Methods

Xiu Liu¹, Yanqiu Sun^{2*}

¹Graduate School, Qinghai University, Xining Qinghai

²Qinghai Provincial People's Hospital, Xining Qinghai

Received: Apr. 27th, 2022; accepted: May 21st, 2022; published: May 31st, 2022

Abstract

Myocardial ischemia refers to a pathological state in which reduced blood perfusion of the heart leads to reduced oxygen supply and abnormal myocardial energy metabolism, which cannot support the normal work of the heart. Under normal circumstances, the body can regulate its own blood

*通讯作者。

supply and demand relatively constant. True myocardial ischemia occurs when there is an imbalance between the supply and demand of blood in the heart muscle for some reason. Myocardial injury after myocardial ischemia is a complex pathological process involving inflammation, energy deficiency, oxidative stress, myocardial cell death and many complex signaling pathways. At present, coronary artery CT, coronary angiography, radionuclide myocardial perfusion imaging, nuclear magnetic resonance, electrocardiogram and other methods are used to diagnose myocardial ischemia. This paper reviews the value and latest progress of these methods in the diagnosis of myocardial ischemia based on previous research data, aiming to provide reference for relevant personnel.

Keywords

Dynamic Electrocardiogram, Myocardial Ischemia, Myocardial Perfusion, Coronary Angiography

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 动态心电图对心肌缺血的诊断

动态心电图相对其他检查方式来说价格低廉, 操作简便、无创, 易于患者接受, 因此在临床工作中的应用也十分广泛; 此外, 动态心电图还支持明确患者心脏功能的详细原始信息, 例如心肌缺血初步定位、缺血持续时间、缺血程度等, 可保证检查者获取较为全面的数据, 保证心肌缺血诊断的可靠性, 减少漏诊、误诊, 为患者早期接受对症治疗提供可靠参考, 并优化患者预后质量[1]。临床上心电图主要分为常规心电图和动态心电图两个方面。常规心电图由于采集时间较短导致在诊断早期心肌缺血方面的应用并没有动态心电图更有价值, 有研究[2]以确诊为冠心病的 60 例患者为研究对象分别行常规心电图检查与动态心电图检查, 对比分析后发现, 相对比常规心电图, 动态心电图的检出率更高, 因此可以表明动态心电图对心脏缺血诊断价值更高。另有研究[3]中发现, 在无症状心肌缺血患者中行 24 动态心电图检查, 阳性率为 63.2%; 行 48 h 动态心电图检查, 阳性率为 83.1%; 行 72 h 动态心电图检查, 阳性率为 94.1%, 所以可以表明随着动态时间的增加, 诊断的阳性率也随之提高。梳理近些年心肌缺血诊断的相关文献可知, 心肌缺血的诊断依据常见于两方面: 其一为 PR 段, 占比约为 48%; 其二为 ST 段压低, 占比约为 52% [4]。近些年随着研究的持续深入与不断完善, 临床针对心肌缺血已逐渐形成较为统一的诊断标准, 具体如下: ① 以等电位基线进行对比、判断; ② 动态心电图检查 ST 段结果为水平、下移(时间 > 1 min)即为心肌缺血; ③ 若患者心肌缺血频次的间隔时间在 1 min 以上即为心肌缺血[5]。虽然动态心电图检查, 其以快速、操作简单、重复性高等特点, 在临床得到了广泛应用。但动态心电图检查在诊断过程中, 受患者神经功能失调、心肌肥厚及电解质紊乱等因素限制, 难以提升检测特异性, 因此在临床诊疗方面仍存在局限。

2. CTP 对心肌缺血的诊断

CT 心肌灌注成像(CT myocardial perfusion imaging, CT-MPI)作为一种无创的功能性成像方式, 可以判断患者是否存在心肌功能障碍, 比如心肌缺血、心肌梗死等问题, 由于其无创、简便、成像效果优良等突出优势, 已经成为在心肌功能方面检查的首选方案。目前 CT 心肌灌注扫描方案通常分为三个阶段, 即 CCTA 扫描、负荷 CT-MPI 扫描和碘延迟强化扫描。临床根据具体情况选择操作流程, 先静息后负荷

