

论 著

宽体探测器CT冠状动脉成像联合CT-MPI一站式扫描方案在冠心病心肌缺血中诊疗价值分析

邢台市第三医院CT/核磁科
(河北 邢台 054000)

张玉强 李 鑫 杨笑一

【摘要】目的 分析宽体探测器CT冠状动脉成像(CCTA)联合负荷动态CT心肌灌注成像(CT-MPI)一站式扫描方案在冠心病心肌缺血中的诊疗价值。**方法** 选取2018年1月至2018年12月于我院就诊的疑似冠心病患者80例为研究对象,均进行一站式宽体探测器CCTA联合CT-MPI检查,选择SCCT-18段评估CCTA图像质量,参考AHA-17段模型,测量心肌灌注正常与异常区域的心肌血流量(MBF),以冠状动脉造影(CAG)为金标准,评估CCTA联合CT-MPI的诊断效能,并记录有效辐射剂量(ED)。**结果** 宽体探测器CCTA共观察到1177个冠状动脉节段,其中1125个节段(95.58%)的图像质量可用于诊断,图像质量评分1分52个(4.42%)、2分113个(9.60%)、3分544个(46.22%)、4分468个(39.76%);CT-MPI下共评估心肌节段血流灌注情况840个,其中35例患者的134个心肌节段(15.95%)有血流灌注缺损,其MBF为 $(70.92 \pm 8.54) \text{ mL}/(100 \text{ mL} \cdot \text{min})$,较血流灌注正常心肌节段 $(113.46 \pm 12.78) \text{ mL}/(100 \text{ mL} \cdot \text{min})$ 低($P < 0.01$);宽体探测器CCTA+CT-MPI一站式扫描诊断冠心病心肌缺血的灵敏度、特异度、准确度高于单独CCTA或CT-MPI检查。**结论** 宽体探测器CCTA联合CT-MPI一站式扫描方案应用于冠心病心肌缺血诊疗中有较高价值,值得进一步推广。

【关键词】 宽体探测器; CT冠状动脉成像; CT-MPI; 冠心病; 心肌缺血

【中图分类号】 R814

【文献标识码】 A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2020.12.019

通讯作者: 张玉强

The Value of Wide Detector Coronary CT Angiography Combined with CT-MPI One-Stop Scanning Protocol in Diagnosis and Treatment of Coronary Heart Disease and Myocardial Ischemia

ZHANG Yu-qiang, LI Xin, YANG Xiao-yi. Department of CT/NMR, Xingtai Third Hospital, Xingtai 054000, Hebei Province, China

[Abstract] Objective To analyze the value of wide detector coronary CT angiography (CCTA) combined with load dynamic CT myocardial perfusion imaging (CT-MPI) one-stop scanning protocol in the diagnosis and treatment of coronary heart disease and myocardial ischemia. **Methods** Eighty patients with suspected coronary heart disease who were treated in the hospital from January to December 2018 were selected as study subjects. All patients underwent one-stop wide detector CCTA combined with CT-MPI. The CCTA images quality was evaluated with SCCT-18 segment. Referring to the AHA-17 model, the myocardial blood flow (MBF) in normal and abnormal areas of myocardial perfusion was measured, and the diagnostic efficiency of CCTA combined with CT-MPI was evaluated with coronary angiography (CAG) as the golden standard. The effective dose (ED) was recorded. **Results** A total of 1177 coronary artery segments were observed by wide detector CCTA. The image quality of 1125 segments (95.58%) could be used for diagnosis. There were 52 segments (4.42%) with image quality score of 1 point, 113 (9.60%) with 2 points, 544 (46.22%) with 3 points and 468 (39.76%) with 4 points. The blood perfusion of 840 myocardial segments was evaluated by CT-MPI. There were 134 myocardial segments in 35 patients (15.95%) with perfusion defects, and the MBF $[(70.92 \pm 8.54) \text{ mL}/(100 \text{ mL} \cdot \text{min})]$ was lower than that of the normal myocardial segment $[(113.46 \pm 12.78) \text{ mL}/(100 \text{ mL} \cdot \text{min})]$ ($P < 0.01$). The sensitivity, specificity and accuracy of one-stop scanning of wide detector CCTA combined with CT-MPI for diagnosis of myocardial ischemia in coronary heart disease were higher than those of CCTA or CT-MPI alone. **Conclusion** The wide detector CCTA combined with CT-MPI one-stop scanning protocol is of great value in the diagnosis and treatment of myocardial ischemia in coronary heart disease.

