

## 64 层 CT 高清模式扫描对冠状动脉支架的评估价值——与传统 64 层 CT 的对照研究

郭小超, 邱建星, 蒋学祥, 王霄英

**【摘要】** 目的: 通过与传统 64 层 CT 比较, 评价 64 层 CT 高清采集模式显示冠状动脉支架的价值。方法: 回顾性搜集 2010 年 10 月—2010 年 12 月于我院接受传统 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像检查的冠状动脉支架置入术后患者 36 例(共 73 枚支架), 以及 2011 年 3 月—2011 年 4 月接受 64 层 CT 高清模式检查的冠状动脉支架置入术后患者 23 例(共 41 枚支架), 其中 7 例(共 15 枚支架)既往行传统 64 层 CT 冠状动脉成像检查。将冠状动脉 CTA 支架影像质量分为三级, 由两位具有 1 年以上心脏影像诊断经验的放射科医师对影像进行评估。对于行两种 CT 扫描模式的 7 例患者(共 15 枚支架), 测量每枚支架三个位置的内径并计算平均值作为支架内径测量值, 对支架成像质量、同一支架两种 CT 扫描所测支架内径均值、图像噪声及辐射剂量进行统计学分析。结果: 64 层 CT 高清模式扫描所得成像质量为 I 级的支架比例及支架可评估率均高于传统 64 层 CT 扫描; 通过 7 例行两种模式 CT 检查的患者资料比较, CT 高清模式扫描较传统 CT 扫描测得支架内径均值增加 19.9%, 且二者差异具有统计学意义( $t=4.405, P=0.001$ ); 两种模式 CT 扫描模式下支架成像质量差异具有统计学意义( $Z=-2.830, P=0.005$ ); 图像噪声及 CT 剂量指数(CTDIvol) 差异无统计学意义( $P>0.05$ ), 剂量长度乘积(DLP)及有效剂量(ED)差异具有统计学意义( $P=0.016$ )。结论: 与传统 64 层 CT 相比, CT 高清采集模式在降低辐射剂量的同时, 可以提高冠状动脉支架的成像质量, 更清晰的显示支架内径。

**【关键词】** 体层摄影术, X 线计算机; 冠状动脉; 支架

**【中图分类号】** R543.3; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)02-0163-05

**Evaluation of coronal artery stent with 64-slice MDCT high definition scan mode: a comparison with conventional 64-slice MDCT** GUO Xiao-chao, QIU Jian-xing, JIANG Xue-xiang, et al. Department of Radiology, the First Hospital of Peking University, Beijing 100034, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** To evaluate the improvement of display capability of coronary artery stent on High Definition CT (HDCT) with HI-RES scan mode compared with conventional 64-slice CT. **Methods:** Thirty-six patients (from Oct. 2010 to Dec. 2010) underwent coronary CT angiography using conventional 64-slice CT and 23 patients (from Mar. 2011 to Apr 2011) using HDCT (Discovery CT750 HD) were recruited in this study. All the patients had prior coronary stenting (73 stents for 64-slice CT; 41 stents for HDCT). Seven patients of 23 (15 stents) had previous coronary artery imaging with conventional 64-slice CT. The image quality of stents was analyzed in three grades. All the images were interpreted independently by two experienced radiologists. Image quality, measured diameter of the stents were recorded for statistics. Image noise and radiation dose of two CT scans were also analyzed. **Results:** Compared with the conventional CT, the ratios of grade 1 stent images and accessible images were higher using HDCT. The average measured diameter of stents was higher (19.9%) by using HDCT than by conventional 64-slice CT ( $t=4.405, P=0.001$ ). There was significant difference in imaging quality of stents between the two CT scans ( $Z=-2.830, P=0.005$ ). The image noise and CTDIvol had no significant difference between the two CT scans ( $P>0.05$ ). The mean effective dose of HDCT and conventional 64-slice CT were 10.54mSv and 13.27mSv respectively ( $P=0.016$ ). **Conclusion:** Compared with the conventional 64-slice CT, HDCT coronary angiography with HI-RES scan mode can improve the image quality of coronary stents and display the in-stent lumen well with lower radiation dose.