或先负荷后静息。CT-MPI 分析方法主要有定性和定量两种。定性分析法是通过目测某区域与远处正常心肌的密度差异判断缺血情况。但是, 定性分析难以准确判断因三支主干血管病变引起的弥漫性心肌缺血, 且易受到硬化线束伪影、运动和呼吸伪影的影响[6]。定量分析分为半定量分析和全定量分析。目前, 全定量分析基于双室模型, 利用去卷积等方法[7], 通过连续采集动态 CT-MPI 图像绘制时间密度曲线, 分析并计算心肌血流量(myocardial blood flow, MBF)、心肌血容量、达峰时间、组织通过时间等血流动力学参数[8]。半定量分析主要通过相对比值评估心肌灌注情况, 如透壁灌注指数、负荷心肌血流比值。早期由于 CT 技术的限制, CT-MPI 以静态为主, 静态 CT-MPI 的数据分析常用定性分析法, 目测法对于全心缺血的诊断有限, 由于伪影的影响, 易产生假阳性的结果。随着心脏 CT 技术的不断发展, 动态 CT-MPI 的优势逐渐显现, 其敏感性较静态 CT-MPI 更高[9], 在识别弥漫性心肌缺血及进行缺血严重程度分级等方面发挥重要作用。与静态 CT-MPI 相比, 动态 CT-MPI 对较小的心肌灌注差异也更敏感[10], 并可对灌注缺损进行全定量评估。因此, CT 心肌灌注成像作为目前临床上对心肌缺血检查最为核心且有着关键成效的方式之一, 值得医生及患者更多的关注。

3. MRI 对心肌缺血的诊断

MRI 诊断心肌缺血的方法包括心肌灌注、心肌形态成像、心脏功能成像、心肌 MR 延迟增强等, 可从多角度评估患者的心脏形态、心肌病理改变及血液循环状态。MRI 心肌灌注成像(MR myocardial perfusion imaging, MR-MPI)已成为冠心病无创性影像学诊断的有效方法[11]。MRI 心肌首过灌注、延迟扫描是通过对比剂在不同心肌组织间扩散差异引起信号的改变, 评估心肌细胞的完整性及心肌毛细血管的灌注情况。通过对心脏 MRI 表现进一步分析发现病变心肌较正常心肌出现以下 2 种信号特征: ① 首过灌注降低, 但无明显延迟强化; ② 首过灌注降低, 伴心肌延迟强化。MRI 能通过不同的延迟强化程度判断梗死缺血心肌的区域及严重程度, 有助于临床选择治疗方式[12]。研究表明[13], 与 CAG 对照, MR-MIP 可通过心肌梗死部位间接推断病变血管, 对 LAD、LCX 及 RCA 病变均有较高的诊断符合率、敏感度和特异度。对比[14] MRI 检查和单光子发射计算机断层显像检查诊断心肌缺血及坏死的敏感度、准确率和特异度。结果显示用 MRI 检查诊断心肌缺血的敏感度、准确率和特异度分别为 91.28%、86.42%、81.36%, 诊断心肌坏死的敏感度、准确率和特异度分别为 68.43%、80.17%、92.56%; 用单光子发射计算机断层显像检查诊断心肌缺血的敏感度、准确率和特异度分别为 93.46%、78.15%、90.25%, 诊断心肌坏死的敏感度、准确率和特异度分别为 60.56%、74.25%、85.21%。所以可以认为 MRI 检查和单光子发射计算机断层显像检查诊断心肌缺血及坏死均可取得良好的效果。虽然核素扫描及冠状动脉造影在心肌缺血诊断方面一直地位显著, 但 MRI 心脏扫描可一次完成心脏形态、室壁运动、心肌灌注及心肌活性的检测, 具有非侵袭性、无电离辐射、可获得高分辨率图像的优势, 目前已逐渐成为无创评估心脏结构、功能的金标准, 因此在临床中也得到了越来越多的关注[15], 同时 MRI 心肌灌注扫描对冠心病有较高的诊断价值, 能够准确、无创地分析冠脉狭窄程度及心肌缺血的严重程度, 并为是否行血运重建提供依据, 可在冠脉术后随访及疗效评价中发挥重要作用。

