

· 心血管影像学 ·

钙化积分扫描缩短冠脉 CTA 扫描范围及降低辐射量的作用

付维东, 龚建平, 宦坚, 张伟, 张博, 乔方

【摘要】 目的:探讨使用钙化积分扫描缩短增强扫描范围以降低后门控冠状动脉 CTA 检查辐射量的临床应用价值。

方法:40 例患者行冠脉钙化积分及冠脉 CTA 检查,其增强扫描的实际扫描范围根据钙化积分扫描图像来决定,即冠状动脉树上缘 1 cm 至心尖部心包影即将消失的层面。并按常规方法在定位像上测量增强扫描的预计扫描范围,即气管隆突下 1 cm 至心脏下缘 2 cm。比较两种扫描范围及相应的辐射剂量的差异。**结果:**实际扫描范围比预计扫描范围平均缩短 (2.09 ± 0.76) cm ($t=17.31, P<0.01$), 冠状动脉 CTA 各序列总剂量较常规方法平均减少 (1.51 ± 0.87) mSv, 差异有极显著性意义 ($t=10.92, P<0.01$), 相当于各序列平均剂量总和的 9.20%。**结论:**使用钙化积分扫描图像能有效缩短增强扫描的范围,从而明显降低冠状动脉 CT 血管成像的辐射量。

【关键词】 冠状动脉; 钙化积分; 扫描范围; 辐射剂量; 体层摄影术, X 线计算机; 回顾性心电门控**【中图分类号】** R814.42; R541.4 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2012)03-0305-04

Effect of calcium scoring scan in reducing scan range and radiation dose in retrospectively ECG-gated CT coronary angiography

FU Wei-dong, GONG Jian-ping, HUAN Jian, et al. Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Soochow University, Jiangsu 215004, P. R. China

【Abstract】 Objective: To find out a way of reducing scan range in retrospectively ECG-gated CT coronary angiography in order to reduce the radiation dose. **Methods:** Forty consecutive patients were analyzed retrospectively. The scan range of CT coronary angiography derived respectively from the scout view and from the axial images of calcium scoring were compared. The former was assumed to be determined from 1cm under the trachea carina to 2cm under the inferior margin of the heart. The latter was performed by identifying the left anterior descending coronary artery and posterior descending coronary artery and adding 1cm cranially and caudally. Effective radiation doses were calculated for CT coronary angiography using both scout view-derived and calcium scoring-derived scan range. **Results:** The calcium scoring-derived range was (10.40 ± 0.60) cm; while the scout view-derived range was (12.5 ± 0.94) cm which was significantly larger than that of using the calcium scoring-derived scan ($t=17.31, P<0.01$). The average difference between them was (2.09 ± 0.76) cm, corresponding to a radiation dose reduction of (1.67 ± 0.72) mSv. After offsetting the dose given for the calcium scoring scan, the savings in radiation exposure when using a calcium scoring-derived instead of a scout view-derived scan range for CT coronary angiography -including the radiation dose of the calcium scoring scan and the test bolus scan- was (1.25 ± 0.72) mSv ($t=10.92, P<0.01$), which accounted for a dose reduction of 9.20%. **Conclusion:** Using the images from calcium scoring instead of the scout view to determine the scan range of contrast-unenhanced CT coronary angiography can effectively decrease the scan range and reduce the radiation dose significantly.

【Key words】 Coronary artery; Calcium scoring; Scan range; Radiation dose; Tomography, X-ray computed; Retrospectively electrocardiogram-gated

多排螺旋 CT 技术的飞速发展,冠状动脉 CT 血管成像已成为诊断冠心病的一种常用而且准确的非侵入性检查方法。64 排螺旋 CT 在目前冠状动脉 CTA 中使用最广泛,但是其辐射剂量问题已引起了医学界和公众的关注^[1],如何有效降低辐射剂量已成为冠脉 CTA 检查的关键所在^[2]。放射工作人员应遵循合理实现更低剂量(as low as reasonably achievable, ALARA)原则^[3],采用各种低剂量技术,实现图像质

量与辐射剂量的统一。本文通过比较基于定位像(scout view)扫描图像和基于钙化积分扫描图像这两种确定冠脉 CTA 增强扫描范围的方法,旨在探讨 64 排 CT 冠状动脉成像检查时能有效减少扫描范围从而降低辐射剂量的方法。

材料与方法

1. 临床资料

连续选取 2009 年 7 月 29 日—2009 年 9 月 24 日在本院成功行 64 排螺旋 CT(GE LightSpeed VCT)冠状动脉成像的 40 例患者的检查图像。