**【Key words】** Tomography, X-ray computed; Coronary artery; Stent

64 层螺旋 CT 作为冠状动脉支架置入术后复查的首选影像学检查方法, 已经逐渐被临床接受<sup>[1-2]</sup>。但由于 CT 设备采样率、空间分辨力、射线硬化伪影、部分容积效应、支架段钙化、支架本身材质及支架管径等

因素的影响, 仍然有相当一部分支架及支架腔内情况无法准确评估<sup>[3-5]</sup>。近期, 随着 CT 技术的改进, 高清采集模式应用于临床, 其通过提高图像的空间分辨力及对比, 能更清晰地显示支架腔内情况。本研究通过与传统 64 层 CT 比较, 评价 64 层 CT 高清采集模式显示冠状动脉支架的价值。

作者单位: 100034 北京, 北京大学第一医院医学影像科

作者简介: 郭小超(1985—), 男, 北京人, 硕士, 住院医师, 主要从事心血管影像诊断工作。

通讯作者: 蒋学祥, E-mail: cjr.jxx@vip.163.com

## 材料与方 法

### 1. 一般资料

常规 64 层 CT 扫描资料:回顾性收集 2010 年 10 月—2010 年 12 月于我院冠状动脉支架置入术后接受 64 层螺旋 CT 冠状动脉成像检查的患者 36 例(共 73 枚支架)。其中男 28 例(77.8%),女 8 例(22.2%),年龄 51~84 岁,中位年龄 67 岁。扫描时患者平均心率为 62.58 次/分(50~72 次/分)。

高清模式 CT 扫描资料:连续性收集 2011 年 3 月—2011 年 4 月于我院冠状动脉支架置入术后接受 CT 高清模式扫描冠状动脉成像检查的患者 23 例(共 41 枚支架)。其中男 17 例(73.9%),女 6 例(26.1%),年龄 49~78 岁,中位年龄 64 岁。扫描时患者平均心率为 59.89 次/分(51~67 次/分)。其中 7 例(共 15 枚支架)既往冠脉支架置入术后行传统 64 层 CT 冠脉成像检查,两次 CT 检查间隔时间平均为 16 个月(11~23 个月),期间未再次进行介入治疗或冠脉血管重建手术。

### 2. CT 检查方法

检查前准备:检查前 6h 禁食;监测患者心率,对于心率 < 70 次/分的患者可以接受检查,对于心率较快的患者嘱其口服 25~50 mg  $\beta$  受体阻断剂;对所有患者进行呼吸训练,嘱吸气后屏气 10 s;检查前向患者简要叙述检查过程,说明注射对比剂时可能出现的不良反应。

传统 64 层 CT 扫描及重组技术:采用 Philips Brilliance 64 层扫描机,扫描使用后心电门控采集,重建算法为心脏标准算法。扫描参数:管电压 120 kV,管电流 800~1000 mAs,准直宽度 40 mm,层厚 0.625 mm,螺距 0.24,机架转速 0.42 s/r,矩阵 512×512,重组视野为 250 mm×250 mm。

高清模式 CT 扫描及重组技术:采用 GE Discovery CT750 HD 扫描机,扫描使用高清模式,后心电门控采集,重建算法为高清标准算法(HD-STD),管电压 120 kV、管电流 220~650 mA,自适应统计迭代重建算法(ASIR)为 30%,准直宽度 40 mm,层厚 0.625 mm,螺距 0.20~0.22,机架转速为 0.35 s/r,矩阵 512×512,重组视野为 250 mm×250 mm。

