

多层螺旋 CT 在冠心病诊断中的应用价值

陈艳 综述 韩萍 审核

【中图分类号】R814.42 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2005)08-0746-03

冠心病是危害人类健康的首要疾病之一,近年来我国冠心病的发病率和死亡率呈逐年上升的趋势,已引起医学界的普遍关注。冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)是目前诊断冠心病的“金标准”,但它是一种具有潜在严重并发症危险的有创检查。近年来人们一直在寻求一种简便的无创性冠状动脉成像方法,随着医学影像设备的发展,1998 年推出的多层螺旋 CT (Multi-slice spiral CT, MSCT)一次旋转扫描能同时获得多层图像的数据,具有极高的时间分辨率和空间分辨率,可应用于心脏及冠状动脉成像,使 MSCT 检查心血管疾病成为 21 世纪医学影像的一个热点。

MSCT 冠状动脉成像技术方法

1. MSCT 检查技术

1998 年 MSCT 应用于临床^[1-4],采用可调节宽度的锥形 X 线束,根据拟采集的层厚选择锥形线束的宽度,可激发不同数目的探测器,一次旋转扫描能同时获得多层图像的数据,明显缩短了扫描时间,且具有较高的时间分辨率和空间分辨率,尤其大大提高了长轴方向的空间分辨率,几乎实现了各向同性,为有诊断价值地显示冠状动脉开辟了良好的前景。由于冠状动脉随心脏运动及呼吸运动而移动,所以心脏冠状动脉的采集应与心动周期和呼吸同步,故图像的采集都是在患者一次屏气期间完成,为了克服心脏运动的影响,整合于回顾性心电门控,可在心动周期任意时相、任意长轴重建图像。由于 MSCT 仍然是机械 X 线球管进行旋转扫描,因此其时间分辨率仍有限度,利用可变速扫描技术和多扇区重建技术,每层采集时间可缩短至 125~250 ms。

MSCT 冠状动脉造影在一次屏气期间注入对比剂完成。研究^[2-4]表明,图像质量与心率呈负相关,心率越快,运动伪影越大;心率<74.5 次/分能获得较好的图像质量,因此,对于心率过快者,在扫描前可口服 β 受体阻滞剂减慢心率以提高图像质量。在冠状动脉正式扫描前,先使用小剂量对比剂(一般 20 ml)预实验,在主动脉根部同层重复扫描,测定时间-密度曲线,以确定延迟时间。正式扫描时,肘静脉注入对比剂(110~160 ml),同步记录心电图。由于冠状动脉各分支对心动伪影敏感的时相不同,因此选择性地对冠状动脉各支进行重建,选择其最佳时相进行各种后处理以显示冠状动脉的形态。

2. 后处理技术

MSCT 的后处理技术有多种^[1-4],主要有平面重组(mul-

tiple planar reconstruction, MPR)、曲面重组(curved planar reconstruction, CPR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、容积再现(volume rendering, VR)、仿真内镜(virtual endoscopy, VE)等。MPR 可任意平面及角度对图像进行二维重组,能较可靠地显示冠状动脉;CPR 属于 MPR 的一种,它是能将走行弯曲的冠状动脉全程显示,但与操作者的手法关系很大;MIP 是将组织最大密度的像素进行投影,能清楚真实地显示组织的最大密度部分,因此,可较好地显示冠状动脉管壁的钙化,区分血管和非血管组织,但其缺点是对前后重叠的血管不能区分,缺少深度信息;VR 是用所有的数据对图像进行重组,可清楚显示冠状动脉及心脏的三维立体结构,并可以任意切割旋转;VE 是仿真技术与医学相结合的技术,可以显示冠状动脉管腔内的情况,显示腔内斑块及管壁钙化。在冠心病的诊断中,各种后处理技术应结合轴位图像分析。