[Key words] Wide Detector; Coronary CT Angiography; CT-MPI; Coronary Heart Disease; Myocardial Ischemia

冠心病也称为冠状动脉粥样硬化性心脏病,患者脂质沉积及炎症反应可引起血管内皮功能障碍,粥样斑块进展、血栓形成,诱发冠脉血管狭窄及心肌缺血,而研究发现心肌缺血是导致冠心病发病率上升的罪魁祸首^[1]。冠状动脉造影(CAG)是诊断冠心病的金标准,但无法提供心肌微循环信息,难以观察到心肌灌注情况^[2],负荷动态CT心肌灌注成像(CT-MPI)能完成冠状动脉解剖学及心肌功能的一站式检查,实际应用潜力较大^[3],而CT冠状动脉成像(CCTA)为首选评估冠状动脉解剖形态的无创性手段,对于冠心病的评估有较高阴性预测值^[4],尤其是256层宽体探测器可获得单个心动周期的全部数据,减小冠状动脉运动伪影;CCTA与CT-MPI相结合有望在明确冠心病责任血管的同时了解心肌功能情况。故本文主要分析宽体探测器CCTA联合CT-MPI一站式扫描方案在冠心病心肌缺血诊疗中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2018年1月至2018年12月于我院就诊的疑似冠心病患者80例。

纳入标准：入院时表现为胸前区疼痛、憋闷、气紧、心悸等，均疑似冠心病；完成CCTA及CT-MPI检查，检查前暂停使用二甲双胍2d，并停用咖啡因食物、茶碱类、 β -受体阻滞剂药物各1d；无对比剂过敏史，患者(家属)签署碘对比剂应用知情同意书，对本研究内容知情。排除标准：呼吸运动导致灌注错层；肝肾功能障碍、血流动力学波动、心律失常、心房颤动病例；近1个月有心脏起搏器置入史、冠状动脉搭桥或支架置入史。其中男45例，女35例；年龄36~73岁，平均 (54.28 ± 5.51) 岁；体质指数(BMI) $22 \sim 28 \text{ kg/m}^2$ ，平均 $(25.56 \pm 2.20) \text{ kg/m}^2$ 。

1.2 方法

1.2.1 检查方法：采用飞利浦高端CT Brilliance iCT(128排256层)宽体CT扫描仪，于气管分叉下1cm层面注入非离子对比剂碘帕醇($370 \text{ mgI}/100 \text{ mL}$)，注入速率 5.0 mL/s 15mL及20mL生理盐水开展小剂量测试试验，在升主动脉造影剂浓度达峰值时间后4s进行CCTA成像延迟扫描。采用Ulrich双筒高压注射器以 5.0 mL/s 速率注射50mL造影剂，随机注射30mL生理盐水(速率 5.0 mL/s)冲管，延迟5s开始启动联合扫描程序，扫描参数：球管电压80kV，球管电流150mA，球管转速 $=0.28 \text{ s/转}$ ，前瞻性心电门控扫描，扫描参数：层厚2.5mm，重建层间隔2.5mm，每次扫描间隔时间2.2s，动态扫描过程历时43s~47s，总扫描循环数14~17次，CCTA主动脉成像时间=瞬时切换为：球管电压100kV，自动电流 $=400 \sim 650 \text{ mA}$ ，噪声指数20.0，球管转速 0.28 s/