4. SPECT 对心肌缺血的诊断

单光子发射型计算机断层(single photon emission computed tomography, SPECT)心肌灌注显像作为心肌缺血重要检查方式[16], 可直接观察到心肌是否缺血、缺血范围及程度, 反应心肌灌注血流动力学信息, 并进行危险度分层[17] SPECT 通过静脉注射放射性核素标记的显影剂, 经心肌摄取后来实现心肌显像, 由于心肌阶段聚集放射性核素的摄取量与该部分冠状动脉灌注呈正相关, 因此 SPECT 可以评估心肌灌注、定量分析心肌室壁运动和心室功能。SPECT 心肌灌注显像分为静息、负荷两种方案。判断标准[18]

依据心肌灌注图像对灌注缺损进行鉴别, 负荷以及静息检查结果显示放射性稀疏或者缺损位置超过 4 个连续层面以及 2 个轴向出现如: 不可逆、混合性以及可逆异常变化为阳性, 负荷以及静息检查结果显示放射性基本分布均匀则为阴性。根据美国心脏协会 17 节段评分法[19], 可分为 0~4 分 5 个等级, 0 分为灌注正常, 1 分为轻度减低, 2 分为中度减低, 3 分为重度减低, 4 分为无灌注。依次计算每支狭窄冠状动脉对应心肌异常灌注区负荷积分、静息积分以及灌注积分差(负荷积分与静息积分之差), 灌注积分显示患者心肌缺血性变化。心肌灌注显像不仅可以常规诊断各型冠心病、心肌病的心肌缺血和心室功能, 还能指导介入治疗术中评估缺血心肌的再灌注情况。同时可以获得心肌血流灌注的断层图及靶心图, 动态室壁运动(wall motion, WM)、室壁运动增厚率(wall thickening, WT)、左室舒张末期容积(left ventricular end diastolic volume, LVEDV)、左室收缩末期容积(left ventricular end systolic volume, LVESV)及左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)等重要信息, 对综合评价心肌活性和心功能有重要的意义[20]。虽然核素心肌灌注显像作为方便、无创的心血管病诊断技术已广泛应用于临床, 但仍存在误诊病例, 这是因为多支病变时, 心肌灌注显像只有缺血最严重的病变显示出来。因此, 临床工作中依然需要结合其他检查方式联合做出诊断。同时由于核素扫描价格昂贵, 辐射相对较大, 临床诊疗中很难被普遍应用。

5. CAG 对心肌缺血的诊断

冠状动脉造影(coronary arteriography, CAG)是解剖影像, 主要反映冠状动脉血管走行、管腔通畅情况。CAG 能了解冠脉各级分支有无狭窄病变存在, 对狭窄部位、范围、严重程度、血管壁的情况等可做出明显诊断, 有助于治疗方案的制定[21]。CAG 通过选择性地将造影剂注射到冠状动脉内, 通过记录其发展过程, 来反映血管的狭窄或病变程度, 以确定冠状动脉是否有病变[22]。计算冠状动脉病变指数按左主干(LM)、左冠状动脉前降支(LAD)、左冠状动脉回旋支(LCX)、右冠状动脉(RCA), 同时, 将角支病变、钝圆支病变与左室后支和病降支病变分别计入 LAD、LCX、RCA 范畴。满足以下标准, 可判定为冠状动脉病变: 当发现 ≥ 1 支主要冠状动脉(包括 LAD、LM、RCA、LCX)或主要分支(包括边缘支、角支及后降支等)狭窄程度超 50%, 为阳性。狭窄程度介于 50%~69%之间, 表示轻度狭窄; 狭窄程度介于 70%~89%之间, 表示中度狭窄; 狭窄程度 $\geq 90\%$, 表示重度狭窄。一直以来人们都认为冠脉狭窄是导致心肌缺血的主要及重要因素, 但随之后来研究的多方证明, 冠状动脉狭窄程度与心肌缺血之间不完全匹配[23], 冠状动脉狭窄不是冠状动脉血流量减少的唯一因素。因此就需要结合上述其他方式来明确心肌缺血成程度及范围等来确定治疗方案。有研究表明[24]在介入治疗中 CAG 结合 FFR 可以更加精准地诊断狭窄病变血流动力学。FFR 是指, 患者发生狭窄性病变冠状动脉所给养的心肌区域得到的最大血流量同正常血流量间的比值[24]。通过外周肘静脉, 注入扩张微血管药物, 当冠状动脉微循环达到最大充血情况下, 立马对平均动脉压与狭窄远端冠状动脉压进行检测, 进而获取检测指标。在采用介入治疗冠心病时, 运用 FFR 有着许多好处: FFR 可以更加精准地诊断狭窄病变血流动力学, FFR 指标水平可以作为重建血管的有效参考, FFR 分数有利于治疗多支病变, 并对血管重建方案带去影响; FFR 可以对患者心肌缺血性病变状况进行细致探查, 有着极高的敏感度与特异性[25]。选择性冠状动脉造影检查作为冠状动脉病变诊断的“金标准”, 一直以来在临床中的地位都不容忽视, 但是该检查方法所需费用较高, 属于有创检查, 再加上该检测方法采用的二维成像技术, 无法提供变异血管的三维数据, 故在实际临床应用依然受到一定程度的限制[26]。

