迟雪, 赵磊. CT 冠状动脉造影应用于急性胸痛临床实践研究进展[J]. CT 理论与应用研究, 2019, 28(6): 747-752. doi:10.15953/j.1004-4140.2019.28.06.13.
CHI X, ZHAO L. Clinical practice of CT coronary angiography in acute chest pain: A review[J]. CT Theory and Applications, 2019, 28(6): 747-752. doi:10.15953/j.1004-4140.2019.28.06.13. (in Chinese).

CT 冠状动脉造影应用于急性胸痛临床实践研究进展

迟雪[1,2]，赵磊[1]✉

1. 内蒙古医科大学附属医院影像诊断科，呼和浩特 010050
2. 内蒙古监狱管理局第一医院，呼和浩特 010050

摘要：急性胸痛是一个重要的公共卫生问题，它可以造成高昂的医疗成本支出，并显著影响人民健康。急性冠脉综合征是急性胸痛血管性病变的主要原因，影像学检查可以快速、有效地对血管性病变进行排查诊断。本文主要就 CT 冠状动脉造影在急性胸痛中的临床实践做一综述。

关键词：X 线计算机；胸痛；急诊科；急性冠脉综合征

doi:10.15953/j.1004-4140.2019.28.06.13　　**中图分类号：**R 812　　**文献标志码：**A

急性胸痛是常见的急诊科就诊原因。在美国每年有 550 万名非外伤性急诊患者因胸痛就诊[1]。急性冠脉综合征（acute coronary syndrome，ACS）的年发病率为 3/1 000，虽然诊断为急性冠脉综合征的患者只有 13%，但任何表现为胸痛的患者都必须考虑是否存在 ACS[2]。ACS 包括 ST 段抬高型心肌梗死（ST-elevation myocardial infarction，STEMI）、非 ST 段抬高型心肌梗死（non ST-elevation myocardial infarction，NSTEMI）和不稳定型心绞痛（unstable angina，UA）。

STEMI 的住院死亡率最高，约为 7%，而 NSTEMI 的死亡率为 3%～5%[3]。ACS 患者漏诊率为 2%～5%，其中 25% 漏诊患者死亡。CT 冠状动脉造影（CT coronary angiography，CTCA）、CT 肺动脉造影（CT pulmonary angiography，CTPA）和 CT 主动脉造影（CT aortic angiography，CTAA）在急性胸痛患者中具有极高的价值，可以准确、快速地对急性胸痛进行病因学排查以识别非住院患者。

1　医疗成本支出

在美国，心脏病的直接和间接成本估计为 2040 亿美元，而与心脏病有关的急诊和住院费用总计为 730 亿美元，其中单独花费在急诊科的费用就高达 56 亿美元。大约有 114 万例 ACS 患者初诊或复诊，出院病例数高达 143.8 万[4]。因此，ACS 会造成高昂的医疗成本支出与极高的住院率，优化诊疗流程在减低住院费用与住院率中具有极高的应用价值。

2　急性胸痛影像学评价

目前用于评估急性胸痛的影像学诊断方法有很多，包括心肌灌注成像（myocardial

收稿日期：2019-06-10。
基金项目：内蒙古医科大学附属医院一般科学研究项目(NYFYYB035)；内蒙古自治区自然科学基金(2017MS0895)。

perfusion imaging，MPI）、超声心动图、侵入性冠状动脉造影（invasive coronary angiography，ICA）、CTCA、CTPA 与 CTAA。

2.1 心肌灌注成像（MPI）

作为一种功能学评价工具，MPI 是指使用放射性药物示踪剂半定量评价具有活性的心肌组织，以明确疾病类型与严重度。血流活跃的区域显示灌注正常，而缺血或梗死心肌显示灌注缺损。MPI 阴性预测值接近 100%，具有极高的排除诊断价值。另外，MPI 也可用于测定心室功能（如射血分数）。负荷 MPI 还可用于检测心肌诱导性缺血以提高诊断阳性预测值，从而辅助临床决策与管理。

MPI 不能广泛应用于急性胸痛首选检查的重要原因是其较为复杂的诊断流程，该项检查要求急诊患者长期脱离监测环境，从而增加风险。另外，MPI 对其他导致急性胸痛的病因不能有效排查，MPI 单次检查辐射剂量也较高[5]。