MSCT 显示冠状动脉及其病变进展

1. MSCT 显示冠状动脉的能力

冠状动脉由于管径细小、走行弯曲和心脏搏动的影响,传统 CT 因时间分辨率有限对其显示有一定的难度。MSCT 由于其快速扫描,用回顾性心电门控,可重建出心动周期中任意时相的图像,从而使心脏伪影大大减少,图像质量明显改善,能较好的显示冠状动脉主干及其分支。Achenbach 等^[5]的研究表明,MSCT 能显示较长节段的冠状动脉,无运动伪影而能看到的左前降支、左回旋支、右冠比例分别为(79±16)%、(79±17)%、(75±14)%,平均信噪比为 9.3±3.3。与 CAG 比较,二者显示冠状动脉直径的相关性很大,相关系数 $r=0.86$,因此,认为 CAG 和 MSCT 对显像冠状动脉直径差异无显著性意义。Achenbach 等^[6]对 MSCT(4 层)检测冠状动脉狭窄的能力做了研究,认为 MSCT 能对管腔直径 ≥ 2 mm 的冠状动脉分支进行评价,检测出狭窄程度 $>50\%$ 的敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别为 91%、84%、59%、98%。若将不可评价的冠状动脉也包括在内, $>50\%$ 狭窄的敏感度、特异度分别为 85%、76%。与其相似的一项研究中,Nieman 等^[7]发现在可评价的冠状动脉各段中,MSCT(4 层)检测 $\geq 50\%$ 狭窄的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别为 82%、93%、66%、97%。Herzog 等^[8]对 MSCT 在冠状动脉搭桥术前的价值做了研究,并与 CAG 和术中所见进行了比较,结果表明,与术中所见冠状动脉相比,MSCT 能很好的显示 79.4%(154/194)的冠状动脉节段,对所有冠状动脉节段的显示率为 80.4%(434/540),而与 CAG 相比,其两者比例分别为 88.7%(172/194)、94.6%(511/540)。MSCT 能显示 76%(28/37)的狭窄,而且较 CAG 相比,MSCT 能较好地显示冠状动脉肌桥。与术中所见相比,

作者单位:430022 武汉,华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科

作者简介:陈艳(1979—),女,山东聊城人,硕士研究生,主要从事多层螺旋 CT 冠状动脉成像研究工作。

MSCT 能显示 76%(28/37)的远端搭桥血管节段,而 CAG 只显示了 70%(26/37)的远端搭桥血管节段。国内研究^[9,10]结果表明,MSCT 诊断 50%以上狭窄的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别波动在 86.4%~95.0%、80.0%~87.2%、65.5%~89.0%和 90.0%~95.8%,均认为 MSCT 可对冠状动脉进行评价,可对冠心病进行筛选。回顾性心电门控的 MSCT 在图像质量好的情况下能高度准确探测冠状动脉的狭窄。

2002 年 16 层螺旋 CT 投入临床使用,以其卓越的探测器技术,提供了快速、超薄和各向同性的扫描,结合心电门控技术,已扩大了以往 4 层、8 层 CT 的心脏病诊断范围。研究结果表明^[11,12],16 层螺旋 CT 探测冠状动脉重度狭窄的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值分别波动在 91.6%~95.0%、86.0%~98.7%、80.0%~84.6%、97.0%~99.3%,均高于以往的 4 层、8 层螺旋 CT。2003 年西门子公司^[13]率先推出独特设计的 40 层(32×0.6 mm 与 8×1.2 mm 探测器的不等宽排列)探测器排列,但球管每周旋转可以获得 64 层高分辨力图像,使 CT 的时间分辨力进一步提高。2004 年 6 月,GE 公司^[14]推出全球第一台 64 层 CT,扫描速度产生了巨大飞跃,与 16 层螺旋 CT 相比缩短了 4 倍曝光时间,减少因心率波动造成的不良影响,同时使无法长时间屏气的重症患者可以享受无创的心脏 CT 检查,从而扩大心脏 CT 的适用范围,显著提高冠状动脉检查成功率,可以清晰观察冠状动脉末梢血管及支架管腔内情况。另外由于扫描时间成倍缩短,可明显减少对比剂用量达 50%以上。64 层 CT 采用 EKG 自动毫安功能,可以通过心电门控技术根据心脏搏动的周期,在收缩期采用低毫安技术,在舒张期采用自动毫安技术,在心脏扫描过程中最高可以减少 50%的毫安输出和患者受辐射剂量。

