• 讲 座 •

64层多排螺旋CT冠状动脉成像进展与临床应用

杨立 王新江

近几年多排螺旋CT(multislice computed tomography, MSCT)软硬件的飞速发展,扩大了MSCT的临床应用范围,尤其是MSCT冠状动脉成像的应用,成为目前的应用研究的热点。

1 MSCT冠状动脉成像概述

无创性CT冠脉成像(coronary CT angiography, coronary CTA),要求CT具有较高的空间分辨力和时间分辨力,根据心动周期时相重建冠脉。CT冠状动脉成像最早是应用电子束CT(electron beam computed tomography, EBCT),采用心电门控技术采集数据,其时间分辨力为100ms。尽管EBCT的时间分辨力较高,但其空间分辨力较低(<1.0mm),不能获得高质量的冠状动脉图像。

MSCT技术的进步,特别是亚秒扫描速度和心电门控图像重建技术,是MSCT冠状动脉成像的技术基础,从4层MSCT开始,就可以获得冠状动脉影像,受空间和时间分辨力的限制,图像伪影干扰较重,冠状动脉成像成功率低,空间分辨力低下,容易受容积效应的影响。

16排CT进一步提高了360°扫描时间,层厚达到亚毫米水平,冠状动脉成像质量进一步提高和稳定,其360°扫描时间<500ms,层厚<1.0mm,显示冠状动脉狭窄的敏感度基本在80%以上、特异度在89%以上、阳性预测值52%,阴性预测值在97%,准确性达87%,但仍然有一定比例的患者(约9%),图像质量不能达到诊断要求^[1,2]。

当前64层MSCT的360°扫描时间达330~350ms,加之探测器的改进,使其时间和空间分辨力进一步提高。目前64层MSCT在冠状动脉检查中的应用主要集中在冠状动脉狭窄的检出、粥样斑块成分的评价、支架再狭窄的评估、冠状动脉搭桥血管的显示以及左心室功能的评价。

2 MSCT冠状动脉成像的临床应用

2.1 检出冠状动脉狭窄 随着MSCT探测器的改进,无创性地发现冠状动脉的狭窄、闭塞和评价桥血管也越来越可靠。不同类型16排螺旋CT检出冠状动脉狭窄的敏感性和特异性有一定差别^[3~6],可能是机器的时间分辨力不同、判定狭窄的截断点、判别标准有差别所致。16排螺旋CT由于运动伪影、部分容积效应以及造影剂的影响,不能够显示和评价冠状动脉的所有血管。而64层螺旋CT图像质量明显提高,对狭窄的评价和判断更加可靠。对于50%以上的狭窄判断,敏感性和特异性达到了94%和97%^[7]。

2.2 冠状动脉斑块成分评价 冠状动脉斑块稳定性与冠状动脉事件的发生有密切关系,因此有关MSCT研究冠状动脉非钙化性斑块的报道较多,主要问题是斑块显示的准确性、定量评价和斑块特征的评价。研究方法为离体或在体MSCT与血管内超声(intravascular ultrasound, IVUS)技术对照,以后者作为金标准。关于斑块成分的MSCT研究文献较少,结论仍然不尽一致。MSCT判断斑块成分主要靠斑块CT值的测量。在4排MSCT与IVUS对比研究中,软斑块、纤维斑块、钙化斑块的CT值分别为(72±32)Hu、(116±36)Hu和(383±186)Hu^[8]。离体心脏MSCT冠状动脉斑块与病理对照后显示富脂质斑块和富纤维斑块CT值分别为(47±9)Hu和(104±28)Hu^[9]。另有报道,富脂质斑块CT值为(42±22)Hu,中间斑块(70±21)Hu,钙化斑块(715±328)Hu^[10]。由于研究方法不同,通过CT值判断斑块成分的变异也较大。64层MSCT空间分辨力为0.4mm×0.4mm×0.4mm,发现非钙化斑块的能力有明显的提高,但目前对斑块成分的研究报告不多。对于冠状动脉斑块的MSCT检查,仍然需要在筛查发现和判定斑块的稳定性方面努力。

2.3 冠状动脉钙化的评价 冠状动脉粥样斑块的数量多少和冠状动脉钙化的积分值高低密切相

收稿日期:2006-12-05

作者单位:100853北京市,解放军总医院放射科

作者简介:杨立,男,1958年3月生,河北邯郸人,医学博士,主任医师,教授,科主任。Tel:010-66939564

关^[11]。冠状动脉钙化积分和 EBCT 图像结合应用,可以预测无症状患者、吸烟及糖尿病患者未来发生冠状动脉缺血事件的可能性^[12~14]。用 MSCT 计算冠状动脉钙化积分与 EBCT 一样具有可重复性^[15]。通常以冠状动脉钙化积分值衡量冠状动脉钙化严重程度,它有不同的量化评价方法,如 Agatston 积分、钙化灶体积分、等效羟基钙质量积分等,三种方法其可重复性和准确性依次增高。Agatston 钙化积分值从 0~1000 以上,随着积分值的增加,患者的 5 年生存率也随之下降。Agatston 积分值在 100 以下者,64 层 MSCT 评价冠状动脉 50% 以上的狭窄的敏感性和特异性分别为 94% 和 95%^[16]。当 Agatston 积分值 >400 时,应用 64 层 MSCT 评价血管狭窄程度时,诊断的准确性也随之减低^[16]。