2.2 超声心动图

超声心动图可直接显示心脏和瓣膜的解剖结构，并实时评估其功能。急性心肌缺血在超声心动图上表现为与病变冠状动脉支配区域相对应的局部室壁运动异常。负荷超声心动图可评估诱发性心肌缺血，从而提高诊断检出率与真阳性率。超声心动图易于实现，并可评价心脏结构与功能，在 ACS 中应用非常广泛，但是，超声心动图对 ACS 的检测容易受到观察者间的变异而降低可靠性。另外，陈旧性心肌梗死往往可表现出假阳性结果为其技术局限[6]。

2.3 侵入性冠状动脉造影（ICA）

ICA 是目前评价冠心病的金标准，它通过选择性插管并注入碘对比剂，从而实现管腔的二维可视化与定量诊断，兼具诊断与治疗能力。ICA 是一种侵入性手术，具有严格的适应证与禁忌证，因此，ICA 可在高预发性 ACS 患者中紧急应用以挽救心脏，改善预后。ICA 平均辐射剂量也较高，约为 8.5 mSv[7]。

2.4 CT 冠状动脉造影（CTCA）

CTCA 是评价中-低危冠心病的有力工具，CTCA 具有极高的灵敏度与阴性预测值，可以应用于诊断和排查疑似 ACS 的急性胸痛，在提供良好诊断准确性的前提下显著简化诊疗流程[8]。CTCA 在评价冠状动脉支架再狭窄也具有相似的诊断效能，其阴性预测值 90% 以上，适合冠状动脉支架再狭窄的排除诊断，可作为冠状动脉支架置入术后随访复查的主要手段，但其诊断效能受到冠状动脉支架材质、管径的影响。CTCA 对于冠状动脉旁路移植术后桥血管通畅性评价也具有极高的准确性，适合冠状动脉旁路移植（coronary artery bypass grafting，CABG）术后随访复查[8]。

应用回顾性心电门控技术，CTCA 可以重建出包括收缩末期与舒张末期容积的全期相数据进行左/右心功能及室壁运动分析。目前已广泛应用于心肌梗塞、肥厚性心肌病和慢性肺源性心脏病的临床实践中[8]。

此外，CTCA 还可以提供易损斑块信息，并在预测严重不良心脏事件中具有较高的价值[8]。MSCTA 可对冠脉斑块成分做定性和定量分析，它不仅能发现小斑块，还可根据 CT 值来区分

脂质、纤维和钙化斑块(CT 值,脂质斑块:<50 HU;纤维斑块:70～100 HU;钙化斑块:>130 HU),尤其对富含脂质的易破裂的脂质斑块具有特征性。早期易破碎的斑块检出对于避免急性冠脉事件的发生至关重要。非侵入性成像技术如 CTCA 有助于全面评估冠状动脉系统斑块特征和病变进展[9]。

得益于技术进步，尤其是 64 层螺旋 CT 的研发与应用，CTCA 得到了长足的进步，并成功从实验室走向临床。后 64 层螺旋 CT 进一步提升了设备物理性能，主要包括时间分辨率、探测器宽度、迭代算法及运动校正技术等，为疑似 ACS 的急性胸痛患者提供高清图像，满足临床诊断所需[8]。

3　临床实践

多项多中心诊断性试验以 ICA 为金标准，对 CTCA 应用于症状性胸痛的门诊患者诊断准确性进行评价，发现其排除 ACS 的阴性预测值高达 83%～99%[8]。越来越多的证据也支持使用 CCTA 来评估中-低危 ACS 患者：由 >3 000 名患者组成的三个大型随机多中心试验（CT-STAT、ROMICAT II 与 ACIN-PA）评估了 CCTA 在急性胸痛中的应用[10-12]，尤其是入组了 699 例患者的 CT-STAT 试验在很大程度上支持使用 CCTA 排查中-低危 ACS[10]。

心肌梗死溶栓（TIMI）评分决定了 ACS 患者的死亡风险。初始的心电图检查和血清肌钙蛋白浓度可以区分 STEMI、NSTEMI 和 UA。如果诊断为 STEMI，这类患者需要紧急血运重建[13]。如果诊断为 NSTEMI 或 UA 则可根据 TIMI 评分进一步分类，中-低风险患者则可在进一步的诊疗过程中受益于 CTCA[13]。

多项临床试验显示，CTCA 可以显著缩短诊断时间、减少住院时间、减低急诊护理费用支出、降低辐射剂量。但是，功能学评价工具也必不可少，血运重建前仍然需要其证实心肌缺血以防止不必要的侵入性冠状动脉造影。另外，如前所述，MACE 发生风险与 CTCA 检出有意义狭窄的程度与广度密切相关，说明了 CTCA 可以对 ACS 进行疾病严重度评价与危险分层，从而有助于临床决策[14]。