入选标准:①所有定位像扫描、钙化积分扫描、增

作者单位:215004 江苏,苏州大学附属第二医院影像科(付维东、龚建平、宦坚、张伟、张博、乔方);414000 湖南,岳阳市第一人民医院(付维东)

作者简介:付维东(1978—),男,湖南华容人,硕士研究生,主治医师,主要从事 CT 和 MRI 诊断工作。

通讯作者:龚建平, E-mail: gongjianpingsz@126.com

强扫描均在患者平静呼吸下屏气后进行;②扫描顺序依次为正侧位定位像扫描、钙化积分扫描(75% R-R 间期前门控采集,150 mA,120 kV,扫描范围均为系统默认设置的 12 cm)、对比剂团注测试扫描及增强扫描(600 mA,120 kV,开启心电图电流调制,75% R-R 间期后门控采集,准直宽度 0.625 mm×64i;③CTA 扫描范围根据钙化积分扫描图像来确定,上缘为冠状动脉树上缘(一般为左前降支的上缘)以上 1 cm,下缘为心尖部心包即将消失的层面(图 1,或后降支下缘以下 1 cm^[4])。增强扫描时的心率由系统自动保存。

排除标准:因胸廓畸形或肺叶切除等因素明显影响气管隆突的解剖位置、胸痛三联征或冠脉搭桥患者。

2. 数据采集及分析方法

由于上述两种方法除扫描范围,其它参数保持一致。故两者的容积 CT 剂量指数相同,采用如下方法回顾性分析。

记录实际扫描时由系统自动生成的剂量报告中钙化积分扫描的剂量范围乘积(dose length product, DLP_{CA})、增强扫描的容积 CT 剂量指数(volume computed tomography dose index, CTDI_{vol0})、冠脉 CTA 成像各序列实际剂量范围乘积之和(DLP₀)、定位像扫描剂量不计。

记录实际增强扫描的层数,计算增强扫描的实际扫描范围(L₀),公式如下:

$$L_0 = \text{扫描层数} \times \text{层厚}(0.625 \text{ mm}) \tag{1}$$

在 AW4.3 工作站上测量假定不作钙化积分扫描时,以正位定位像为基础所确定的预计增强扫描范围(L_x)。扫描范围的上缘为定位像中气管隆突下 1 cm,扫描范围的下缘为心脏下缘 2 cm^[5-8](图 2),若心脏下缘显示不清,则根据经验按心脏的形态来估计下缘的位置^[9]。由两位影像医师在不同的时间段各测量 3 次,取 3 次的平均值分别为 L_甲 和 L_乙,L_甲 和 L_乙 的平

均值即为 L_x。计算以 L_x 为增强扫描覆盖范围时,每例患者冠脉 CT 成像各序列的预计剂量范围乘积之和(DLP_x),计算公式为:

$$DLP_x = (L_x - L_0) \times CTDI_{vol0} - DLP_{CA} + DLP_0 \tag{2}$$

3. 统计学处理

所有数据使用 Microsoft Office Excel 制表,SAS V8.1 统计软件进行统计学分析。对 L_甲 与 L_乙 的差异、L₀ 与 L_x 的差异以及 DLP_x 与 DLP₀ 的差异分别采用配对设计数值变量资料的 t 检验,P<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

本研究中实际扫描时测得的 CTDI_{vol0} 为 35.87~77.37 mGy,平均(57.01±17.00) mGy,DLP_{CA} 均为 30.02 mGy·cm。

L_甲 10.49~14.63 cm,平均为(12.57±5.83) cm;L_乙 10.55~14.41 cm,平均(12.53±0.92) cm。L_甲 与 L_乙 间差异无统计学意义(t=-1.38,P=0.18)。

L₀ 和 L_x、DLP₀ 和 DLP_x 的测量结果见表 1。

表 1 L 和 DLP 的实际值与预计值的比较

指标	实际值	预计值	t 值	P 值
L(cm)	10.40±0.60	12.5±0.94	17.31	<0.0001
DLP(mGy·cm)	790.49±162.51	936.69±190.04	10.92	<0.0001

40 例患者使用钙化积分扫描图像均能缩短扫描范围(0.21~3.34 cm),平均(2.09±0.76) cm。在减去钙化积分扫描的剂量后,除 1 例预计剂量 DLP_x 比实际剂量 DLP₀ 低 16.43 mGy·cm,其余 39 例预计剂量 DLP_x 均高于实际剂量 DLP₀。DLP₀ 的平均值比 DLP_x 低(89.29±51.46) mGy·cm,若减去钙化积分扫描的剂量,平均减少(84.94±51.46) mGy·cm(-16.62~201.42 mGy·cm)。以欧洲 CT 质量标准