转，前瞻性门控扫描，依据ECG&Auto Gating计算冠状动脉成像最佳相位，层厚0.625mm，间隔0.625mm。50例于CT检查后2周内行CAG检查。

1.2.2 图像后处理：将扫描所获得的图像传入相应工作站。

(1)应用Smart Phase及冠状动脉追踪冻结技术(SSF)对CCTA原始数据进行处理和重建，由2名工作经验达5年以上的心血管放射诊断医师以独立盲法阅片，评估不一致时协商确定。CCTA图像质量评估标准^[6]：4分：优秀，管腔边界清晰连续未见伪影；3分：良好，管腔呈现轻度伪影，节段略微模糊；2分：管腔现中度伪影，但能接受进行诊断；1分：图像不可评价，血管显示不清或有严重阶梯样伪影。图像质量评分2~4分的节段图像有诊断价值；(2)应用CT Perfusion 4D软件，在CT Body Tumor模式下应用非去卷积算法评估心肌血流量(MBF)，由2名高年资心血管放射诊断医师观察灌注伪彩图进行可视化分析，同一部位的长轴与短轴连续2层或以上出现同周围组织对比明显的低灌注

区则为灌注缺损，左室厚度 $<5 \text{ mm}$ 为缺血区，于灌注正常区域及灌注缺损区域勾画3个感兴趣区，测量MBF取均值进行分析。(3)采用冠状动脉分段法评估CAG上每支冠状动脉各节段狭窄程度，管腔直径狭窄程度 $\geq 50\%$ 为有临床意义。(4)记录每个患者的剂量长度乘积(DLP)，计算有效辐射剂量(ED)， $ED = DLP \times \text{转换系数}(k)$ ， $k = 0.014 \text{ mSv}/(\text{mGy} \cdot \text{cm})$ 。

1.3 统计学方法

采用SPSS 19.0软件处理数据，灵敏度、特异度等计数资料以%表示，采取 χ^2 检验；MBF、ED等计量资料采用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，采用t检验， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 CCTA检查结果 宽体探测器CCTA共观察到1177个冠状动脉节段，其中1125个节段(95.58%)的图像质量可用于诊断，图像质量评分1分52个(4.42%)、2分113个(9.60%)、3分544个(46.22%)、4分468个(39.76%)。

表1 CCTA与CAG对照

CCTA结果	CAG		合计
	阳性	阴性	
阳性	58	39	97
阴性	5	538	543
合计	63	577	640

表2 CT-MPI、CCTA+CT-MPI与CAG结果比较

CAG	CT-MPI		CCTA+CT-MPI	
	阳性	阴性	阳性	阴性
阳性	33	7	38	2
阴性	2	8	1	9
合计	35	15	39	11

表3 诊断效能比较

诊断方法	灵敏度	特异度	准确度	阳性预测值	阴性预测值	Kappa值
CCTA	92.06	93.24	93.12	59.79	99.08	0.780
CT-MPI	82.50	80.00	82.00	94.29	53.33	0.628
CCTA+CT-MPI	95.00	90.00	94.00	97.44	81.82	0.819



图1-3 患者男, 45岁, 主诉间断胸憋、气紧达5月, 加重1周入院。图1 冠状动脉CTA中CPR图像, 示右冠状动脉(RCA)近端管壁有非钙化性斑块, 管腔重度狭窄; 图2 CAG示RCA近端重度狭窄, 狭窄程度达85%~95%; 图3 CT-MPI伪彩图示RCA供血区域心肌血流灌注缺损。

2.2 CT-MPI检查 CT-MPI时共评估心肌节段血流灌注情况840个, 发现有35例患者134个心肌节段(15.95%, 134/840)存在血流灌注缺损, 其MBF为 (70.92 ± 8.54) mL/(100mL·min), 较血流灌注正常心肌节段 (113.46 ± 12.78) mL/(100mL·min)低($t=36.987$, $P<0.01$)。

2.3 CCTA联合CT-MPI在冠心病心肌缺血诊疗中的评估价值 50例患者接受CAG检查, 共获得688条冠状动脉节段, 其中有640条可用于CCTA评估, 与CAG检查结果的对照见表1。CAG显示40例患者63个冠状动脉节段狭窄 $\geq 50\%$, 而这40例患者中, CT-MPI发现35例存在灌注缺损, 基于病例的单独CT-MPI、联合CCTA和CAG结果的对照见表2。宽体探测器CCTA+CT-MPI一站式扫描诊断冠心病心肌缺血的灵敏度、特异度、准确度高于单独CCTA或CT-MPI检查, 见表3。