4　指南规范

2010 年美国心脏病学会基金会联合心血管 CT 影像学会,美国放射学院,美国心脏协会,美国超声心动图学会，美国核心心脏病学会，北美心血管成像协会、心血管造影和干预措施学会以及心血管磁共振学会共同出版冠状动脉 CTA 专家共识[15]。该共识明确评价了 CTCA 的适宜性，认为 CTCA 适用于低危至中危[定义为 <10%（低）或 10% 至 20%（中）10 年绝对冠心病风险]急性症状疑似 ACS 的紧急情况。

2012 年，ACS 公布了一个急性非特异性胸痛且 ACS 低危风险患者的临床干预适宜性标准，并确定 CTCA 在该特定临床环境中是“合适”(评分：7)，而 MPI 与 ICA 分别被评为“可能合适”(评分：6）和“通常不合适”(评分：1)。需要注意的是，当对 ACS 的怀疑程度较高时,CTCA 的评分将低于 MPI 与 ICA[16]。2014 年心血管计算机断层扫描学会指导委员会(The Society of Cardiovascular Computed Tomography，SCCT）出版的急性胸痛 CT 冠状动脉造影应用指南也确认了 CTCA 的适宜性[17]。

值得注意的是，急诊科必须与放射科就 CTCA 适应征达成共识，一个重要的目的就是对急性胸痛患者进行明确的危险分层以避免过度使用 CTCA，这也有助于对患者进行快速和准

确的临床决策。另外，急性胸痛患者中的一些非冠状动脉病变如肺炎、肺栓塞、肋骨骨折、气胸、主动脉夹层、胸膜与心包疾病等也需要 CTCA 进一步的大视野重建加以评价[17]。

5 技术方案

对于急性胸痛的评价，CTCA 与胸痛三联排查扫描（triple rule out，TRO）是较为常用的诊断工具。TRO 是基于 CTCA 扫描技术的一种改良技术，它通过单次扫描与长时碘对比剂注射实现全胸主要心血管系统的一站式成像，满足 ACS、急性主动脉综合征（acute aortic syndrome，AAS）与急性肺栓塞（acute pulmonary embolism，APE）的全方位评价[17]。研究表明，两种方案在冠状动脉成像质量上没有显著差异[18]。一项研究显示，有 11% 的急性胸痛患者可能为非冠状动脉原因胸痛，该群体 ACS 风险度较低或中等[19]。另外，当 APE 和 ACS 的临床症状和体征重叠时，基于两者的验前概率，使用排除诊断非常有价值。因此，考虑到非冠状动脉原因胸痛或病因重叠，进行 TRO 是非常积极和有效的[20]。

TRO 的技术方案存在一定局限性，最重要的是辐射剂量问题。以往 64 层螺旋 CT 使用回顾性心电门控螺旋扫描，全胸小螺距重叠扫描产生的辐射剂量高达 20～40 mSv。前瞻性心电门控横断面扫描技术大大减低辐射剂量，有研究显示采用前瞻性心电门控横断面扫描技术可以使辐射剂量降低 4/5，而采用前瞻性心电门控大螺距螺旋扫描技术可以使辐射剂量降至极低水平，显著改善检查安全性。

Kligerman 等[21]采用大螺距螺旋扫描技术进行 TRO，辐射剂量仅为 1.39 mSv。宽体探测器覆盖范围大，曝光时间短，结合迭代算法可显著减少辐射剂量。Chen 等[22]采用 16 cm 宽体探测器 CT 进行 2 段法横断面扫描，所获图像质量优良，而辐射剂量仅为 2.67 mSv。此外，包括降低球管输出、滤线装置应用、迭代算法等措施可以进一步减低辐射剂量，还可以允许低流速或低浓度碘对比剂应用于长时增强中，降低对比剂肾病发生率。

