

Application of snapshot assist spectral CT in prospective ECG gating coronary artery imaging

HUANG Ruiliang, HAO Fei*, MA Jing

(CT Division, Shanxi Cardiovascular Hospital, Taiyuan 030024, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the clinical value of snapshot assist (SSA) of the gemstone CT in prospective ECG-gated coronary artery angiography in reducing radiation dose. **Methods** A total of 59 patients with prospective ECG-gated coronary angiography were enrolled, who were divided into SSA group and routine group. The SSA group was scanned with SSA technique. The difference were compared between SSA group and conventional group in image quality, dose length product (DLP) and effective dose (ED). **Results** There was no significant difference of image quality scores between the two groups ($\chi^2=2.362$, $P=0.307$). There was also no significant difference in the mean CT value of the aorta root between the two groups ($Z=-0.061$, $P=0.951$). While the differences of noise, CNR and SNR were statistically significant (all $P<0.05$). The DLP and ED of SSA group were $(135.44\pm37.41)\text{mGy}\cdot\text{cm}$ and $(1.89\pm0.52)\text{mSv}$. And the DLP and ED of routine group were $(275.57\pm36.59)\text{mGy}\cdot\text{cm}$ and $(3.85\pm0.51)\text{mSv}$. There were significant differences between the two groups ($t=14.504$, $P<0.01$). The ED reduced about 50.85% in SSA group compared with that in routine group. **Conclusion** The SSA technology can reduce the effective radiation dose of patients in prospective ECG gated coronary angiography, and has a high clinical value.

[Key words] Heart; Tomography, X-ray computed; Image processing, computer assisted; Radiation dosage

DOI:10.13929/j.1003-3289.201609066

能谱 CT 的 SSA 技术在前瞻性心电门控冠状动脉成像中的应用

黄瑞良, 郝菲*, 马靖

(山西省心血管病医院 CT 室, 山西 太原 030024)

[摘要] **目的** 探讨能谱 CT snapshot assist(SSA)技术在前瞻性心电门控冠状动脉成像中降低患者辐射剂量中的应用价值。**方法** 收集行前瞻性心电门控冠状动脉成像的患者 59 例,分为 SSA 组及常规组,SSA 组采用 SSA 技术扫描。比较 SSA 组与常规组图像质量和剂量长度乘积(DLP)、有效辐射剂量(ED)的差异。**结果** 2 组图像质量评分差异无统计学意义($\chi^2=2.362$, $P=0.307$),2 组冠状动脉 CTA 左主干起始处的主动脉根部平均 CT 值差异无统计学意义($Z=-0.061$, $P=0.951$);噪声、CNR、SNR 差异均有统计学意义(P 均 <0.05)。SSA 组 DLP 为 $(135.44\pm37.41)\text{mGy}\cdot\text{cm}$, ED 为 $(1.89\pm0.52)\text{mSv}$,常规组 DLP 为 $(275.57\pm36.59)\text{mGy}\cdot\text{cm}$, ED 为 $(3.85\pm0.51)\text{mSv}$,2 组差异均有统计学意义($t=14.504$, P 均 <0.001),SSA 组较常规组有效辐射剂量降低约 50.85%。**结论** 能谱 CT 的 SSA 技术在前瞻性心电门控扫描冠状动脉成像中可以降低患者的有效辐射剂量,具有较高的临床应用价值。

[关键词] 心脏;体层摄影术,X 线计算机;图像处理,计算机辅助;辐射剂量

[中图分类号] R543.31; R814.42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2017)05-0764-04