目前钙化积分的应用在于用 EBCT 测量冠状动脉钙化来结合他汀药物治疗来预测未来心肌梗死可能性^[17]、监测他汀药物治疗效果^[18]等。然而更多的冠状动脉斑块在 MSCT 上没有钙化,所以用钙化做为指标筛查冠状动脉斑块显然有不足^[19]。尽管 64 层 MSCT 的空间分辨力得到明显的提高,部分容积效应明显减轻,但在冠状动脉和桥血管的评价中,致密钙化斑块仍是过高评价狭窄和造成假阳性的主要原因^[20~22]。

2.4 冠状动脉支架的评价 冠状动脉支架植入后 MSCT 检查,目的在于显示支架位置形态和发现支架内再狭窄。MSCT 受部分容积效应的影响,金属伪影干扰是导致判断支架内再狭窄困难的重要原因。冠状动脉支架植入后,由于花边样伪影、部分容积效应、空间分辨力的影响,4 层、16 层 MSCT 评价支架内再狭窄有困难^[23]。近年 Ehare 等^[21]用 64 层 MSCT 评价了 67 个支架病变,有 9 个(13%)因图像质量问题无法评价。

16 层 MSCT 对支架的评价当中,对直径 >3mm 的支架评价其敏感性和特异性为 86% 和 100%,而支架直径 <3mm 的敏感性和特异性为 54% 和 100%^[23]。有报告^[21]64 层 MSCT 评价支架的研究中,在 >50% 狭窄的 14 枚支架当中,检出 13 枚,而 1 枚狭窄未被检出是由于运动伪影所导致,2 枚假阳性是由于支架周围的钙化所致,其总体敏感性和特异性为 93% 和 96%。

支架近端、远端血流情况的判断,可以间接提示支架内部情况。刘新等^[24]报告 1 组 51 枚支架中,6 枚发生狭窄的支架有 5 枚发生了再狭窄和闭塞并由 MSCT 正确判断。在另外 1 组研究中,评价分析了

32 个支架的 MSCT 与 DSA 的对照,提示准确评价支架内情况,要结合支架形态和支架内 CT 值的测量,但要正确评价支架内情况仍有一定难度。

2.5 MSCT 评价冠状动脉搭桥血管情况 冠状动脉桥血管的走行复杂,其血管管腔直径通常有 4~6mm,尽管它比固有的冠状动脉管径都要粗大,但准确地评价桥血管仍需要做 MSCT 三维重建。用三维重建办法可以多角度地观察吻合口。在桥血管闭塞时,也可能有血流自固有冠状动脉逆向流入桥血管^[25]。

外科金属夹可引起部分容积效应和线束硬化效应,导致图像质量下降和判断狭窄程度困难^[26]。64 层 MSCT 较 4 层、16 层 MSCT 已经明显减少了这些伪影^[26],熟悉了解与手术相关的解剖、结构以及手术外科医生和影像医生的沟通交流对图像的解释和评价非常重要。

与血管造影相比,MSCT 对桥血管的诊断准确性很高。首篇关于 MSCT 和血管造影比较搭桥血管的文献发表于 2001 年,随后相继有很多该方面的研究文章发表^[26,27]。MSCT 显示桥血管的敏感性为 67%~100%,特异性在 91%~100%。假阳性的血管阻塞包括:桥血管狭窄、血管内造影剂浓度低、造影剂自固有冠状动脉逆行灌注(竞争血流)。

2.6 MSCT 评价左心室功能 应用 MSCT 冠状动脉造影检查的容积数据,重建左心室短轴位二维图像,通过手工或者用软件半自动的方法描记勾画心室腔内外边界,可进行左心室功能的评价。以往对左心室壁功能的评价要靠心脏超声检查,16 层 MSCT 由于其时间和空间分辨力的提高对心脏功能的评价成为可能,评价节段性室壁功能与心脏超声对比,准确性达 89%,敏感性达 66%,特异性为 96%^[28]。16 层 MSCT 对射血分数的评价与二维超声对比具有 96% 的相关性^[29],而 64 层 MSCT 血管造影不仅可以评价局部和整体功能,而且可以获得更多形态方面的信息。