2. MSCT 检测冠状动脉斑块

冠状动脉钙化(coronary artery calcification,CAC)是指冠状动脉硬化斑中的钙盐沉积,尸检和 CAG 均已证实 CAC 与冠状动脉粥样硬化以及冠状动脉疾病有直接联系,因此,CAC 的检出对诊断冠心病有重要意义。MSCT 扫描速度快,整合于心电门控,最大程度减少了收缩期伪影,为 CAC 的准确评价提供了坚实的基础。有作者^[15]认为 EBCT 是显示 CAC 最敏感的工具之一。Carr 等^[16]对亚秒级门控螺旋 CT 与电子束 CT 评价钙化积分进行了比较,结果认为二者对 CAC 定量能力相当,相关系数为 0.97~0.98(Person 分析)和 0.95~0.96(Spearman 等级分析)。Christoph 等^[17]用 4 个参数(钙化积分、钙化容积、钙化质量、钙化密度)对二者对 CAC 的检测进行比较,结果发现二者的 4 个参数的相关性很高,其中钙化密度和钙化质量的相关性较高。因此,MSCT 能对冠状动脉钙化进行定量测量,研究^[18]表明,冠心病组与正常对照组的平均钙化分数有显著性差异,3 支病变组的积分高于 2 支及 1 支病变组的积分,提示随冠状动脉病变支数增加,CAC 程度加重,虽然 CAC 积分与冠状动脉狭窄程度之间有一定关系,但不能准确判断狭窄程度。

现已证实,尚未完全钙化的粥样硬化斑块是更危险的因素,所以及早检出未钙化斑块临床意义很大。MSCT 对冠状动脉粥样斑块可提供原来仅有血管内超声(intravascular ultra-

sound,IVUS)可检测到的信息。Becker 等^[19]曾检出了 1 例有典型胸痛患者的软斑块,他认为 MSCT 优于其它成像方法的高空间分辨力、低噪声和高对比度的特点,使 MSCT 能探测到冠状动脉的非钙化性斑块。Schroeder 等^[20]对冠状动脉斑块的 MSCT 成像与血管内超声进行比较发现,包含钙化的斑块 CT 值较高,易于检出,CT 值在(14±26)HU 的斑块与 ICUS 中的低回声斑块相当,较高 CT 值(91±21)HU 的斑块与中间回声的斑块相当。该研究表明,通过测量斑块密度,MSCT 有望成为一种重要的斑块分型的无创诊断工具。

3. MSCT 对冠状动脉支架及搭桥血管的评价

MSCT 的出现为临床提供了一种无创性支架检查方法。研究^[1,21]表明,MSCT 可以清楚地看到冠状动脉支架,但由于支架的高密度伪影和部分容积效应而不能很好地显示支架处的管腔,但依其远端血管的显影可间接判断支架的通畅性,并均由 CAG 证实了其准确性,因此,他们认为 MSCT 虽然不能直接看到支架的通畅和再狭窄,但能准确区分支架的通畅性和阻塞。但有的研究^[22,23]认为,由于支架的高密度伪影而夸大了支架的实际大小,致使支架腔模糊。X 线束硬化、支架的伪影、信噪比较低以及管壁钙化使其评价支架的通畅及狭窄更加复杂,因此他们认为 MSCT 在探测支架阻塞方面和评价非支架冠状动脉节段的冠状动脉疾病进展方面有很大的局限性,对不同类型支架再狭窄的可评价性尚待进一步评价。