目前临床上诊断心肌缺血方式多种多样, 包括: 心电图、24 h 动态心电图、磁共振血管成像、CT-MPI、核医学、核医学、CAG 等, 各种方式对于心肌缺血的诊疗作用都值得关注, 但更值得注意的是, 使用 CT 行心肌灌注显像发现心肌灌注缺损与核素心肌灌注显像结果具有很好的一致性。且 CTA 与 CTP 联合“一站式”显像可明显提高狭窄诊断的准确性, 比单独冠状动脉造影或心肌灌注提供更多信息。CTP 与

MRI 心肌灌注相比具有很好的诊断精确度, 可发现心肌灌注缺损, 并区分心肌缺血和梗死, 对仅表现为管状动脉迂曲而无冠状动脉狭窄者, CTP 也可及早显示缺血心肌, 从而及早干预冠状动脉迂曲患者的心肌营养治疗。此外彭晋等通过建立猪急性心肌缺血再灌注模型, 证实 CTP 可准确判断缺血再灌注模型, 证实 CTP 可准确判断缺血再灌注损伤的心肌, 从而对心肌梗死再通过心肌预后进行预估。所以说未来 CT 对于心肌缺血反方面的作用值得更多期待, 但是目前而言, 基于心肌缺血原因的复杂性, 很多情况下仍然需要结合两种及两种以上的检查, 才能做出最合适的诊断, 而且很多研究也表明, 结合以上任何两种及两种以上的方式诊断心肌缺血的价值都高于单一方式。