对比剂注射方案:使用双筒高压注射器,经肘正中

静脉以 4.5~5.0 ml/s 的流速注入 50~70 ml 非离子型对比剂(碘普罗胺 370 mg I/ml),之后追加 20~30 ml 生理盐水。选取气管分叉以下 1 cm 主动脉根部为感兴趣区,注射对比剂同时用智能追踪(Smart-Prep)技术对感兴趣区进行智能跟踪检测,当 CT 峰值达到 50 HU 后触发扫描。

### 3. 冠脉 CTA 对支架的评价

将冠脉 CTA 支架影像质量分为三级:I 级,支架腔内情况显示良好,无伪影,可以明确做出诊断;II 级,支架腔内显示不清,存在硬化伪影,诊断困难;III 级,支架腔内情况不能显示,存在明显硬化伪影,不能做出诊断,影像质量为 I 级和 II 级的支架认为可以评估。所有患者的冠脉 CTA 影像均传输至 GE AW 4.4 工作站,应用后处理软件对图像进行三维重组,支架显示的方法包括横轴面影像、多平面重组及曲面重组。由两位具有一年以上心脏 CT 影像诊断经验的医师对支架影像进行评估,结果不一致时由两人商议决定。

对于 7 例既往行传统 64 层 CT 冠脉成像又行高清模式 CT 扫描的患者,其数据测量方法为:以距支架近端 1 mm 处为起点,距支架远端 1 mm 处为终点,把两点间支架平均分为两段,共获得 3 个标志点,分别在 3 个标志点位置上获得支架垂直的横截面影像,测量支架内径并取平均值,测量图像窗宽为 1500 HU,窗位为 400 HU。计算直径变化率=(CT 高清模式扫描测量值-传统 64 层 CT 测量值)/传统 64 层 CT 测量值。记录每位患者两次 CT 检查的图像噪声(主动脉根部 CT 值的标准差,ROI 约 100 mm<sup>2</sup>)、CT 剂量指数(CTDIvol)及总剂量长度体积(TDLP),根据有效剂量(ED)=转换系数(k)×TDLP。公式中 k 值按照胸部计算取 0.014 mSv/(mGy·cm)。

### 4. 统计学方法

支架内径测量均值采用配对样本 *t* 检验,支架成像质量采用非参数检验 Wilcoxon 法,图像噪声、辐射剂量(CTDI、DLP 及 ED)采用非参数配对秩和检验,因为样本量较小(*n*=7),因此采用精确 *P* 值计算。使用 SPSS 15.0 软件进行分析,*P*<0.05 表示差异具有统计学意义。

## 结 果

CT 高清模式扫描检查的 23 名患者共置入 41 枚

表 1 CT 高清模式扫描与传统 64 层 CT 扫描支架成像质量比较

(枚)

扫描方式	支架数	位置			支架成像质量			
		LAD	LCX	RCA	I 级	II 级	III 级	可评估率
CT 高清模式扫描	41	17	9	15	22(53.7)	13(31.7)	6(14.6)	85.4%
传统 64 层 CT 扫描	73	36	14	23	29(39.7)	27(37.0)	17(23.3)	76.7%

注:括号内为百分比。

金属支架,分别位于右冠状动脉(RCA)及分支15枚,前降支(LAD)及分支17枚,回旋支(LCX)及分支9枚。支架直径2.25~3.5 mm,中位数3 mm。

41枚支架中成像质量为I级22枚(22/41,占53.7%);II级13枚(13/41,占31.7%);III级6枚(6/41,占14.6%),可评估率为85.4%(35/41)。成像质量为I级的支架比例及支架可评估率CT高清模式扫描均高于传统64层CT扫描(表1)。

行两种CT扫描模式检查的7例患者(15枚支架)自身对照情况见表2。CT高清模式扫描较传统64层CT扫描支架内径测量平均值增加19.9%(-1.1%~150.0%),两组支架内径测量值比较具有统计学差异( $t=4.405, P=0.001$ ),成像质量比较具有统计学差异( $Z=-2.830, P=0.005$ ,图1~3)。

