

赵义芹, 祖德贵, 曾庆玉. 后 64 排螺旋 CT 冠脉检查新进展[J]. CT 理论与应用研究, 2012, 21(1): 149-155.
Zhao YQ, Zu DG, Zeng QY. New progress of post 64 slice CT for coronary artery [J]. CT Theory and Applications, 2012, 21(1): 149-155.

后 64 排螺旋 CT 冠脉检查新进展

赵义芹, 祖德贵, 曾庆玉✉

(煤炭总医院放射科, 北京 100028)

摘要: 64 排 CT 冠状动脉成像已成为冠脉病变诊断及筛查的重要无创性检查, 但心律不齐、心动过速、钙化支架伪影仍影响其冠脉成像质量以及辐射剂量过高。本文总结了后 64 排 CT 如双源 CT、Brilliance ICT、宝石 CT、320 排 CT 在上述检查中取得的进展和仍然存在的不足, 表明后 64 排 CT 的辐射剂量均有所减低, 双源 CT、Brilliance ICT 随着时间分辨率的提高基本上解决了心动过速的问题, 320 排 CT 根本上解决了心律不齐的问题, 并对后 64 排螺旋 CT 冠脉检查的发展前景进行讨论。

关键词: 计算机断层成像; 冠状动脉; 后 64 排 CT

文章编号: 1004-4140 (2012) 01-0149-07 **中图分类号:** R 445 **文献标识码:** A

CT 技术近年发展迅猛, 特别是 64 排螺旋 CT 的问世, 使人感到无创性 CT 冠状动脉成像 (Computer Tomography Coronary Angiography, CTCA) 技术代替传统的常规冠状动脉血管造影成为可能。作为一种安全、简便、较为可靠的无创性影像检查方法, CTCA 能准确显示冠脉主干和冠脉通畅性, 比较准确地地区分冠脉软、硬斑块, 在观察冠脉支架术后有无再狭窄方面具有独特的优越性, 且有微创性和多视角观察的优点, 是评价冠脉病变重要的诊断与筛选方法^[1-4]。但实践中发现, 心律不齐、心动过速和钙化支架伪影则较严重地影响冠状动脉成像质量^[3-4], 从而导致与冠状动脉造影 (DSA) 相比它的准确性仍较差。因此, 后者在冠脉检查上目前仍认为是金标准。另外, 辐射剂量过高亦是 64 排 CT 的一个制约因素。

如何克服 CTCA 的上述缺陷? 2008 年 11 月北美年会及发布的后 64 排 CT (双源 CT、Brilliance ICT、宝石 CT、320 排 CT), 展示了很多技术上的新进展, 有望使 CTCA 检查发挥巨大的作用^[4]。本文就最新一代 CT 对克服上述缺陷所展示的技术新进展和仍然存在的问题逐一阐述。

1 心律不齐

心脏冠状动脉扫描对整个心脏的数据要进行分段获取, 当心律不齐时, 各段之间就会出现节段性错位伪影。被检查者的心律不齐较轻, 对图像质量影响不大; 但严重的窦性心率不齐、早搏等将会在多扇区重建后表现出冠状动脉不连续、错层伪影, 从而影响影像学评价^[1]。

后 64 排 CT 的出现则对心律要求减低, 320 排 CT 从根本上解决了心律不齐的问题,

收稿日期: 2011-10-25。

其采用单次全器官容积成像带来 z 轴 0 时相差异及较少的心动周期获取重建图像数据,它具有 64 排 MDCT 4 到 5 倍探测器宽度,不需要螺旋扫描,只需 1 圈不动床扫描即可完整覆盖心脏,在同一个 R-R 间期即可获得全部的扫描数据,因此受心律的影响非常小,从而根本上避免了螺旋错层伪影的问题^[5-6]。