新近 64 层 MSCT 心功能研究中,93% 的窦性心律患者合并有支气管肺部疾病的患者,其左右心室功能都可以评价^[30],其余 7% 不能评价则归因于期外收缩和心室内造影剂导致的条状伪影,使得心内膜识别和勾画困难。

由于 MSCT 可以比较左室室壁功能、血管的狭窄程度,所以对可疑冠心病的患者做 MSCT 检查非常有价值。冠状动脉支架植入手术和搭桥手术后患者,用 64 层 MSCT 做心室功能评价可以检测支架、

搭桥手术前后的心功能变化,同时可以显示支架或桥血管的通畅和狭窄情况。

3 MSCT 在老年患者中应用

老年患者 MSCT 冠状动脉检查的主要难点是能否使患者的心率达到检查的要求以及呼吸配合问题。部分老年患者由于理解力下降和对检查指令反应速度慢,在心脏扫描过程中可能配合困难,如屏气时间、屏气质量下降会对图像质量产生明显影响。

另外,高龄患者冠状动脉钙化程度较重,也影响对管腔狭窄程度的判断,此时可以与冠状动脉 MRA 等成像手段相结合,判断病变节段的狭窄程度^[31]。另外,由于慢性狭窄或闭塞的形成,老年患者冠状动脉侧支循环形成较多,MSCT 的评价判断要注意客观判断侧支循环的存在。另外 64 层螺旋 CT 在心肌桥的检出和形态观察方面有明显优势,其心肌桥的检出率明显高于血管造影检查^[32,33]。

4 展望

近几年 MSCT 由于探测器数目增加,空间和时间分辨率得到提高,图像质量明显得到改善。MSCT 与常规血管造影相比较,因其放射线剂量明显增加,所以还不能成为一种常规检查。剂量减低技术,如球管电流调制技术可以将放射剂量减低,未来的剂量减少装置和设备有望进一步减少放射剂量。

MSCT 的发展将主要集中在增加探测器宽度,以缩短扫描时间并因此而减少对比剂用量;同时提高时间分辨率,新近出现的双源 CT 可以将时间分辨率提高 1 倍,达 83ms,使心率不再是影响冠状动脉成像的重要因素,也使自然心率冠状动脉 CT 检查成为可能。同时由于双球管使用两种不同的球管电压,即可产生双能量图像,其潜在的应用价值在于可以区分组织特性,定量测量特定部位的钙、铁等含量^[34]。

MSCT 的进步如同其他科学技术一样,发展日新月异,相信将来会给现代医学带来更大的变革。

参考文献

[1] Ghersin E, Litmanovich D, Dragu R, et al. 16-MDCT coronary angiography versus invasive coronary angiography in acute chest pain syndrome: a blinded prospective study. *Am J Roentgenol*, 2006, 186: 177-184.
[2] Plass A, Baumert B, Häussler A, et al. Sixteen-channel

multidetector row computed tomography versus coronary angiography in a surgical view. *Heart Surg Forum*, 2006, 9: E572-E578.

- [3] Mollet NR, Cademartiri F, Nieman K, et al. Multislice spiral computed tomography coronary angiography in patients with stable angina pectoris. *J Am Coll Cardiol*, 2004, 43: 2265-2270.
[4] Hoffmann U, Moselewski F, Cury RC, et al. Predictive value of 16-slice multidetector spiral computed tomography to detect significant obstructive coronary artery disease in patients at high risk for coronary artery disease: patient versus segment-based analysis. *Circulation*, 2004, 110: 2638-2643.
[5] Martuscelli E, Romagnoli A, D'Eliseo A, et al. Evaluation of venous and arterial conduit patency by 16-slice spiral computed tomography. *Circulation*, 2004, 110: 3234-3238.
[6] Mollet NR, Cademartiri F, Krestin GP, et al. Improved diagnostic accuracy with 16-row multi-slice computed tomography coronary angiography. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 45: 128-132.
[7] Leschka S, Alkadhi H, Plass A, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J*, 2005, 26: 1482-1487.
[8] Patricia M, Carrascosa MD, Carlos M, et al. Characterization of coronary atherosclerotic plaques by multidetector computed tomography. *Am J Cardiol*, 2006, 97: 598-602.
[9] Becker CR, Nikolaou K, Muders M, et al. *Ex vivo* coronary atherosclerotic plaque characterization with multidetector-row CT. *Eur Radiol*, 2003, 3: 2094-2098.
[10] Schroeder S, Kuettner A, Leitritz M, et al. Reliability of differentiating human coronary plaque morphology using contrast-enhanced multislice spiral computed tomography: a comparison with histology. *J Comput Assist Tomogr*, 2004, 28: 449-454.
[11] Sangiorgi G, Rumberger JA, Severson A, et al. Arterial calcification and not lumen stenosis is highly correlated with atherosclerotic plaque burden in humans, a histologic study of 723 coronary artery segments using nondecalcifying methodology. *J Am Coll Cardiol*, 1998, 31: 126-133.
[12] Shaw LJ, Raggi P, Schisterman E, et al. Prognostic value of cardiac risk factors and coronary artery calcium screening for all cause mortality. *Radiology*, 2003, 228: 826-833.
[13] Shaw LJ, Raggi P, Callister TQ, et al. Prognostic value of coronary artery calcium screening in asymp-