[第一作者] 黄瑞良(1983—),男(满族),山西太原人,硕士,主治医师。研究方向:CT 诊断。E-mail: hhhrl678@163.com

[通信作者] 郝菲,山西省心血管病医院 CT 室,030024。E-mail: manmanhao-@163.com

[收稿日期] 2016-09-16 **[修回日期]** 2017-02-14

近年来,冠心病的发病率逐渐增高,冠状动脉 CTA 作为一种无创性检查方法日益受到重视,但其辐射剂量的安全性也倍受关注,在保证图像质量的前提下,如何降低患者辐射剂量已成为当今研究的热点^[1-2]。目前,降低辐射剂量的主要技术有降低管电压、自动管电流等,能谱 CT 的宝石探测器结合自适应迭代统计算法(adaptive statistical iterative reconstruction, ASIR)也可降低辐射剂量^[3-6]。本研究采用 GE 宝石能谱 CT 配备的 snapshot assist(SSA)技术,探讨 SSA 技术降低冠状动脉 CTA 辐射剂量的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2016 年 3 月—6 月于我院行前瞻性心电门控冠状动脉 CTA 检查的患者 59 例。采用 SSA 技术(SSA 组)27 例,男 11 例,女 16 例,年龄 37~78 岁,平均 (54.19 ± 10.72) 岁,体质量指数(body mass index, BMI) $19.33 \sim 29.41 \text{ kg/m}^2$,平均 $(24.18 \pm 2.97) \text{ kg/m}^2$;常规组 32 例,男 20 例,女 12 例,年龄 40~76 岁,平均 (57.50 ± 9.92) 岁,BMI 为 $20.70 \sim 28.01 \text{ kg/m}^2$,平均 $(24.41 \pm 1.86) \text{ kg/m}^2$ 。

排除标准:①严重肾功能不全(肌酐清除率 $< 120 \mu\text{mol/L}$);②碘对比剂过敏;③冠状动脉旁路移植术后;④严重心律不齐、过敏性哮喘、甲状腺功能亢进等。

1.2 仪器与方法 在无酒石酸美托洛尔禁忌证情况下,扫描前心率 > 65 次/分的患者给予舌下含服酒石酸美托洛尔,将心率降至 65 次/分以下。

受检者取仰卧位,扫描范围为气管隆突下 1 cm 至膈下 2 cm。使用前瞻性心电门控扫描,增强扫描采用对比剂跟踪触发技术,将 ROI 设于主肺动脉窗层面的升主动脉,触发阈值为 150 HU,达阈值后延迟 7 s 开始扫描。采用双筒高压注射器,经肘静脉注射非离子型对比剂碘帕醇(370 mgI/ml),剂量 0.8 ml/kg 体质量,再跟注 $1/2$ 剂量的生理盐水,注射速率 5.0 ml/s 。

机架扫描范围 13.9 cm,转速 0.35 秒/转,层厚 0.625 mm ,重建算法 HD STAND,显示野 13.5 cm,矩阵 512×512 。SSA 组采用 SSA 技术,根据受试者 BMI($\text{BMI} < 20 \text{ kg/m}^2$ 、 $20 \text{ kg/m}^2 \leq \text{BMI} \leq 25 \text{ kg/m}^2$ 、 $\text{BMI} > 25 \text{ kg/m}^2$) 自动调节管电压为 80、100、120 kVp,管电流 400~580 mA;常规组采用自动管电压,自动管电流,管电压 100~120 kVp,管电流 500~580 mA。2 组图像均采用 30% ASIR 重建,重建层厚 0.625 mm ,间隔 0.625 mm ,将原始数据传入 AW 4.6 工作站,行 VR、MIP、CPR 后处理及冠状动脉血管探

针分析。

1.3 图像评价

1.3.1 主观评价 由 2 名经验丰富的高年资心脏放射专业医师对图像质量采用盲法进行评价,如意见有分歧经协商达成一致。于图像质量最佳时相对受检者的左主干、左前降支、左回旋支及右冠状动脉的血管进行综合评估,包括:血管与周围组织的对比情况,管腔边缘的清晰锐利程度,管腔的连续性,有无错层及运动伪影,斑块的显示情况。评分标准参照美国心脏学会制定的冠状动脉 15 段分段法,对管腔直径 $< 1.5 \text{ mm}$ 的节段不予评价。3 分:图像质量优,噪声小,管壁连续,无错层及运动伪影,斑块显示清晰;2 分:图像质量良,噪声略大但可接受,管壁连续,有轻微错层或运动伪影,斑块可显示;1 分:图像质量差,噪声较大,管壁不连续,有明显错层或运动伪影,斑块显示不清,图像不能用于诊断。评分 ≥ 2 分为图像质量满足诊断要求。

1.3.2 客观评价 于左主干起始处的主动脉根部设定直径为 10 mm 的圆形 ROI,测定其 CT 值及标准差(SD),并以其标准差作为图像噪声。同时测定同层面左主干周围心包内脂肪的 CT 值作为背景,计算 SNR 和 CNR。计算公式: $\text{SNR} = \text{主动脉根部 CT 值} / \text{噪声}$; $\text{CNR} = (\text{主动脉根部 CT 值} - \text{心包脂肪 CT 值}) / \text{噪声}$ 。