双源 CT 利用回顾性心电门控技术,结合强大的心电编辑功能,使心律不齐或心律失常患者的冠状动脉图像质量有了明显的改善^[7]。Brilliance ICT 具有更快的旋转速度、更宽的探测器宽度,能够根据不同的心脏生理状态,制定相对应的技术策略,通过不同采集技术的自然转换和选择为临床挑战复杂心律检查提供新的技术手段^[8]。

2 心动过速

影响冠状动脉成像质量好坏的主要因素就是心脏搏动所致的冠状动脉运动,在进行 64 排 CT 检查中,因为时间分辨率不够的原因,心动过速时则导致成像质量下降。

后 64 排 CT 对心率的要求在一定程度上有所减低,双源 CT 的时间分辨率高达 83 ms,所以不受心率高低影响。对于心率过速患者,双源 CT 结合强大的后处理功能,可明显改善冠状动脉图像^[6, 9-10],获得符合临床诊断要求的 CT 图像^[11]。Brilliance ICT 具有最快的旋转速度、更宽的探测器宽度和与众不同的心电 CT 数据采集技术,无需患者检查前准备、不需要控制心率,基本上达到即来即查,即使心率达 180 次/min 也仍然能取得良好的图像质量,因此具有更广泛的心率适应范围,使心率对前门控技术的限制显著降低(≤ 90 次/min)^[5]。

3 钙化、支架伪影

CTCA 主要依靠物质密度的高低,钙化斑块、支架等超高密度的物质常常会造成严重的伪影。当冠状动脉钙化严重、置入支架时,CTCA 会不同程度放大钙化斑块及支架,同时产生放射状低密度伪影,从而影响冠状动脉管腔的显影效果,最终造成冠状动脉狭窄测量值不准确。目前 64 排 CT 并没有根本上解决这一问题^[1, 12-14]。

后 64 排 CT 一定程度上提高了评价支架、钙化内腔的准确性,其中双源 CT 在估计支架内及支架两端的狭窄程度方面能够达到较高的准确率,另一方面它可以通过结合支架远端冠状动脉充盈显影的情况,进而较好地评价支架的通畅性,而且,双源 CT 可以详细观察支架以外冠状动脉,能够较好地了解整个冠状动脉及心脏的状况。

宝石 CT 利用快速能量切换获得衰减数据,并实现 40~140 kVp 范围内任意能量点的单能谱图像提取。还可同时提供水、碘、钙基物质的分析工具,可以通过单球管瞬时变能达到心脏的双能量采集。空间分辨率、组织分辨率均有相应的提高,从而能够准确显示斑块内脂核大小、纤维成分和血栓形成,并对斑块的进展、治疗效果和愈后进行评估,另外也可以对新生斑块、再狭窄或阻塞、终点事件的危险因素进行前瞻性研究^[15]。

4 辐射剂量

尽可能降低辐射剂量是永远需要遵循的原则。辐射剂量与多种因素有关,也有很多控制剂量的方法:①在扫描层厚一定的情况下,辐射剂量与管电流呈正相关线性关系,与所用

的管电压和设定管电压的比值呈平方关系，所以降低管电流及管电压可以降低辐射剂量；② CT 的厂商各显神通，探索降低 X 线剂量的方法，如提高探测器的探测效率（Quantum Detection Efficiency, QDE）、几何探测效率（Geometry Detection Efficiency, GDE）、4D 自动毫安调节技术、ECG 电流调剂技术、使用心脏前置滤线器（cardiac bowtie）以及降噪软件等^[16-17]。

另外，心电门控采集模式、曝光时间、层间隔（断层扫描）和螺距（螺旋扫描）、准直宽度和扫描范围等均会对辐射剂量产生影响。但因为 64 排螺旋 CT 薄层、小螺距、大范围的扫描，导致冠状动脉成像时的射线剂量明显高于其他部位的检查，大大增加了病人辐射损伤随机效应的危险性。