- tomatic smokers and non-smokers. *Eur Heart J*, 2006, 27; 968-975.
- [14] Raggi P, Cooil B, Ratti C, et al. Progression of coronary artery calcium and occurrence of myocardial infarction in patients with and without diabetes mellitus. *Hypertension*, 2005, 46; 238-243.
- [15] Detrano RC, Anderson M, Nelson J, et al. Coronary calcium measurements; effect of CT scanner type and calcium measure on rescan reproducibility—MESA study. *Radiology*, 2005, 236; 477-484.
- [16] Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 46; 552-557.
- [17] Raggi P, Callister TQ, Shaw LJ. Progression of coronary artery calcium and risk of first myocardial infarction in patients receiving cholesterol-lowering therapy. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2004, 24; 1272-1277.
- [18] Callister TQ, Raggi P, Cooil B, et al. Effect of HMG-CoA reductase inhibitors on coronary artery disease as assessed by electron beam computed tomography. *N Engl J Med*, 1998, 339; 1972-1978.
- [19] Nikolaou K, Sagmeister S, Knez A, et al. Multidetector-row computed tomography of the coronary arteries; predictive value and quantitative assessment of non-calcified vessel-wall changes. *Eur Radiol*, 2003, 13; 2505-2512.
- [20] Leber AW, Knez A, Von Ziegler F, et al. Quantification of obstructive and nonobstructive coronary lesions by 64-slice computed tomography; a comparative study with quantitative coronary angiography and intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 46; 147-154.
- [21] Ehare M, Surmely JF, Kawai M, et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography for detecting angiographically significant coronary artery stenosis in an unselected consecutive patient population; comparison with conventional invasive angiography. *Circ J*, 2006, 70; 564-571.
- [22] Cordeiro MA, Lima JA. Atherosclerotic plaque characterization by multidetector row computed tomography angiography. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 47 (8 Suppl); C40-C47.
- [23] Gilard M, Cornily JC, Penneç PY, et al. Assessment of coronary artery stents by 16 slice computed tomography. *Heart*, 2006, 92; 58-61.
- [24] 刘新, 李颖, 杨立, 等. 64层螺旋CT评价冠状动脉支架内再狭窄的价值. *中华放射学杂志*, 2006, 40; 808-811.
- [25] Ropers D, Ulzheimer S, Wenkel E, et al. Investigation of aorto-coronary artery bypass grafts by multislice spiral computed tomography with electrocardiographic-gated image reconstruction. *Am J Cardiol*, 2001, 88; 792-795.
- [26] Pache G, Saueressig U, Frydrychowicz A, et al. Initial experience with 64-slice cardiac CT; non-invasive visualization of coronary artery bypass grafts. *Eur Heart J*, 2006, 27; 976-980.
- [27] Chiurlia E, Menozzi M, Ratti C, et al. Follow-up of coronary artery bypass graft patency by multislice computed tomography. *Am J Cardiol*, 2005, 95; 1094-1097.
- [28] Lessick J, Mutlak D, Rispler S, et al. Comparison of multidetector computed tomography versus echocardiography for assessing regional left ventricular function. *Am J Cardiol*, 2005, 96; 1011-1015.
- [29] Schuijf JD, Bax JJ, Salm LP, et al. Noninvasive coronary imaging and assessment of left ventricular function using 16-slice computed tomography. *Am J Cardiol*, 2005, 95; 571-574.
- [30] Salem R, Remy-Jardin M, Delhaye D, et al. Integrated cardio-thoracic imaging with ECG gated 64-slice multidetector-row CT; initial findings in 133 patients. *Eur Radiol*, 2006 [Online publication ahead of print].
- [31] 刘新, 赵锡海, 程流泉, 等. 冠状动脉CT和MR血管成像诊断粥样硬化斑块和狭窄的对比研究. *中华放射学杂志*, 2006, 40; 1156-1160.
- [32] 杨立, 赵林芬, 卢才义, 等. 心肌桥和壁冠状动脉多层螺旋CT与冠状动脉造影诊断对照. *中华放射学杂志*, 2006, 40; 1146-1149.
- [33] 杨立, 赵林芬, 李颖, 等. 心肌桥和壁冠状动脉的多层螺旋CT诊断及其临床意义. *中华医学杂志*, 2006, 86; 2858-2862.
- [34] Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT). *Eur Radiol*, 2006, 16; 256-268.