1.4 辐射剂量 采用 CT 剂量长度乘积(dose length product, DLP)及有效辐射剂量(effective dose, ED)评价患者的辐射剂量。扫描结束后,记录 DLP,计算 ED, $\text{ED} = \text{DLP} \times k$, k 为成人心血管 CT 扫描的权重指数, $k = 0.014 \text{ mSv}/(\text{mGy} \cdot \text{cm})$ 。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 16.0 统计分析软件。正态分布计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用两独立样本 t 检验;非正态分布计量资料采用中位数(四分位数间距) $[M(Q)]$ 表示,2 组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。2 组间性别的比较采用 χ^2 检验,评分比较采用趋势 χ^2 检验; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2 组间患者的性别($\chi^2 = 2.781, P = 0.095$)、年龄($t = 1.224, P = 0.223$)、BMI($t = 0.345, P = 0.721$)差异均无统计学意义。

2.1 主观评分 共显示冠状动脉节段 885 个(SSA 组 405 个,常规组 480 个),其中有 66 个节段图像质量评分 ≤ 1 分,不能用于诊断;余 819 个节段图像质量评分 ≥ 2 分,可满足诊断要求(图 1、2)。2 组图像质量评分差异无统计学意义($\chi^2 = 2.362, P = 0.307$;表 1)。

2.2 客观评价 2 组冠状动脉 CTA 左主干起始处的主动脉根部平均 CT 值均 >350 HU, 差异无统计学意义 ($Z = -0.061$, $P = 0.951$; 表 2); 噪声、CNR、SNR 差异均有统计学意义 (P 均 < 0.05 , 表 2)。

2.3 辐射剂量 SSA 组 DLP 为 (135.44 ± 37.41) mGy · cm, 常规组为 (275.57 ± 36.59) mGy · cm, 差异有统计学意义 ($t = 14.504$, $P < 0.001$); SSA 组 ED

表 1 SSA 组与常规组图像质量主观评分比较[个(%)]

组别	图像质量主观评分		
	3 分	2 分	1 分
SSA 组($n=405$)	214(52.84)	155(38.27)	36(8.89)
常规组($n=480$)	255(53.12)	195(40.63)	30(6.25)

表 2 SSA 组与常规组图像客观评价比较[M(Q)]

组别	主动脉根部 CT 值(HU)	噪声(HU)	CNR	SNR
SSA 组	426.90(110.40)	30.60(7.80)	18.20(7.35)	17.66(7.47)
常规组	428.95(108.25)	26.50(10.77)	15.63(3.25)	13.59(2.42)
Z 值	-0.061	-2.282	-2.138	-1.993
P 值	0.951	0.022	0.033	0.046