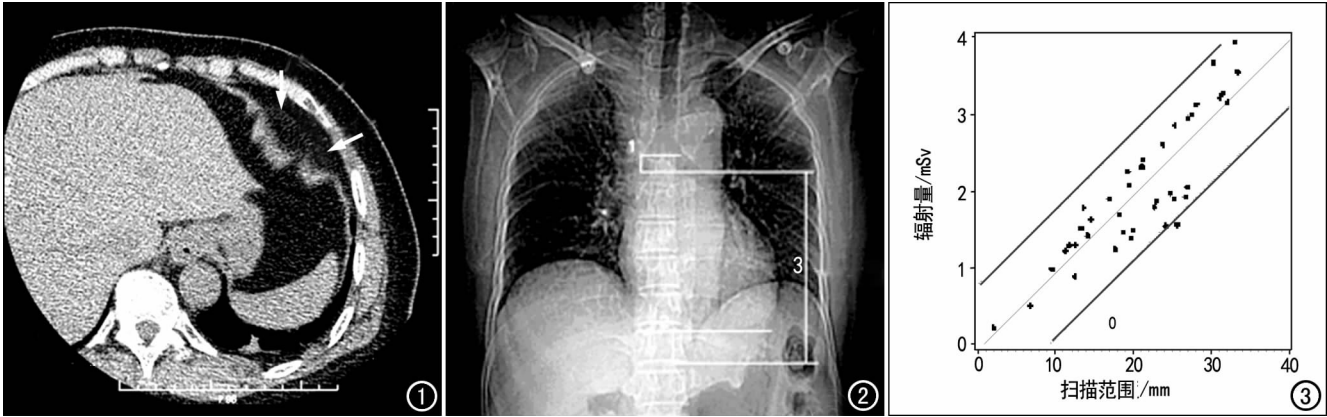


图 1 钙化积分扫描心尖部层面示心包影即将消失(箭)。 图 2 定位像上确定预计扫描范围(从气管隆突下 1cm 至心脏下缘 2cm),即线段 3 的范围。 图 3 散点图示采用钙化积分扫描较采用定位像所减少的 CTA 扫描范围与减少的辐射剂量之间呈正相关。

指南提出的转换系数 $k=0.017\text{ mSv}/(\text{mGy}\cdot\text{cm})$ 来计算^[4],减少的有效剂量为 $(1.51\pm0.87)\text{ mSv}$ 。实际扫描序列与预计扫描序列有效剂量的比较见表 2。

表 2 扫描序列间的剂量比较

扫描序列的比较	有效剂量(mSv)	t 值	P 值
比较 1		14.62	<0.0001
预计增强扫描	15.46±3.22		
实际增强扫描	13.44±2.76		
比较 2		10.93	<0.0001
预计增强扫描	15.46±3.22		
钙化积分扫描加实际增强扫描	13.95±2.76		
比较 3		19.55	<0.0001
钙化积分扫描加预计增强扫描	15.97±3.22		
钙化积分扫描加实际增强扫描	13.95±2.76		

L_x 与预计减少的净剂量(各序列实际剂量之和与各序列预计剂量之和的差值)之间的关系如图 3 所示,两者之间呈高度线性正相关($R^2=0.78$);实际增强扫描范围较预计值每减少 10 cm,其剂量约减少 1.01 mSv。

讨 论

64 排螺旋 CT 冠脉成像时若采用后门控方式采集数据,必须采用小螺距薄层扫描及较大的管电流,因此辐射剂量较高。早期的 64 排螺旋 CT 冠脉成像的有效剂量约为 $11\sim22\text{ mSv}$ ^[10],随后即使采用能有效降低后门控成像剂量的 ECG 电流调制技术,其有效剂量仍然较高($8\sim18\text{ mSv}$)^[11]。虽然前门控成像能极大地降低剂量^[11],但目前我国绝大部分 64 排螺旋 CT 机为老机型,只能采用后门控方式行冠脉 CTA 扫描,设备难以在短时间内更新,因而针对现有设备的低剂量管理显得更为重要^[12]。

降低 MSCT 后门控冠脉 CTA 扫描时辐射剂量的主要手段有心电电流调制、适当降低管电压、硬件及软件降噪、缩短扫描覆盖范围以及采用多种策略实行个体化剂量管理等^[13]。在其它条件相同下,扫描范围的不同必然导致患者受到的辐射剂量不同,因而选择合适的扫描范围也是降低冠状动脉 CTA 扫描剂量的策略之一^[2]。