两种CT扫描模式检查的辐射剂量比较见表3。两组间图像噪声及CTDIvol比较没有统计学差异( $P$ 均为0.297);DLP及ED比较具有统计学差异( $P$ 均为0.016),CT高清模式扫描平均ED为10.54 mSv,传统64层CT平均ED为13.27 mSv。

## 讨论

64层螺旋CT作为冠状动脉支架置入术后复查

的首选影像学检查手段,已在临床中得到广泛应用<sup>[6-7]</sup>。虽然64层螺旋CT具有较高空间分辨率及时间分辨率,但其对冠状动脉支架的诊断仍存在一定限度<sup>[8-11]</sup>。CT技术的进步,使其在高清晰成像方面取得很大的进展,新的探测器材料,使采样率提高为7131 Hz,空间分辨力达0.23 mm,再加上先进的数据采集系统(DAS),ASIR重组技术等,使CT成像链的各个环节得到提升,在降低辐射剂量的同时,获得更加清晰的冠状动脉及支架的影像。据文献报道<sup>[12]</sup>,与传统CT比较,高清CT扫描对于支架腔内情况的显示更为清晰,评估支架内径更接近真实值,但此结论是通过冠脉支架模体实验得到的。

Tanami等<sup>[13]</sup>通过体模研究证实,与传统64层螺旋CT比较,CT高清模式扫描对支架的测量准确性可提高12.1%~12.6%。本研究则是在临床实践中进一步证实CT高清采集模式对冠状动脉支架术后评估的价值。本研究CT高清模式扫描的41枚支架中,22枚支架成像质量为I级(22/41,占53.7%),支架总体可评估率达85.4%,与传统64层CT扫描相比支架的成像质量有所提高。

支架大小仍然是影响冠脉CTA评估支架的一个重要决定因素。有报道称<sup>[14]</sup>直径3.5 mm或以上的支

表2 CT高清模式扫描与传统64层CT扫描支架自身对照比较

病例	支架位置	支架类型	支架测量平均直径(mm)		直径变化率	成像质量	
			CT高清模式扫描	传统64层CT扫描		CT高清模式扫描	传统64层CT
1	LM	Cypher 3.5×13mm	2.41	2.18	10.6%	I级	II级
1	LAD	Endeavor 3.0×24mm	1.85	1.73	6.9%	I级	I级
1	中间支	Endeavor 2.5×15mm	1.05	0.99	6.1%	I级	II级
2	LAD	不详	1.94	1.71	13.5%	I级	II级
2	LCX	不详	1.54	1.40	10.0%	II级	II级
2	RCA	不详	1.23	0.95	29.5%	II级	III级
3	LCX	Cypher 2.5×18mm	1.72	1.54	11.7%	I级	II级
3	LAD	Cypher 2.5×30mm	1.21	1.05	15.2%	II级	II级
4	LAD	不详	1.74	1.72	1.2%	III级	III级
4	LCX	不详	0.87	0.88	-1.1%	III级	III级
4	RCA	不详	1.80	1.75	2.9%	II级	III级
5	LCX	Firbird 2.5×24mm	1.57	1.50	4.7%	I级	I级
6	LAD	Cypher 3.0×30mm	1.47	1.20	22.5%	II级	III级
6	RCA	Cypher 2.5×18mm	1.05	0.42	150.0%	III级	III级
7	RCA	不详	1.66	1.44	15.3%	I级	II级