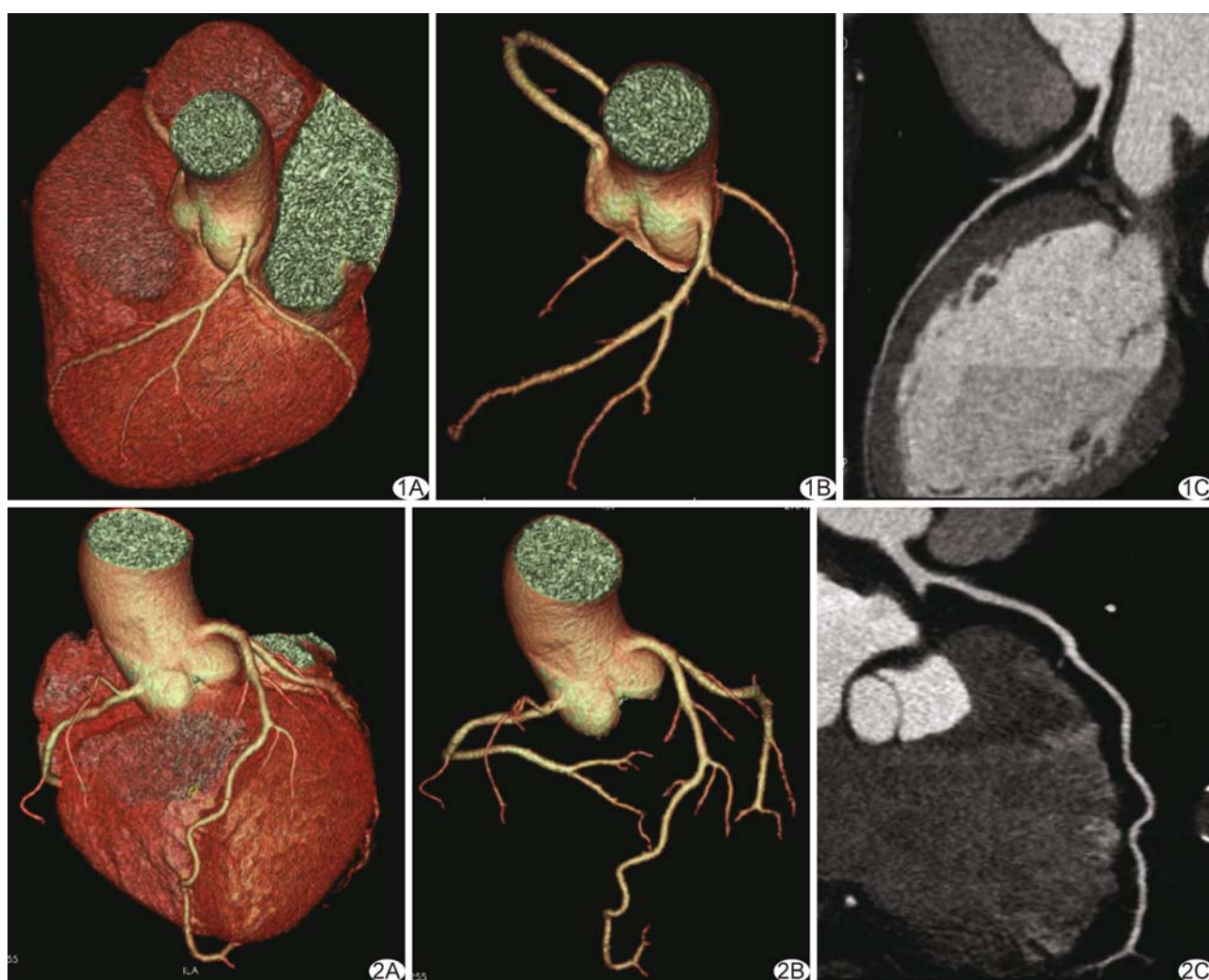


图 1 患者男, 37 岁, BMI 21.97 kg/m^2 , 心率 63 次/分, 常规组 共评价血管 15 节段, 3 分 14 节段, 2 分 1 节段, VR 图(A)及 TREE 图(B)示左前降支及回旋支显影良好, CPR 图(C)示左前降支中段轻微错层, 中段管壁可见非钙化斑块, 管腔轻度狭窄 图 2 患者男, 62 岁, BMI 24.80 kg/m^2 , 心率 65 次/分, SSA 组 共评价血管 15 节段, 均为 3 分, VR 图(A)及 TREE 图(B)示左前降支、回旋支及右冠状动脉显影良好, CPR 图(C)示左前降支管壁光整, 无狭窄及斑块形成

为 (1.89 ± 0.52) mSv, 常规组为 (3.85 ± 0.51) mSv, 差异有统计学意义($t=14.504$, $P<0.001$)。SSA 组较常规组 ED 降低约 50.85%。

3 讨论

冠心病的发病率和死亡率呈逐年上升趋势, 其早期诊断和治疗已成为亟待解决的问题。目前冠状动脉造影术(coronary arteriography, CAG)被公认为诊断冠状动脉疾病的“金标准”, 但因其有创不易被患者接受^[7]。近年来冠状动脉 CTA 及图像后处理技术的不断改进和更新, 为冠状动脉疾病的诊断提供了新的选择。冠状动脉 CTA 是一种无创性的检查方法, 在显示冠状动脉腔内病变的同时, 还可显示血管壁及周边心肌的情况, 但患者所接受的辐射剂量及其远期影响不容忽视^[8-9]。因此, 在保证诊断图像质量的前提下, 降低辐射剂量, 合理采用低剂量原则是目前放射科必须要考虑的问题^[10]。

本研究显示 SSA 组主动脉根部的 CT 值略低于常规组, 但两组差异无统计学意义($Z=-0.061$, $P=0.951$)。SSA 组的噪声较常规组略高, 但该组的 CNR 及 SNR 均有提高(P 均 <0.05), 血管周围组织噪声对图像质量影响较小, 不影响医师诊断。