冠状动脉搭桥术是目前最常用的血管再通技术之一,但术后闭塞率较高,因此人们一直在研究无创而有效的检测术后桥血管开通的影像学检查方法。MSCT 可对桥血管进行评价^[22-26],与 CAG 对比的研究发现,MSCT 对桥血管的评价有很高的敏感度和特异度,分别波动在 93.3%~98.0%、98.0%~99.0%。检测桥血管高度狭窄的敏感度和特异度分别波动在 66.7%~75.0%、92.0%~97.8%,从而说明 MSCT 可对桥血管进行评价,可作为一种无创性的术后随访检查方法应用于临床。

MSCT 的局限性

MSCT 卓越的成像技术在很大程度上已经得到了临床的认可,但现在应用于临床的 MSCT 相对于心脏、冠状动脉成像,其时间分辨力仍然偏低,使评价冠状动脉管腔的准确性受到不同程度的影响。由于冠状动脉快速运动所造成的伪影而造成图像质量的不尽人意,对于心率过快和心率不齐的病例不能用于检查^[5,6]。再者扫描过程中,球管连续曝光,而图像重建只限于心动周期的一小部分,导致患者的曝光量较大,MSCT 短时间薄层大范围的采集,产生庞大的数据量,给资料的无损储存带来课题^[27]。

初步的临床应用表明,MSCT 具有巨大的潜力,由于它的可重复性、无创性、安全性以及经济性等特点,可作为冠心病的筛选、冠状动脉搭桥术及支架成形术后等非创伤性的随访和评价手段,同时随着临床应用的不断扩展,可评价心脏瓣膜、心功能等,但也有一些不足,随着 CT 技术的发展,尤其是目前已生产的 32 层、64 层螺旋 CT,将在冠状动脉病变临床应用中越来越

越广泛,将会成为冠心病筛选的主要工具。

参考文献:

- [1] Nieman K, Oudkerk M, Rensing BJ, et al. Coronary Angiography with Multi-Slice Computed Tomography[J]. Lancet, 2001, 357(9256):599-603.
- [2] Giesler T, Baum U, Ropers D, et al. Noninvasive Visualization of Coronary Arteries Using Contrastenhanced Multidetector CT: Influence of Heart Rate on Image Quality and Stenosis Detection[J]. AJR, 2002, 179(4):911-916.
- [3] 金征宇, 张竹花, 林松柏, 等. 十六层螺旋 CT 冠状动脉造影的初步探讨[J]. 中华医学杂志, 2003, 83(13):1150-1155.
- [4] Hong C, Becker CR, Huber A, et al. ECG-Gated Reconstructed Multi-Detector Row CT Coronary Angiography: Effect of Varying Rigger Delay on Image Quality[J]. Radiology, 2001, 220(3):712-717.
- [5] Achenbach S, Ulzheimer S, Baum U, et al. Noninvasive Coronary Angiography by Retrospectively ECG-Gated Multislice Spiral CT[J]. Circulation, 2000, 102(23):2823-2828.
- [6] Achenbach S, Giesler T, Ropers D, et al. Detection of Coronary Artery Stenoses by Contrast-Enhanced, Retrospectively Electrocardiographically Gated, Multislice Spiral Computed Tomography[J]. Circulation, 2001, 103(21):2535-2538.
- [7] Nieman K, Rensing BJ, van Geuns RJ, et al. Usefulness of Multislice Computed Tomography for Detecting Obstructive Coronary Artery Disease[J]. Am J Cardiol, 2002, 89(8):913-918.
- [8] Herzog C, Dogan S, Diebold T, et al. Multi-Detector Row CT Versus Coronary Angiography: Preoperative Evaluation before Totally Endoscopic Coronary Artery Bypass Grafting[J]. Radiology, 2003, 229(1):200-208.
- [9] 邵广瑞, 柳澄, 刘延军, 等. 多层螺旋 CT 与选择性冠状动脉造影对照研究及其临床应用[J]. 中华放射学杂志, 2003, 137(9):805-808.
- [10] 洪澄, Christoph RB, 朱芳, 等. 冠状动脉狭窄的多层螺旋 CT 诊断[J]. 中华放射学杂志, 2002, 36(7):605-608.
- [11] Nieman K, Cademartiri F, Lemos PA, et al. Reliable Noninvasive Coronary Angiography with Fast Submillimete Multislice Spiral Computed Tomography[J]. Circulation, 2002, 106(16):2051-2054.
- [12] 王照谦, 杨志强, 朱皓, 等. 16 层 CT 显示冠状动脉狭窄与导管法造影的对照研究[J]. 放射学实践, 2005, 20(3):190-194.
- [13] 迟寒雪. 中国同步世界-西门子带来 64 层螺旋 CT[J]. 现代医学成像, 2004, 2(3):40-43.
- [14] Hsueg Jiang. 演绎 CT 革命, 引领容积时代——划时代的巨作 Lightspeed VCT[J]. J Comput Tomogr, 2004, 5(2):1-5.
- [15] Agaston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al. Quantification of Coronary Artery Calcium Using Ultrafast Computed Tomography[J]. J Am Coll Cardiol, 1990, 15(4):827-832.
- [16] Carr JJ, Crouse JR, Goff DC Jr, et al. Evaluation of Subsecond Gated Helical CT for Quantification of Coronary Artery Calcium and Comparison with Electron Beam CT[J]. AJR, 2000, 174(4):915-921.
- [17] Christoph RB, Kleffel T, Knez A, et al. Coronary Artery Calcium Measurement: Agreement of Multirow Detector and Electron Beam CT[J]. AJR, 2001, 176(5):1295-1298.
- [18] 汪蔚青, 金惠根, 尚孝堂, 等. 多排螺旋 CT 冠状动脉钙化积分与冠心病关系的研究[J]. 介入放射学杂志, 2003, 12(6):454-455.
- [19] Becker CR, Knez A, Ohnesorge B, et al. Imaging of Noncalcified Coronary Plaques Using Helical CT with Retrospective ECG Gating[J]. AJR, 2000, 175(8):423-424.
- [20] Schroeder S, Kopp AF, Baumbach A, et al. Noninvasive Detection and Evaluation of Atherosclerotic Coronary Plaque with Multislice Computed Tomography[J]. J Am Coll Cardiol, 2001, 37(5):1430-1435.
- [21] Kruger S, Mahnken AH, Sinha AM, et al. Multislice Spiral Computed Tomography for the Detection of Coronary Stent Restenosis and Patency[J]. Int J Cardiol, 2003, 89(2-3):167-172.
- [22] Dieter R, Stefan U, Evelyn W, et al. Investigation of Aortocoronary Artery Bypass by Multislice Spiral Computed Tomography with Electrocardiographic Gated Image Reconstruction[J]. Am J Cardiol, 2001, 88(7):792-795.
- [23] Young-Guk Ko, Donghoon Choi, Jang YS, et al. Assessment of Coronary Artery Bypass Graft Patency by Multislice Computed Tomography[J]. Yonsei Med J, 2003, 44(3):438-444.
- [24] Nieman K, Cademartiri F, Raaijmakers R, et al. Noninvasive Angiographic Evaluation of Coronary Stents with Multi-Slice Spiral Computed Tomography[J]. Herz, 2003, 28(2):136-142.
- [25] Nieman K, Pattynama PM, Rensing BJ, et al. Evaluation of Patients after Coronary Artery Bypass Surgery: CT Angiographic Assessment of Grafts and Coronary Arteries[J]. Radiology, 2003, 229(3):749-756.
- [26] Yoo KJ, Choi D, Choi BW, et al. The Comparison of the Graft Patency after Coronary Artery Bypass Grafting Using Coronary Angiography and Multi-Slice Computed Tomography[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2003, 24(1):86-91.
- [27] Rubin GD. Data Explosion; the Challenge of Multidetector-Row CT[J]. Eur J Radiol, 2000, 36(2):74-80.

(收稿日期:2004-06-15 修回日期:2004-09-30)