优化扫描范围目的是以尽量小的范围覆盖全心或全部冠状动脉树^[9]来减少不必要的辐射。对于非冠脉搭桥或非胸痛三联征患者,目前根据后前位定位像上气管隆突与心脏下缘,或钙化积分图像上冠状动脉树的上缘即左前降支上缘与心尖或后降支下缘之间的垂直距离来确定增强扫描范围。但由于呼吸运动及心脏搏动,必须再上下适当放宽少许距离^[9]。Halpern^[6]指出,若使用定位像来确定,则应从气管隆突至估计的心脏下缘以下 2 cm。实际工作中有影像科医师可能考虑到会增加辐射,对部分患者未行钙化积分扫描^[7,10],此时只能根据定位像的解剖标志确定扫描范围^[9]。但

是,在定位像上以气管隆突来确定冠状动脉的起始水平位置往往很不准确^[14],确定心脏下缘也存在困难^[9],因此使用定位像确定扫描范围可能会增加不必要的覆盖区。笔者比较了两种确定增强扫描范围的方法,结果显示使用钙化积分扫描图像能缩短扫描范围、减少增强扫描的辐射剂量;在减去钙化积分扫描自身的剂量后,仍能降低冠脉 CTA 检查的整体剂量(平均减少 9.2%)。Gopal 等^[15]报道使用钙化积分扫描缩短扫描范围后,能降低 $22\%\pm10\%$ 的剂量。Hur 等^[16]认为,使用钙化积分扫描减少 1 cm 的扫描范围即能降低 $8\%\sim9\%$ 的剂量。Leschka 等^[17]通过钙化积分扫描缩短扫描范围后,降低剂量达 16%。本研究与上述结果有一定差异,考虑因增强扫描时所使用的曝光条件及电流调制期相设置不同。如果钙化积分扫描使用较大的曝光条件,则减少总剂量的作用会降低,因此要选择合适的钙化积分扫描曝光条件。本研究中使用 120 kV、150 mA,低于同种机型下 Horiguchi 等^[18]使用的 130 mA 或 Kitagawa 等^[19]使用的 140 mA,己能够保证图像质量。

本文未能考查以定位像确定增强扫描范围的实际冠脉 CTA 图像,仅限于预计性分析。另外,虽然冠脉 CTA 诊断的准确性一直是研究热点,但是扫描方案并未完全标准化^[14],确定扫描覆盖范围的具体方法也未统一,但不外乎以最小的范围既要确保覆盖全心或全部冠状动脉树,又要为呼吸运动和心脏本身的搏动预留足够的范围。

需要注意的是,增强扫描的实际成像范围并非 CT 机剂量报告中所记录的曝光范围。因为 MSCT 以螺旋方式扫描时,会在所设定的扫描范围两端各存在一段无效曝光区,此区域的宽度与螺距及探测器宽度等因素有关^[20]。另外,在钙化积分扫描图像上定位时,据笔者观察,心尖部心包即将消失的层面与后降支下缘下方 1 cm 处很接近;如果心尖部心包显示不清,可选用后降支或与后降支伴行的心中静脉定位,反之亦然。

参考文献:

[1] Bastarrika G, Lee YS, Huda W, et al. CT of coronary artery disease[J]. Radiology, 2009, 253(2):317-338.

[2] Paul JF, Abada HT. Strategies for reduction of radiation dose in cardiac multislice CT[J]. Eur Radiol, 2007, 17(8):2028-2037.

[3] 张兆琪, 徐磊. 重视冠状动脉多层 CT 成像的低剂量检查[J]. 中华放射学杂志, 2009, 43(7):681-683.

[4] Gopal A, Mao SS, Karlsberg D, et al. Radiation reduction with prospective ECG-triggering acquisition using 64-multidetector computed tomographic angiography[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2009, 25(4):405-416.