CTCA 是排查 ACS 的重要诊断工具，也是最常用的检查，因此，CTCA 辐射剂量与碘负荷也是制约检查安全性的重要因素。前瞻性心电门控大螺距螺旋扫描技术结合超低管电压、迭代算法等措施可以将 CTCA 辐射剂量与碘负荷降低到超低水平。Zhang 等[23]采用第二代双源 CT 对体质量指数 $<25\ kg/m^2$ 与心率 <70 bpm 的患者进行超低剂量 CTCA，辐射剂量仅为 0.2 mSv，而对比剂用量仅为 30 mL（370 mgI/mL），并且图像质量优良，验证了该扫描方案的可行性。随后，Zhang 等[24]对该超低剂量技术进行了有效性验证，发现其阴性预测值极高，等同于常规技术。Zhao 等[25]利用左心房触发进行超低剂量实践，辐射剂量为 0.2 mSv，碘负荷可进一步降低（30 mL，270 mgI/mL），而通过超低剂量技术获得的图像其组间与组内测量可靠性高，完全满足诊断需求。

6 小结

多项临床试验证实了 CTCA 在排除急性胸痛患者低危至中危 ACS 的有效性，也证实胸痛三联排查扫描在诊断和评价非冠状动脉原因胸痛患者中的临床价值，并且符合指南规范。因此，基于 CTCA 与 TRO 临床实践，急诊科与放射科需要有适宜和有效的协作以准确评价急性胸痛患者的安全性与诊断效能，以便于更好地向急性胸痛患者提供准确的临床决策，从而改善疾病预后，减低医疗成本支出。

参考文献

[1] BHUIYA F A, PITTS S R, MCCAIG L F. Emergency department visits for chest pain and abdominal pain: United States, 1999-2008[J]. National Center for Health Statistics Data Brief, 2010, 43(43): 1-8.

[2] YEH R W, SIDNEY S, CHANDRA M, et al. Population trends in the incidence and outcomes of acute myocardial infarction[J]. The New England Journal of Medicine, 2010, 362(23): 2155-2165.

[3] SAVONITTO S, ARDISSINO D, GRANGER C B, et al. Prognostic value of the admission electrocardiogram in acute coronary syndromes[J]. The Journal of American Medical Association, 1999, 281(8): 707-713.

[4] GO A S, MOZAFFARIAN D, ROGER V L, et al. Heart disease and stroke statistics—2014 update: A report from the American Heart Association[J]. Circulation, 2014, 129(3): e28-e292.

[5] EINSTEIN A J. Radiation risk from coronary artery disease imaging: How do different diagnostic tests compare?[J]. Heart, 2008, 94(12): 1519-1521.

[6] KIMURA B J, BOCCHICCHIO M, WILLIS C L, et al. Screening cardiac ultrasonographic examination in patients with suspected cardiac disease in the emergency department[J]. American Heart Journal, 2001, 142(2): 324-330.

[7] HERZOG B A, WYSS C A, HUSMANN L, et al. First head-to-head comparison of effective radiation dose from low-dose 64-slice CT with prospective ECG-triggering versus invasive coronary angiography[J]. Heart, 2009, 95(20): 1656-1661.

[8] 中华医学会放射学分会心胸学组，《中华放射学杂志》心脏冠状动脉多排 CT 临床应用指南写作专家组. 心脏冠状动脉 CT 血管成像技术规范化应用中国指南[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(10): 732-743.

[9] FEUCHTNER G, KERBER J, BURGHARD P, et al. The high-risk criteria low-attenuation plaque < 60 HU and the napkin-ring sign are the most powerful predictors of MACE: A long-term follow-up study[J]. European Heart Journal-Cardiovascular Imaging, 2017, 18(7): 772-779.

[10] GOLDSTEIN J A, CHINNAIYAN K M, ABIDOV A, et al. The CT-STAT (Coronary Computed Tomographic Angiography for Systematic Triage of Acute Chest Pain Patients to Treatment) trial[J]. Journal of the American College of Cardiology, 2011, 58(14): 1414-1422.

[11] HOFFMANN U, TRUONG Q A, SCHOENFELD D A, et al. Coronary CT angiography versus standard evaluation in acute chest pain[J]. The New England Journal of Medicine, 2012, 367(4): 299-308.

[12] LITT H I, GATSONIS C, SNYDER B, et al. CT angiography for safe discharge of patients with possible acute coronary syndromes[J]. The New England Journal of Medicine, 2012, 366(15): 1393-1403.

[13] ANTMAN E M, COHEN M, BERNINK P J, et al. The TIMI risk score for unstable angina/non-ST elevation MI: a method for prognostication and therapeutic decision making[J]. The Journal of American Medical Association, 2000, 284(7): 835-842.

[14] SCHLETT C L, BANERJI D, SIEGEL E, et al. Prognostic value of CT angiography for major adverse cardiac events in patients with acute chest pain from the emergency department: 2-year outcomes of the ROMICAT trial[J]. Journal of the American College of Cardiology Cardiovasc Imaging, 2011, 4(5): 481-491.