后 64 排 CT 在减少剂量方面取得了一些进展，后 64 排 CT（双源 CT、Brilliance ICT、宝石 CT、320 排 CT）均在一定程度上降低了管电流，其中第二代双源 CT 实现了快速扫描、微量辐射，心脏扫描辐射剂量可以低于 1 mSv^[18-20]。采用创新的 3D 立可锐散射线管理技术是 Brilliance ICT 的一个突出优点，使探测器更宽设计导致的严重散射线对图像质量的干扰和检查剂量增加的顽固问题得到解决，进而提供更清晰的图像、更精确的 CT 值，检查剂量更低。

增强对比剂的敏感性是宝石 CT 应用能谱成像技术的一个临床和经济优势，凭借目前最快的 X 线荧光转换速度材料，宝石 CT 比以往最快的探测器快 100 倍，清空速度快 10 倍，余晖效应小，因而 X 线剂量降低一半，同时它在低浓度对比剂下组织更易分辨，并能够探测到 0.5% 以上碘的浓度，从而实现了低剂量的情况下图像质量大幅度的提高^[17]。320 排 CT 在采用管电流调节扫描模式或前瞻性扫描模式时，根据不同心率预测最佳重建时相，同时调节曝光时相，因此能够在降低患者吸收剂量的同时提高图像质量^[3-4, 21-22]。

5 后 64 排 CT 的不足之处

后 64 排 CT 在显示钙化、支架对管腔狭窄的影响方面强于 64 排 CT，但并没有从根本上解决这一问题。因为临床高度怀疑有冠心病的老年患者冠脉钙化严重的情况特别多，所以在冠脉钙化的情况下，尤其是钙化严重影响冠脉管腔评价时，如何正确诊断冠脉狭窄程度是非常期待解决的问题^[4, 17, 23-26]。

双源 CT 仍需要多个心动周期来采集数据重建，受移床、患者心率及呼吸运动的影响而出现错层伪影、移动伪影，受扫描范围的限制仍较重^[27-28]；Brilliance ICT 的探测器宽度、扫描速度等性能均一般，并没有非常突出的优点；宝石 CT 只是探测器材料的改变，但本质上仍然是 64 排 CT；320 排 CT 冠状动脉成像对较纤细或严重钙化血管的评价仍受到一定的限制^[29-31]；另外为了提高冠脉图像质量，需要探索如何在宽探测器平台下减少高心率患者的运动伪影；冠状动脉成像要求 CT 的时间分辨率 < 35 ms，目前所有 CT 设单扇区重建均没有达到这一要求^[4, 32-33]；后 64 排 CT 在旋转速度与覆盖幅度上并没有多少改善。

6 总结与展望

后 64 排 CT 在心律不齐、心动过速、钙化或支架、辐射剂量方面较 64 排 CT 取得了

不同程度进展,使多层螺旋 CTCA 对冠状动脉病变评价的准确性不断提高,明显扩大了冠状动脉 CT 检查的适用范围,在功能成像方面有更大的发展,将在心脏病的筛查和诊断中发挥更大的作用。另外能否出现“超级 CT”即“(Siemens)双源(GE)快速交替高低压管球+(东芝)320 排 640 层(GE)宝石探测器+(Philips)气垫轴承”,从而进一步提高冠脉检查质量。相对有创性冠脉造影检查,后 64 排 CT 冠脉成像更具有临床研究价值及临床应用前景。随着其技术的不断完善,后 64 排 CTCA 将成为无创性诊断冠状动脉疾病的有效工具。