参考文献

- [1] 纪金娟. 动态心电图对冠心病合并心律失常患者观察效果心电图监护质量的改善[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2020, 8(34): 126-127.
- [2] 邓茵戈. 动态心电图检查老年冠心病心肌缺血和心律失常临床效果分析[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(22): 244-246.
- [3] 王忠鑫, 初悦美, 杨妮, 张玲玲, 孙海涛. 常规心电图与动态心电图对老年冠心病患者心肌缺血和心律失常的诊断价值比较[J]. 中国实用医刊, 2020, 47(20): 75-77.
- [4] 马玉华, 李桂侠. 动态心电图检查心律失常及心肌缺血的诊断价值[J]. 内蒙古医学杂志, 2020, 52(11): 1341-1342.
- [5] 姜碧云, 余姝妍. 动态心电图 QTc 间期对冠心病心肌缺血发作的预测价值[J]. 现代实用医学, 2020, 32(11): 1416-1417+1444.
- [6] 俞雅蓉, 于丽华, 代旭, 张佳胤. CT 心肌灌注成像在缺血性心脏病诊断中的研究进展[J]. 医学综述, 2021, 27(16): 3280-3285.
- [7] Seitun, S., De Lorenzi, C., Cademartiri, F., et al. (2018) CT Myocardial Perfusion Imaging: A New Frontier in Cardiac Imaging. *BioMed Research International*, **2018**, Article ID: 7295460. <https://doi.org/10.1155/2018/7295460>
- [8] Ebersberger, U., Marcus, R.P., Schoepf, U.J., et al. (2014) Dynamic CT Myocardial Perfusion Imaging: Performance of 3D Semi-Automated Evaluation Software. *European Radiology*, **24**, 191-199. <https://doi.org/10.1007/s00330-013-2997-5>
- [9] Danad, I., Szymonifka, J., Schulman-Marcus, J., et al. (2016) Static and Dynamic Assessment of Myocardial Perfusion by Computed Tomography. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*, **17**, 836-844. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jew044>
- [10] Schwarz, F., Hinkel, R., Baloch, E., et al. (2013) Myocardial CT Perfusion Imaging in a Large Animal Model: Comparison of Dynamic versus Single-Phase Acquisitions. *JACC: Cardiovascular Imaging*, **6**, 1229-1238. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2013.05.018>
- [11] Saeed, M., Van, T.A., Krug, R., et al. (2015) Cardiac MR Imaging: Current Status and Future Direction. *Cardiovascular Diagnosis and Therap*, **5**, 290-310. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2223-3652.2015.06.07>
- [12] Yang, T., Lu, M.J., Sun, H.S., et al. (2013) Myocardial Scar Identified by Magnetic Resonance Imaging Can Predict Left Ventricular Functional Improvement after Coronary Artery Bypass Grafting. *PLoS ONE*, **8**, Article ID: e81991. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081991>
- [13] 罗勇, 曾文兵, 陈垚, 谢传飞, 刘兴华, 温云, 李俊. MRI 心肌灌注成像对冠心病心肌缺血的诊断价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2018, 16(4): 338-340.
- [14] 刘琳, 张文生. 用 MRI 检查和单光子发射计算机断层显像检查诊断心肌缺血及坏死的效果对比[J]. 当代医药论丛, 2018, 16(20): 18-19.
- [15] Karamitsos, T.D., Dall'Armellina, E., Choudhury, R.P., et al. (2011) Ischemic heart Disease: Comprehensive Evaluation by Cardiovascular Magnetic Resonance. *American Heart Journal*, **162**, 16-30. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2011.04.011>
- [16] Hess, A., Nekolla, S.G., Meier, M., Bengel, F.M. and Thackeray, J.T. (2020) Accuracy of Cardiac Functional Parameters Measured from Gated Radionuclide Myocardial Perfusion Imaging in Mice. *Journal of Nuclear Cardiology*, **27**, 1317-1327. <https://doi.org/10.1007/s12350-019-01713-z>
- [17] Kang, S.H., Choi, H.I., Kim, Y.H., et al. (2017) Impact of Follow-Up Ischemia on Myocardial Perfusion Single Photon Emission Computed Tomography in Patients with Coronary Artery Disease. *Yonsei Medical Journal*, **58**, 934-943.

-
- [18] 王蓉, 李娟. 门控心肌灌注显像评价 PCI 术的远期预后价值[J]. 宁夏医科大学学报, 2011, 33(4): 329-332.
- [19] Austen, W.G., Edwards, J.E., Frye, R.L., *et al.* (1975) A Reporting System in Patients Evaluated for Coronary Artery Disease. Report of the Aol Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery. *Heart Association. Circulation*, **51**, 5-40. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.51.4.5>
- [20] 陈玲玲, 王连生, 严士荣, 杨波, 郝骥. ⁹⁹Tcm-MIBI SPECT 心肌灌注显像与磁共振成像心肌灌注延迟增强诊断冠心病的对比研究[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2015, 13(16): 1864-1866.
- [21] 陈晓琳, 胡越成, 李艳妮, 丛洪良. 基于双源 CT 与冠状动脉造影对冠状动脉狭窄诊断的对比研究[J]. 天津医药, 2016, 44(9): 1150-1154.
- [22] 韦岑. 冠状动脉 CT 成像与冠状动脉造影对冠脉心肌桥诊断价值研究[J]. 影像研究与医学用, 2019, 3(15): 106-107.
- [23] Foy, A.J., Dhruva, S.S., Peterson, B., *et al.* (2017) Coronary Computed Tomography Angiography VS Functional Stress Testing for Patients with Suspected Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Internal Medicine*, **177**, 1623-1631. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2017.4772>
- [24] 陈青, 冯韩章. 冠状动脉造影联合血流储备分数在冠心病介入治疗中的临床应用价值[J]. 检验医学与临床, 2019, 16(4): 490-492.
- [25] 吕宏. 探讨冠状动脉造影联合血流储备分数治疗冠心病的效果[J]. 中国继续医学教育, 2018, 10(4): 74-75.
- [26] 马党捐, 康彦智, 柴茂林. 64 排 128 层螺旋 CT 冠状动脉成像在冠心病患者诊断中的价值研究[J]. 陕西医学杂志, 2019, 48(5): 624-627.