表3 CT高清模式扫描与传统64层CT扫描图像噪声及辐射剂量比较

病例	图像噪声		CTDIvol(mGy)		DLP(mGy×cm)		ED(mSv)	
	CT高清模式扫描	传统64层CT	CT高清模式扫描	传统64层CT	CT高清模式扫描	传统64层CT	CT高清模式扫描	传统64层CT
1	40.48	38.53	52.2	46.9	787.1	878.8	11.02	12.30
2	43.29	31.56	49.2	46.9	747.7	867.3	10.47	12.14
3	37.26	36.71	53.0	58.7	1000.8	1112.9	14.01	15.58
4	52.57	46.10	44.5	46.9	706.0	909.5	9.88	12.73
5	26.65	35.33	54.6	58.7	782.8	1090.4	10.96	15.27
6	41.25	42.07	39.7	46.9	580.3	937.3	8.12	13.12
7	46.09	35.68	45.9	46.9	664.7	836.4	9.31	11.71

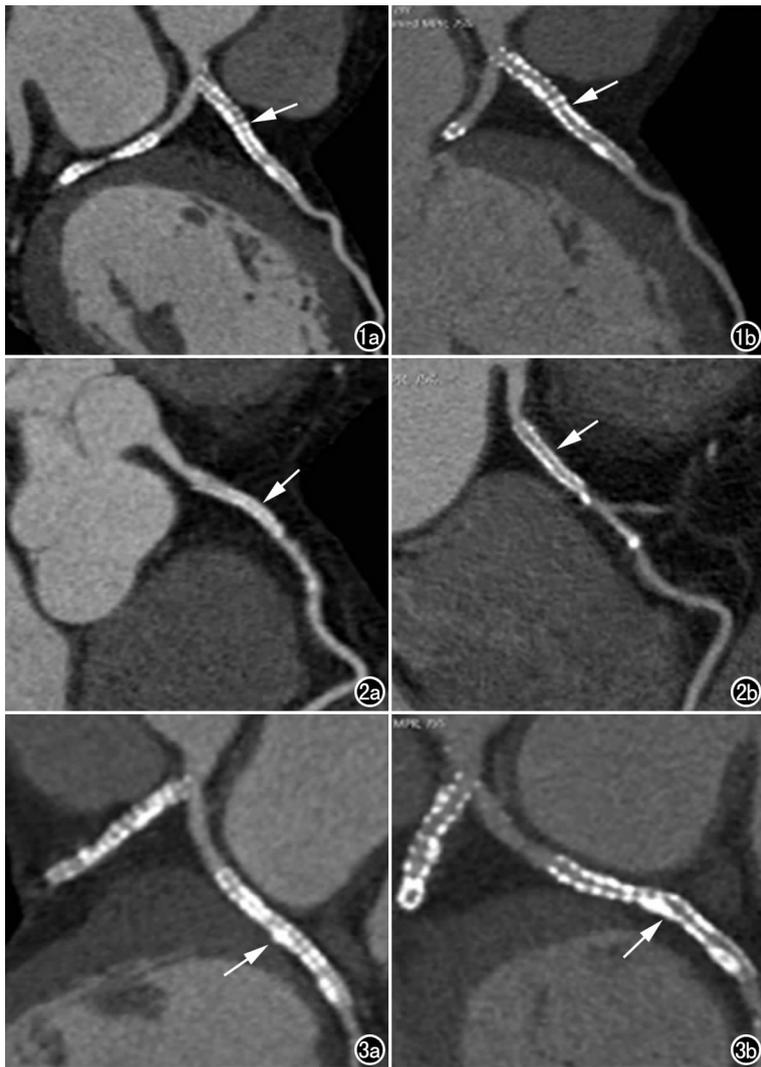


图1 男,79岁,冠脉动脉与支架置入术后。a)传统64层CT示LAD近段支架,成像质量为I级(箭);b)CT高清模式扫描示相同支架,成像质量为I级,但支架内径显示更为清晰(箭)。图2 男,64岁,冠脉支架置入术后。a)传统64层CT示RCA支架,成像质量为III级(箭);b)CT高清模式扫描示相同支架,成像质量为II级(箭)。图3 男,68岁,冠脉支架置入术后。a)传统64层CT示LCX支架(箭),成像质量为II级,测量支架内径为1.54mm;b)CT高清模式扫描示相同支架(箭),成像质量为I级,测量支架内径为1.72mm。