[15] TAYLOR A J, CERQUEIRA M, HODGSON J M, et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/NASCI/SCAI/SCMR 2010 Appropriate Use Criteria for Cardiac Computed Tomography. A Report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, the Society of Cardiovascular Computed Tomography, the American College of Radiology, the American Heart Association, the American Society of Echocardiography, the American Society of Nuclear Cardiology, the North American Society for Cardiovascular Imaging, the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance[J]. Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2010, 4(6): 407 e1-407.

[16] HOFFMANN U, VENKATESH V, WHITE R D, et al. ACR Appropriateness Criteria? Acute nonspecific chest pain-low probability of coronary artery disease[J]. Journal of the American College of Radiology, 2012, 9: 745-750.

[17] RAFF G L, CHINNAIYAN K M, CURY R C, et al. SCCT guidelines on the use of coronary computed tomographic angiography for patients presenting with acute chest pain to the emergency department: A Report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography Guidelines

Committee. Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2014, 8(4): 254-271.
[18] HALPERN E J, LEVIN D C, ZHANG S, et al. Comparison of image quality and arterial enhancement with a dedicated coronary CTA protocol versus a triple rule-out coronary CTA protocol[J]. Academic Radiology, 2009, 16(9): 1039-1048.
[19] BISCHOFF B, HEIN F, MEYER T, et al. Impact of a reduced tube voltage on CT angiography and radiation dose: Results of the PROTECTION I study[J]. Journal of the American College of Cardiology Cardiovasc Imaging, 2009, 2(8): 940-946.
[20] MADDER R D, RAFF GL, HICKMAN L, et al. Comparative diagnostic yield and 3-month outcomes of "triple rule-out" and standard protocol coronary CT angiography in the evaluation of acute chest pain[J]. Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2011, 5(3): 165-171.
[21] KLIGERMAN S J, WHITE C S. Image quality and feasibility of an ultralow-dose high-pitch helical triple-rule-out computed tomography angiography acquired in the caudocranial direction[J]. Journal of Thoracic Imaging, 2014, 29(1): 50-59.
[22] CHEN Y, WANG Q, LI J, et al. Triple-rule-out CT angiography using two axial scans with 16 cm wide-detector for radiation dose reduction[J]. European Radiology, 2018, 28(11): 4654-4661.
[23] ZHANG L J, QI L, WANG J, et al. Feasibility of prospectively ECG-triggered high-pitch coronary CT angiography with 30 mL iodinated contrast agent at 70 kVp: Initial experience[J]. European Radiology, 2014, 24(7): 1537-1546.
[24] ZHANG L J, WANG Y, SCHOEPF U J, et al. Image quality, radiation dose, and diagnostic accuracy of prospectively ECG-triggered high-pitch coronary CT angiography at 70kVp in a clinical setting: Comparison with invasive coronary angiography[J]. European Radiology, 2016, 26(3): 797-806.
[25] ZHAO L, LIU A, GUO Y. Ultra-low-dose CT coronary angiography using 128-slice dual source CT with low concentration contrast agent: Initial experience[J]. Japanese Journal of Radiology, 2017, 35(12): 724-732.

Clinical Practice of CT Coronary Angiography in Acute Chest Pain: A Review

CHI Xue[1,2], ZHAO Lei[1]✉

1.Department of Radiology, Inner Mongolia Medical University Affiliated Hospital, Huhhot 010050, China
2. Department of Radiology, First Hospital of Inner Mongolia Prison Administration, Huhhot 010050, China

Abstract: Acute chest pain is an important public health problem, which can cause high medical costs and significantly affect people's health. Acute coronary syndrome (ACS) is the main cause of vascular lesions of acute chest pain. Radiology can quickly and effectively diagnose vascular lesions. This article reviews the clinical practice of CT coronary angiography in acute chest pain.

Keywords: X-ray computer; chest pain; emergency department; acute coronary syndrome

作者简介：迟雪（1988－），女，内蒙古医科大学附属医院影像诊断科住院医师，2018 级住院医师规范化培训生，主要从事影像诊断，Tel：15147142560，E-mail：yuchisnow1205@sina.com；赵磊✉（1984－），男，影像医学与核医学硕士研究生，内蒙古医科大学附属医院影像诊断科副主任医师，主要从事心胸影像学诊断与研究工作，Tel：18804891288，E-mail：281005117@qq.com。