[5] 高建华, 孙宪昶, 戴汝平, 等. 64 层容积 CT 冠状动脉成像技术及

- 影响因素的分析[J]. 临床放射学杂志, 2007, 26(2): 139-143.
- [6] Halpern EJ. Clinical cardiac CT: anatomy and function[M]. New York: Thieme Medical Publishers, 2008: 16-19.
- [7] Zhang SZ, Hu XH, Zhang QW, et al. Evaluation of computed tomography coronary angiography in patients with a high heart rate using 16-slice spiral computed tomography with 0.37s gantry rotation time[J]. Eur Radiol, 2005, 15(6): 1105-1109.
- [8] 毛定飏, 滑炎卿, 王鸣鹏, 等. 心率及重建相位窗对多层螺旋 CT 冠状动脉造影图像质量的影响[J]. 中华放射学杂志, 2004, 38(5): 521-524.
- [9] Schoepf UJ, Zwerner PL, Savino G, et al. Coronary CT angiography[J]. Radiology, 2007, 244(1): 48-63.
- [10] Hoffmann U, Ferencik M, Cury RC, et al. Coronary CT angiography[J]. J Nuclear Medicine, 2006, 47(5): 797-806.
- [11] Gerber TC, Carr JJ, Arai AE, et al. Ionizing radiation in cardiac imaging: a science advisory from the American heart association committee on cardiac imaging of the council on clinical cardiology and committee on cardiovascular imaging and intervention of the council on cardiovascular radiology and intervention[J]. Circulation, 2009, 119(2): 1056-1065.
- [12] 高建华. 64 排 CT 冠状动脉成像中的 X 线剂量管理[J]. 中国医疗器械信息, 2009, 15(7): 14-19.
- [13] 高建华, 李涛, 李剑颖, 等. 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像定位像 CT 值与管电流关系的研究[J]. 中华放射学杂志, 2009, 43(7): 719-724.
- [14] Budoff MJ. Maximizing dose reductions with cardiac CT[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2009, 25(suppl 2): S279-S287.
- [15] Gopal A, Budoff MJ. A new method to reduce radiation exposure during multi-row detector cardiac computed tomographic angiography[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2009, 132(3): 435-436.
- [16] Hur G, Hong SW, Kim SY, et al. Uniform image quality achieved by tube current modulation using SD of attenuation in coronary CT angiography[J]. AJR, 2007, 189(1): 188-196.
- [17] Leschka S, Kim CH, Baumueller S, et al. Scan length adjustment of CT coronary angiography using the calcium scoring scan: effect on radiation dose[J]. AJR, 2010, 194(3): 272-277.
- [18] Horiguchi J, Matsuura N, Yamamoto H, et al. Variability of repeated coronary artery calcium measurements by 1.25mm and 2.5mm thickness images on prospective electrocardiograph triggered 64-slice CT[J]. Eur Radiol, 2008, 18(2): 209-216.
- [19] Kitagawa T, Yamamoto H, Ohhashi N, et al. Comprehensive evaluation of noncalcified coronary plaque characteristics detected using 64-slice computed tomography in patients with proven or suspected coronary artery disease[J]. Am Heart J, 2007, 154(6): 1191-1198.
- [20] van der Molen AJ, Geleijns J. Overranging in multisection CT: quantification and relative contribution to dose-comparison of four 16-section CT scanners[J]. Radiology, 2007, 242(1): 208-216.

(收稿日期: 2011-06-23 修回日期: 2011-12-01)

中华放射学会第十一届全国心胸影像学术大会征文通知

由中华医学会放射学分会心胸学组主办、上海市医学会及上海长征医院承办的中华放射学会第十一届全国心胸影像学术大会, 定于 2012 年 5 月 11~14 日在上海光大会展中心召开, 现在开始征文, 欢迎广大医学影像工作者及相关学科医师踊跃投稿及参会。

一. 征文内容

胸部普通 X 线、CT、MRI、核医学、心胸介入放射学、超声诊断学、分子影像学、放射学管理、质量控制及放射技术学等方面的论著、讲座、述评、综述、短篇报道、病例讨论。

二. 征文要求

1. 按中华医学会系列杂志稿约要求撰写 800 字左右的标准结构式摘要, 包括目的、材料与方法、结果、结论四要素。

2. 已在全国公开发行人刊物上发表论文大会将不再采用。

3. 截稿日期: 2012 年 4 月 15 日。

三. 投稿方式

1. 网络投稿: 请登陆中华放射学会网站, 注册后投稿。

网址: 中华医学会放射学分会网 <http://www.chinaradiology.org/csr>

2. 注意事项: 投稿或网上注册请注明姓名、作者单位、详细通信地址、邮政编码、手机号码及 E-mail, 方便彼此之间联系(需要大会发言请注明)

四. 会议信息平台

1. 中华医学会放射学分会网址 <http://www.chinaradiology.org/csr>

2. 上海长征医院影像科网址 <http://www.czyxk.com>

3. 联系方式: 关滢 021 81886036, 13601942282 李华 021 81886028, 13564665666

地址: 200003 上海市凤阳路 415 号, 上海长征医院影像诊断科

(中华医学会放射学分会心胸学组 上海长征医院)