参考文献

- [1] 岳学旺, 吕德勇, 李素云, 等. 64 层容积 CT 在冠心病诊断中的临床应用[J]. 医学影像学杂志, 2010, 20(4): 474-476.
Yue XW, Lu DY, Li SY, et al. Clinical application of 64-slice volum CT in patients with coronary artery disease[J]. Journal of Medical Imaging, 2010, 20(4): 474-476.
- [2] 陈燕浩, 张树桐, 金朝林. 心率变化对 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像质量的影响及其对策[J]. 中国临床医学影像杂志, 2010, 21(5): 355-357.
Chen YH, Zhang ST, Jin CL. Heart rate variability and its influence on image quality of 64 multi-slice CT in coronary angiography and its strategy[J]. Journal of China Clinic Medical Imaging, 2010, 21(5): 355-357.
- [3] 石明国, 杨勇, 郑敏文, 等. 新 CT 新技术—“后 64 排 CT”的发展方向[J]. 医疗卫生装备, 2010, 31(1): 1-2.
Shi MG, Yang Y, Zheng MW, et al. New techniques of CT: Future of post 64 slice CT[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2010, 31(1): 1-2.
- [4] 中华放射学杂志心脏冠状动脉多排 CT 临床应用协作组. 心脏冠状动脉多排 CT 临床应用专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(1): 9-17.
Cooperation and Writing Group of Chinses Journal of Radiology on Clinical Applications of Cardiac and Coronary Artery Imaging by Multi-Detector Row CT. Clinical application of expert consensus in MDCT of heart coronary artery[J]. Chinese Journal of Radiology, 2011, 45(1): 9-17.
- [5] 黄小勇, 晏子旭, 张兆琪, 等. 320 层 CT 心电门控双期心脏功能扫描一站式检查的初步研究[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(1): 22-25.
Huang XY, Yan ZX, Zhang ZQ, et al. 320 slice CT electro cardiograph-gating double phase cardiac function angiography scan mode: A preliminary investigation of one-stop-shop exam[J]. Chinese Journal of Radiology, 2011, 45(1): 22-25.
- [6] 孙钢, 李敏, 李国英, 等. 320 排容积 CT 冠状动脉血管成像心率与重组时相对图像质量的影响[J]. 中华医学杂志, 2011, 91(1): 5-10.
Sun G, Li M, Li GY, et al. Influence of heart rate and cardiac phases on image quality using 320-detector row CT[J]. National Medical Journal of China, 2011, 91(1): 5-10.
- [7] 刘成磊, 杨立民, 徐凯. 双源 CT 冠状动脉成像在心律失常患者中的初步应用[J]. 实用放射学杂志, 2010, 26(10): 1447-1451.
Liu CL, Yang LM, XU K. Application of dual-source CT coronary angiography in the patients with arrhythmia[J]. Journal of Practical Radiology, 2010, 26(10): 1447-1451.
- [8] 飞利浦医疗保健事业部. Brilliance ICT 的突破性临床应用探索[J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(8): 1604.