2.4 辐射剂量分析 CCTA检查的平均ED为 (2.19 ± 0.34) mSv, CCTA+CT-MPI的总ED为 (4.58 ± 0.54) mSv, 均可做到较低水平。

2.5 典型病例分析 见图1-3。

3 讨论

心肌缺血为冠心病发病率上升、诱发急性心血管事件的主要

原因, CAG评估冠心病时主要反映冠状动脉有无斑块及是否狭窄等解剖信息, 而冠心病的全面诊断需依赖冠状动脉的病理解剖信息, 也需了解心肌灌注情况, 单一方法检查漏诊或误诊率高^[6]。CT-MPI不仅能获得冠脉解剖成像, 也能经动态扫描了解心肌功能学信息, 对心肌血流灌注情况进行定量评估, 但CT-MPI有一定辐射, 且检查费用高, 不适于大规模推广, 而256层宽体探测器(宽度为160mm)后超高端CT的问世, 使CT扫描的空间分辨率、时间分辨率进一步提高, 并准确定量评估心肌血流灌注状态^[7], 结合CT-MPI能同步对冠状动脉、心肌进行多期相扫描, 一站式完成心脏灌注等多项心脏检查, 因此考虑在冠心病心肌缺血诊疗中有一定评估价值^[8], 但不同高端机型联合扫描方案各有特色, 应用价值有一定争议, 此外其较高辐射剂量也限制了其广泛推广。

本研究中, CT-MPI下共评估心肌节段血流灌注情况840个, 结果显示, 其中35例患者的134个(15.95%)心肌节段有血流灌注缺损, 其MBF较血流灌注正常心肌节段低, 这说明CT-MPI有助于分析冠状动脉解剖学成像信息及心肌灌注功能, 评估心肌缺血状况, 与王洁等^[9]的研究结论相符, 尤其是本研究使用较新的256层宽体探测器(探测器宽度160mm), 提高了CT空间与时间分

辨率, 可更加准确地对心肌血流灌注状态进行评估^[10], 但由于不同机型、不同CT软件的测量结果可能有一定差异, CT-MPI评估心肌缺血区域的MBF界值可进一步探讨。而宽体探测器CCTA共观察到1177个冠状动脉节段, 其中1125个节段(95.58%)的图像质量可用于诊断, 图像质量评分1分52个(4.42%)、2分113个(9.60%)、3分544个(46.22%)、4分468个(39.76%), 这与刘强^[11]的研究结果(CCTA检查有95.5%的节段图像质量可用于临床诊断)相近, 表明采用宽体探测器CT进行CCTA检查可较好满足临床诊断需求, 且本研究使用最新的256层CT探测器, 其宽度达160mm, 时间分辨率为0.28s, 可在一个心动周期内机架旋转一周而获得全心脏数据, 不同扫描参数之间相互切换时间也得以缩短, 在CCTA成像时间点瞬时切换成相对较高的扫描参数, 于心肌灌注扫描同时保证CCTA图像质量, 本研究95.58%的CCTA图像质量达到诊断水平, 基本能满足临床要求, 且CCTA检查的平均ED为 (2.19 ± 0.34) mSv, CCTA+CT-MPI的总ED为 (4.58 ± 0.54) mSv, 均可做到较低水平。此外, 256层宽体探测器CT也明显缩短了曝光时间、成像时间, 继而将对对比剂用量和ED降低至最低。