架可评估率为100%,直径3mm支架可评估率为80%,直径小于3mm的支架可评估率仅为33%。一般认为部分容积效应和射线束硬化伪影是影响小直径冠脉支架可评估率的主要因素。CT高清采集模式可以更清晰地显示支架腔内结构,进一步减低部分容积效应及硬化伪影的影响,提高对小直径冠脉支架的显示能力。本研究中15枚同时行CT高清模式扫描与传统64层CT扫描自身对照的支架中,支架内径测量平均值增加19.9%,5枚直径为2.5mm的支架,其中3枚支架成像质量为I级。

本研究中行两种CT扫描模式的自身对照的7例患者CT高清模式扫描平均ED为10.54mSv,传统

64层CT扫描平均ED为13.27mSv,前者较后者降低21%。两种CT扫描模式的CTDIvol比较没有统计学差异,由此可以推断,本研究中CT高清模式扫描与传统64层CT扫描相比辐射剂量的降低,与曝光范围的精确控制及CT高清模式下较小的过扫描范围有关。

本研究存在的局限性:样本量较少,所得结论仍需要大样本病例的进一步验证。另外本研究只测量了两种CT扫描模式检查相同支架的内径,并比较其差异,而支架内横截面积、支架内CT值、支架壁厚度等参数并未纳入研究中,有待今后进一步研究。最后,本研究并没有取得传统冠脉造影结果作为金标准,因此不能评价CT高清模式扫描能否提高支架再狭窄的诊断效能。

综上所述,与传统64层CT相比,CT高清采集模式能显著减低部分容积效应及硬化伪影等因素对冠脉支架成像质量的影响,作为冠脉支架置入术后评价的有效手段具有广阔的临床应用前景。

#### 参考文献:

- [1] Antoniucci D, Valenti R, Santoro GM, et al. Restenosis after coronary stenting in current clinical practice[J]. *Am Heart J*, 1998, 135(3): 510-518.
- [2] Mehran R, Dangas G, Abizaid AS, et al. Angiographic patterns of in-stent restenosis; classification and implications for long-term outcome[J]. *Circulation*, 1999, 100(18): 1872-1878.
- [3] Funabashi N, Komiyama N, Komuro I. Patency of coronary artery lumen surrounded by metallic stent evaluated by three dimensional volume rendering images using ECG gated multislice computed tomography[J]. *Heart*, 2003, 89(4): 382-388.
- [4] Maintz D, Juergens KU, Wichter T, et al. Imaging of coronary artery stents using multislice computed tomography: in vitro evaluation[J]. *Euro Radiol*, 2003, 13(4): 830-835.
- [5] Hong C, Chrysant GS, Woodard PK, et al. Coronary artery stent patency assessed with in-stent contrast enhancement measured at multi-detector row CT angiography: initial experience[J]. *Radiology*, 2004, 233(1): 286-291.
- [6] 孔令燕, 金征宇, 王怡宁, 等. 64排螺旋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*, 2006, 28(1): 32-35.
- [7] Schuijf JD, Bax JJ, Jukema JW, et al. Feasibility of assessment of coronary stent patency using 16-slice computed tomography[J]. *Am J Cardiol*, 2004, 94(1): 427-430.
- [8] Maintz D, Seifarth H, Raupach R, et al. 64-slice multidetector coronary CT angiography: in vitro evaluation of 68 different stents[J]. *Eur Radiol*, 2006, 16(4): 818-826.
- [9] Maintz D, Burg MC, Seifarth H, et al. Update on multidetector