- Philips Healthcare. The breakthrough explores of clinical application in brilliance ICT[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2010, 26(8): 1604.
- [9] 刘成磊, 杨立民, 徐凯. 双源CT诊断冠脉狭窄的价值与冠状动脉造影对照分析[J]. 医学影像学杂志, 2010, 20(5): 663-666.
- Liu CL, Yang LM, Xu K. A comparative study of coronary artery imaging with dual source CT and coronary angiography in the diagnosis of coronary stenoses[J]. Journal of Medical Imaging, 2010, 20(5): 663-666.
- [10] 秦玲, 牟彩云, 冯越, 等. 双源 CT 冠状动脉造影图像质量与心率的关系[J]. 全科医学临床与教育, 2010, 8(1): 16-19.
- Qin L, Mu CY, Feng Y, et al. Dual-source CT coronary angiography: Image quality and heart rate[J]. Clinical Education of General Practice, 2010, 8(1): 16-19.
- [11] 薛跃君, 钱农, 邵燕惠, 等. 自然心率下 128 层双源 Flash Spiral CT 冠状动脉成像质量及辐射剂量的研究[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(5): 481-485.
- Xue YJ, Qian N, Shao YH, et al. Optimized imaging quality and radiation dose for coronary artery angiography using 128-slice, dual-source Flash Spiral CT under the natural heart rate[J]. Chinese Journal of Radiology, 2011, 45(5): 481-485.
- [12] 刘兆玉, 韩家兴, 畅智慧, 等. 256 层螺旋 CT 血管造影诊断冠状动脉狭窄一与经导管冠状动脉造影术对比[J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(10): 1892-1895.
- Liu ZY, Han JX, Chang ZH, et al. Diagnostic accuracy of 256-slice CT for detecting coronary artery stenosis: Comparison with transcatheter coronary angiography[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2010, 26(10): 1892-1895.
- [13] 徐文娟, 李澄, 马占龙. 128 层螺旋 CT 冠状动脉血管成像对冠状动脉支架置入术后的评价[J]. 实用放射学杂志, 2011, 27(3): 354-357.
- Xu WJ, Li C, Ma ZL. The evaluation of 128-slice spiral CT coronary angiography after coronary stent implantation[J]. Journal of Practical Radiology, 2011, 27(3): 354-357.
- [14] Hennemuth A, Glaer S, Oeltze S, et al. Automatic transfer function specification for visual emphasis of coronary artery plaque[J]. Computer Graphics Forum, 2010: 29(1): 191-201.
- [15] 李向东, 云庆辉, 苏燕平, 等. HDCT 技术进展及其临床应用价值[J]. 医疗卫生装备, 2010, 31(11): 109-110, 114.
- Li XD, Yun QH, Su YP, et al. Technological development and clinical application of HDCT[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2010, 31(11): 109-110, 114.
- [16] Pflederer T, Jakstat J, Marwan M, et al. Radiation exposure and image quality in staged low-dose protocols for coronary dual-source CT angiography: A randomized comparison[J]. European Radiology, 2010, 20(5): 1197-1206.
- [17] 吕访贤. CT 冠状动脉成像技术现状与展望[J]. 医疗卫生装备, 2011, 32(4): 81-83.
- Lu FX. Status and prospects of CT coronary angiography[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2011, 32(4): 81-83.
- [18] 王明亮, 董光, 耿海, 等. 双源CT冠状动脉成像的重建时相及其与心率的相关性[J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(6): 1034-1037.
- Wang ML, Dong G, Geng H, et al. Reconstruction phases of dual-source CT coronary angiography and correlation with heart rate[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2010, 26(6): 1034-1037.
- [19] Stolzmann P, Leschka S, Scheffel H, et al. Dual-source CT in step-and-shoot mode: Noninvasive coronary angiography with low radiation dose[J]. Radiology. 2008. 249(1): 71-80.
- [20] Weustink AC, Mollet NR, Pugliese F, et al. Optimal electrocardiographic pulsing windows and