在诊断效能方面, 高扬等^[12]报道CT-MPI结合CCTA $>70\%$ 诊断冠心病心肌缺血的ROC

曲线下面积达0.837(95%CI: 0.749~0.925), 高于单独CT-MPI诊断[0.709(95%CI: 0.599~0.819)]或冠心病心肌缺血的ROC曲线下面积[0.635(95%CI: 0.517~0.753)]。本研究结果, 宽体探测器CCTA+CT-MPI一站式扫描诊断冠心病心肌缺血的灵敏度、特异度、准确度分别为95.00%、90.00%、94.00%, 高于单独CCTA或CT-MPI检查, 这与上述研究结果一致, 表明256层宽体探测器下CCTA联合CT-MPI一站式扫描可明显提高对冠心病心肌缺血的诊疗价值, 本研究使用256层宽体探测器SSF技术, 将1个心动周期内相邻期相的图像信息展现出来, 描绘血管运动, 包括运动路径与方向, 确定靶期相中血管准确位置, 继而有效缩减重建时间窗, 在保证图像质量前提下降低辐射剂量。此外, 256层宽体CT160mm的Z轴覆盖范围与0.28s的机架旋转速度可实现1次扫描获得单个心动周期的全部数据, 明显减少冠状动脉运动伪影^[13], 但也需注意线束硬化伪影引起的CT-MPI假阳性结果, 线束硬化伪影为部分组织优先吸收混合能量X线束中低能光子束, 使心肌灌注成像中呈现低灌注区域^[14]。

综上所述, 宽体探测器CT联合CT-MPI一站式扫描方案可提高对冠心病心肌缺血的诊疗价值,

两者联合可优势互补, 便于提高准确性。

参考文献

- [1] Laursen AS, Hansen AL, Wiinberg N, et al. Higher physical activity is associated with lower aortic stiffness but not with central blood pressure: the ADDITION-Pro Study [J]. Medicine (Baltimore), 2015, 94 (5): e485.
- [2] 白琛, 唐芳, 张志, 等. 冠状动脉CT血管成像联合心肌血流储备分数对冠心病心肌缺血诊断价值的研究[J]. 解放军医药杂志, 2018, 30 (2): 102-105.
- [3] 董小波, 王颖, 于秀艳, 等. 动态心电图和CT首过心肌灌注成像在冠心病心肌缺血诊断中的对比分析[J]. 中国医药导报, 2017, 14 (7): 110-113.
- [4] 程建和, 王胜军. 双源CT冠脉成像和核素心肌灌注显像在冠心病临床诊断中的对比研究[J]. 河北医学, 2015, 21 (9): 1461-1465.
- [5] Kuon E, Weitmann K, Hummel A, et al. Latest-generation catheterization systems enable invasive submillisievert coronary angiography [J]. Herz, 2015, 40 (3): 233-239.
- [6] 刘建花, 仝俊杰. 冠状动脉CT血管成像联合动态心电图在诊断冠心病心肌缺血中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 15 (9): 61-63, 138.
- [7] Rajiah P, Maroules CD. Myocardial ischemia testing with computed tomography: emerging strategies [J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2017, 7 (5): 475-488.
- [8] 李志铭, 全显跃, 谭理连, 等. 320排

螺旋CT负荷心肌灌注在冠心病心功能评价的研究[J]. 实用放射学杂志, 2014, 30 (7): 1129-1132.

- [9] 王洁, 陈宏伟, 方向明, 等. 负荷动态CT心肌灌注成像对心肌缺血的诊断价值[J]. 临床放射学杂志, 2015, 34 (1): 41-45.
- [10] 汪芳, 郝万庆, 杨利莉, 等. 256排宽体探测器CT智能心电门控技术在不控制心率患者冠状动脉CTA中的应用[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33 (7): 1080-1084.
- [11] 刘强. 256排160mm探测器CT冠状动脉成像联合心肌灌注成像在冠心病心肌缺血中的应用初探[D]. 太原: 山西医科大学, 2017.
- [12] 高扬, 王成英, 周艳丽, 等. 负荷动态CT心肌灌注结合冠状动脉CT血管成像对冠心病心肌缺血的诊断价值[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51 (4): 246-250.
- [13] Fan L, Zhang J, Xu D, et al. CTCA image quality improvement by using snapshot freeze technique under prospective and retrospective electrocardiographic gating [J]. J Comput Assist Tomogr, 2015, 39 (2): 202-206.
- [14] Douglas PS, Pontone G, Hlatky MA, et al. Clinical outcomes of fractional flow reserve by computed tomographic angiography guided diagnostic strategies vs usual care in patients with suspected coronary artery disease: the prospective longitudinal trial of FFRCT: outcome and resource impacts study [J]. Eur Heart J, 2015, 36 (47): 3359-3367.

(本文编辑: 谢婷婷)

【收稿日期】2018-12-25