- coronary CT angiography of coronary stents; in vitro evaluation of 29 different stent types with dual-source CT [J]. Eur Radiol, 2009, 19(1):42-49.
- [10] Schlosser T, Scheuermann T, Ulzheimer S, et al. In-vitro evaluation of coronary stents and 64-detector-row computed tomography using a newly developed model of coronary artery stenosis[J]. Acta Radiol, 2008, 49(1):56-64.
- [11] Sun Z, Almutairi AM. Diagnostic accuracy of 64 multislice CT angiography in the assessment of coronary in-stent restenosis: a meta-analysis[J]. Eur J Radiol, 2010, 73(2):266-273.
- [12] Min JK, Swaminathan RV, Vass M, et al. High-definition multi-detector computed tomography for evaluation of coronary artery stents: comparison to standard-definition 64-detector row computed tomography[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2009, 3(4):252-256.
- [13] Tanami Y, Jinzaki M, Yamada M, et al. Improvement of in-stent lumen measurement accuracy with new high-definition CT: comparison with conventional 64 detector-row CT[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2012, 28(2):337-342.
- [14] Sheth T, Dodd JD, Hoffmann U, et al. Coronary stent assessability by 64 slice multi-detector computed tomography[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2007, 69(7):933-938.
- (收稿日期:2012-06-13 修回日期:2012-10-30)

## 中华医学会第十六届腹部影像学学术年会会议通知(第一轮)

由中华医学会放射学分会腹部学组主办、湖南省医学会放射学专业委员会承办的2013年中华医学会第十六届腹部影像学学术年会,将于2013年5月16日—19日在湖南省长沙市融程花园大酒店召开。会议以“交流、合作与发展”为宗旨,以“安全与规范”为主题,大会将就腹部影像安全、规范化扫描技术及影像诊断展开重点论述,并力争将腹部影像最新进展和科研创新呈现给来自全国各地的参会者。会议同步举办第一届南方医学影像论坛及第一届潇湘医学影像论坛,从事医学影像的专家将在此开坛论道,交流心得,大会还邀请二十多名放射领域的知名专家作专题报告,并采取专家讲座和大会发言等多种形式进行学术交流。入选论文将编入论坛《论文汇编》。欢迎同道踊跃报名参加会议。现将会议有关事项通知如下

### 一、会议代表

凡从事医学影像专业同道均可作为正式代表参会。与会代表将获国家级继续医学教育I类学分。

### 二、主题内容

以“安全与规范”为主题,大会将就腹部影像安全、规范化扫描技术及影像诊断展开重点论述,同时将腹部影像最新进展和科研创新呈现给各位参会者,内容涵盖普通放射、CT、MR及DSA等影像技术、影像诊断及治疗。

### 三、会议时间

2013年5月16日报到,17—18日会议,19日撤离。

### 四、会议地点

湖南省长沙市融程花园酒店(五星级),酒店地址:湖南省长沙市雨花区湘府中路9号,联系电话:4007-16-4007(免费)。

### 五、住宿

住宿由会议统一安排,费用自理,按规定回单位报销。会议住宿安排于融程花园酒店和西雅国际大酒店,两酒店距离约400米,会务组将按您的要求并按回执先后安排。

### 六、注册费

3月30日前注册600元/人,4月30日前注册800元/人,现场注册1000元/人;学生凭学生证注册500元/人;西部地区500元/人(陕西、重庆、贵州、云南、四川、甘肃、宁夏、青海、新疆、西藏、内蒙古、广西,但以上区域的直辖市和省会城市除外)。

### 七、参会注册

请登录中华放射学会网站学术会议主页—中华医学会第十六届腹部影像学学术年会—网上注册。

### 八、论文投稿

本次会议只接收中华放射学会网站—学术会议主页—中华医学会第十六届腹部影像学学术年会—网上投稿,论文主题为医学影像学、主题为腹部影像论文将优先录入本次会议论文汇编,优秀论文将推荐发表相关杂志。

(中华医学会放射学分会腹部学组 湖南省医学会 湖南省医学会放射学专业委员会)