- heart rate: Effect on image quality and radiation exposure at dual-source coronary CT angiography[J]. Radiology, 2008, 248(3): 792-798.
- [21] Lehmkuhl L, Gosch D, Nagel HD, et al. Quantification of radiation dose savings in cardiac computed tomography using prospectively triggered mode and ECG pulsing: A phantom study[J]. European Radiology. 2010, 20(9): 2116-2125.
- [22] 廖火城, 钱孝贤. 320 排 CT 心脏成像的最新进展[J]. 国际内科学杂志, 2009, 36(12): 701-704, 709. Liao HC, Qian XX. Recent progress of 320-detector-row cardiac computed tomography[J]. International Journal Of Internal Medicine, 2009, 36(12): 701-704, 709.
- [23] 王宝华, 全金凤. 心脏和冠状动脉 CT 血管成像的临床应用[J]. 实用医药杂志, 2011, 28(6): 560-562. Wang BH, Tong JF. Clinical application of CT for cardiac and coronary artery[J]. Practical Journal of Medicine & Pharmacy, 2011, 28(6): 560-562.
- [24] 孔玲燕, 刘冬, 王怡宁, 等. 双源CT冠状动脉成像评价冠状动脉支架通畅性[J]. 中国医学科学院学报, 2010, 32(6): 601-606. Kong LY, Liu D, Wang YN, et al. Assessment of coronary stent lumen visibility and patency by dual-source computed tomographic angiography[J]. ACTA Academiae Medicinae Sinicae, 2010, 32(6): 601-606.
- [25] Hirai N, Horiguchi J, Fujioka C, et al. Prospective versus retrospective ECG-gated 64-detector coronary CT angiography: Assessment of image quality, stenosis, and radiation dose[J]. Radiology, 2008, 248(2): 424-430.
- [26] Boll DT, Merkle EM, Paulson EK. Dual-energy multidetector CT assessment in a pilot study with anthropomorphic phantom[J]. Radiology, 2008, 247(3): 687-695.
- [27] 冀舒文, 巢惠民, 高斌, 等. 双源CT冠状动脉CTA伪影与心率变化关系探讨和解决对策[J]. CT理论与应用研究, 2011, 20(3): 377-382. Ji SW, Chao HM, Gao B, et al. The research and solution scheme on relationship between dual-source CT coronary artery CTA artifact and heart rate change[J]. CT Theory and Applications, 2011, 20(3): 377-382.
- [28] 谢丽响, 李绍东, 胡春峰, 等. 心率对双源CT冠脉成像质量及延迟时间影响[J]. CT理论与应用研究, 2011, 20(2): 277-282. Xie LX, Li SD, Hu CF, et al. The influence of heart rate on image quality and delay time of DSCT coronary angiography[J]. CT Theory and Applications, 2011, 20(2): 277-282.
- [29] Einstein AJ, Elliston CD, Arai AE, et al. Radiation dose from single-heartbeat coronary CT angiography performed with a 320-detector row volume scanner[J]. Radiology, 2010, 254(3): 698-706.
- [30] Johnson PT, Fishman EK. CT angiography of coronary artery aneurysms: Detection, definition, causes, and treatment[J]. American Journal of Roentgenology, 2010, 195(4): 928-934.
- [31] Rybicki HJ, Steigner ML initial evaluation of coronary images from 320-detector row computed tomography[J]. Int J Cardiovasc Imagins, 2008, 24(5): 535-546.
- [32] Schoepf UJ, Bastarrika G, Lee YS, et al. CT of coronary artery disease[J]. Radiology, 2009, 253(2): 317-338.
- [33] 徐文娟, 李澄, 马占龙. 多层螺旋CT冠状动脉成像研究进展[J]. 生物医学工程与临床, 2011, 15(2): 193-197. Xu WJ, Li C, Ma ZL. Progress of multi-slice spiral CT coronary angiography[J]. Biomedical Engineering and Clinical Medicine, 2011, 15(2): 193-197.

New Progress of Post 64 Slice CT for Coronary Artery

ZHAO Yi-qin, ZU De-gui, ZENG Qing-yu[✉]

(Department of Radiology, China Meitan General Hospital, Beijing 100028, China)

Abstract: 64-slice CT coronary artery imaging has gradually become the important noninvasive test of diagnosis and screening for coronary artery disorder, whose quality is still limited by cardiac arrhythmia, tachycardia, calcification and stents, and it has excessive radiation dose. The paper sums up the progress and disadvantage of post 64 Slice CT such as dual CT, Brilliance ICT, Gemstone CT, and 320 slice CT, shows the radiation dose has been cut down, indicates that tachycardia is settled essentially in Dual CT and Brilliance ICT with the improvement of temporal resolution and cardiac arrhythmia is resolved radically in 320 slice CT, at last, discusses the investigative foreground of post 64 Slice CT for coronary artery.

Key words: computed tomography; coronary artery; post 64 slice CT



作者简介: 赵义芹 (1985—), 女, 煤炭总医院影像医学与核医学专业在读硕士研究生, Tel: 13466772681, E-mail: sdlyzyq@126.com; 曾庆玉[✉] (1963—), 男, 煤炭总医院主任医师、副院长, 医学影像与核医学专业硕士研究生指导教师, 主要从事医学影像诊断等, Tel: 13601290808, E-mail: qingyuzeng@263.net。