临床常用的降低辐射剂量的方法有管电流调制、步进式扫描模式、低管电压、滤过成像、迭代重建算法等。目前, 前瞻性心电门控采集技术和大螺距扫描被临床广泛采用。本研究所采用的 SSA 技术, 按患者 BMI 的不同, 分别设定不同的管电压(80、100、120 kVp), 并结合前瞻性心电门控及患者的心率, 从而自动采用合适的管电压及管电流, 推荐使用最恰当的扫描方式。

本研究结果显示, 在患者性别、年龄、BMI 差异无统计学意义的前提下, SSA 组与常规组 ED 的差异有统计学意义, SSA 组的 ED 较常规组降低约 50.85%。SSA 组最低 DLP 为 55.65 mGy·cm, 此外还有 2 例 DLP 低于 100 mGy·cm, 分别为 74.46 mGy·cm、96.32 mGy·cm; 而常规组最低 DLP 为 255.19 mGy·cm。ED 与管电压的平方成正比, 所以降低管电压可更有效地降低辐射剂量^[11]。本研究常规组采用 100 kVp 扫描的患者仅 1 例, 采用 120 kVp 者的 31 例; 而 SSA 组通过 SSA 技术采用 100 kVp 扫描的患者 20 例, 1 例采用 80 kVp, 7 例采用 120 kVp 扫描。提示 SSA 技术可自动选择最适合的扫描条件, 从而更有效地降低辐射

剂量。

本研究的不足: 样本量较小, 且低 BMI 样本含量较少, 无高 BMI($BMI>31 \text{ kg/m}^2$) 患者, 存在选择偏倚, 今后需扩大样本量, 使研究更具有临床意义。

综上所述, 能谱 CT 的 SSA 技术为患者自动提供合适的管电压、管电流及扫描方案, 在保证图像质量的同时均能达到诊断要求, 并可以有效降低患者辐射剂量。

[参考文献]

- [1] Kim MJ, Park CH, Choi SJ, et al. Multidetector computed tomography chest examinations with low-kilovoltage protocols in adults: Effect on image quality and radiation dose. *J Comput Assist Tomogr*, 2009, 33(3):416-421.
- [2] Singh S, Kalra MK, Moore MA, et al. Dose reduction and compliance with pediatric CT protocols adapted to patient size, clinical indication, and number of prior studies. *Radiology*, 2009, 252(1):200-208.
- [3] McCollough CH. Re: Maximizing dose reductions with cardiac CT. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2009, 25(6):647.
- [4] Hou Y, Yue Y, Guo W, et al. Prospectively versus retrospectively ECG-gated 256-slice coronary CT angiography: Image quality and radiation dose over expanded heart rates. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2012, 28(1):153-162.
- [5] Leipsic J, Labounty TM, Heibron B, et al. Estimated radiation dose reduction using adaptive statistical iterative reconstruction in coronary CT angiography: The ERASIR study. *AJR Am J Roentgenol*, 2010, 195(3):655-660.
- [6] 侯阳, 于兵, 郭启勇, 等. 迭代重建对前置门控冠状动脉 CT 图像质量及辐射剂量的影响. *中华放射学杂志*, 2013, 47(4):305-309.
- [7] 汪波, 常时新, 郝楠馨, 等. 冠状动脉 CT 血管造影成像中前瞻性与时后回顾性心电门控技术的比较. *中国医学影像技术*, 2010, 26(10):1877-1879.
- [8] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography-an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med*, 2007, 357(22):2277-2284.
- [9] Fujioka C, Horiguchi J, Kiguchi M, et al. Survey of aorta and coronary arteries with prospective ECG-triggered 100-kV 64-MDCT angiography. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 193(1):227-233.
- [10] 周全红, 康枫, 康群凤, 等. 前瞻性心电门控结合冠状动脉追踪冻结技术在高心率冠状动脉 CT 成像中的应用. *中国医学影像技术*, 2015, 31(6):936-939.
- [11] 华海琴, 康德强, 徐晓娟, 等. 低管电压联合管电流自动调节技术降低下肢动脉 CTA 辐射剂量. *中国介入影像与治疗学*, 2015, 12(6):366-370.