

论 著

能谱CT成像结合低浓度对比剂在CCTA中应用的可行性分析

暨南大学附属广东江门中医院医学影像科 (广东 江门 529031)

王建益 袁宇渊 曾波琼
赵相胜 黎子星 梁燕滨

【摘要】目的 探讨能谱CT成像结合低浓度对比剂在冠状动脉CT血管成像(CCTA)中的临床应用价值。**方法** 选取2016年1月至2月期间怀疑冠状动脉病变而接受CCTA检查的75例患者,随机分为A组和B组,A组使用对比剂碘浓度为300mg/mL,能谱低剂量扫描模式,B组使用对比剂碘浓度为370mg/mL,管电压120kV,比较两组左冠状动脉主干(LM)、左前降支近段(LAD)、右冠状动脉(RCA)的CT值,计算信噪比(SNR)和对比噪声比(CNR),评价图像质量等。

结果 A组容积CT剂量指数(CTDIvol)、有效辐射剂量(ED)和碘摄入量分别为(32.08 ± 3.12)mGy、(10.51 ± 2.03)mSv和(13.86 ± 1.09)g,较B组明显降低($P < 0.05$);A组图像噪声为(24.12 ± 2.27)HU,明显高于B组($P < 0.05$);A组患者LM、LAD、RCA近段管腔的CT值分别为(480.15 ± 52.08)HU、(460.15 ± 60.14)HU、(455.13 ± 60.42)HU,明显高于B组($P < 0.05$);两组LM、LAD、RCA近段管腔的SNR、CNR比较差异无统计学意义($P > 0.05$);两组图像质量节段评分差异无统计学意义($P > 0.05$);图像质量等级评分一致性良好,Kappa值=0.783, $P < 0.05$ 。

结论 能谱CT成像结合低浓度对比剂行冠状动脉检查,能获得满意的图像质量,并能显著降低辐射剂量和碘摄入量。

【关键词】 冠状动脉;辐射剂量;对比剂浓度;迭代重建技术

【中图分类号】 R543.3+1

【文献标识码】 A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2017.03.019

通讯作者: 王建益

Feasibility Analysis of the Application of Spectroscopy CT Imaging Combined with Low Concentrations Contrast Agent in CCTA

WANG Jian-yi, YUAN Yu-yuan, ZENG Bo-qiong, et al., Jinan University Affiliated Jiangmen Hospital of Traditional Chinese Medicine, Jiangmeng 529031, Guangdong Province, China

[Abstract] **Objective** To investigate clinical application value of spectroscopy CT imaging combined with low concentrations contrast agent in coronary artery CT angiography(CCTA). **Methods** During the period from January to February 2016 due to the clinical suspicion of coronary artery lesions underwent CCTA examinations of 75 patients, were randomly divided into A group and B group, A group using iodine contrast agent concentration was 300mg/mL, the tube voltage 100kV, B group using iodine contrast agent concentration was 370mg/mL, voltage 120kV, compared two groups left main coronary artery (LM) and proximal left anterior descending (LAD), right coronary artery (RCA) CT value, calculated the signal-to-noise ratio (SNR) and contrast to noise ratio (CNR), image quality evaluation etc. **Results** Group A, volume CT dose index (CTDIvol), effective radiation dose (ED) and iodine intake respectively (32.08 ± 3.12) mGy, (10.51 ± 2.03) mSv and (13.86 ± 1.09) g, significantly lower than B group ($P < 0.05$). A group image noise (24.12 ± 2.27) HU, significantly higher than group B ($P < 0.05$). A group patients LM, LAD, RCA proximal lumen CT value were (480.15 ± 52.08) HU, (460.15 ± 60.14) HU, (455.13 ± 60.42) HU, significantly higher than group B ($P < 0.05$). Two group LM, LAD, RCA proximal lumen SNR, CNR difference was not statistically significant ($P > 0.05$), two group image quality segment score difference was not statistically significant ($P > 0.05$), good image quality scoring consistency, Kappa value=0.783, $P < 0.05$. **Conclusion** Spectroscopy CT imaging combined with low concentrations of contrast agent in coronary angiography, can obtain satisfactory image quality, and can significantly reduce radiation dose and iodine intake.

[Key words] Coronary Artery; Radiation Dose; Contrast Agent Concentrations; Iterative Reconstruction Technique

冠状动脉CT血管成像(CCTA)是一种常用的影像学检查技术,常用以筛查、诊断和评估冠状动脉等疾病^[1]。因无创性使得其在临床上的使用越来越广泛,却因高剂量的对比剂电离辐射潜在的致癌及致畸性,对患者危害较重,尤其是在加重了碘负荷致肾病方面^[2]。因此,如何能在成功检查的同时降低对比剂量,减少患者碘负荷,降低肾病的发生率成了人们关注的重点^[3]。能谱CT成像(GSI)扫描的能量图像是在双能量扫描条件获得的,不同KeV水平则能得到不同的单能量图像,通过CNR曲线,得出最佳单能量图像,图像质量较高。有研究表明,应用能谱CT成像结合低浓度对比剂做CCTA检查得到的图像质量与传统的120kVCT扫描效果相当^[4]。为了进一步探讨能谱CT成像结合低浓度对比剂在CCTA中应用的可行性,本研究比较了低浓度对比剂结合能谱低剂量扫描与高浓度对比剂结合高电压在CCTA检查时的图像质量,为临床在CCTA检查时使用能谱CT成像结合低浓度对比剂提供了理论依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2016年1月至2月期间因临床怀疑冠状动脉病

变而接受CCTA检查的75例患者,纳入标准:(1)因怀疑冠心病而需行CCTA检查;(2)无对比剂严重过敏史及对比剂使用禁忌症;(3)患者及家属知情同意并签署同意书。排除标准:(1)合并有肾功能不全、严重甲亢、心功能不全及严重心率不齐;(2)患者体重指数(BMI) $>30\text{kg}/\text{m}^2$;(3)屏气不佳者。采用随机数字表法将患者随机分为A组和B组。A组患者45例,男性25例,女性20例;B组患者30例,男性19例,女性11例。两组患者基本情况比较无统计学差异($P>0.05$),见表1。

1.2 检查方法 所有患者在检查前均给予口服25~50mg的美托洛尔(阿斯利康制药有限公司),使心率降至70次/min以下,必要时可口服硝酸甘油。患者呼吸训练结束后使用宝石CT(Discovery CT 750HD)扫描仪进行扫描,心电门控连接后调节曝光剂量范围至30%~80%。A组患者设置为能谱低剂量扫描模式,对比剂碘浓度为300mg/mL,机架的转速设置为0.35 s/r。B组患者设置管电压为120kV,对比剂碘浓度为370mg/mL,根据患者的心率变化调整管电流,其他条件与A组患者设置相同。根据小剂量峰值时间测定法所得延迟时间对所有患者进行扫描,扫描范围自主动脉根部至心脏膈面。

1.3 图像后处理 所有患者的CT影像均由两名或以上的放射科医师在完全未知的情况下读片及分析。利用工作站软件,对所有图像进行容积再现、最大密度投影、曲面重建及拉直重建,并以国际通用的动脉改良分段法对所有图像进行分段。选取其中的主动脉窦部、左主干、左前降支近段、左回旋支近段及右冠状动脉近段在固定窗宽和窗位条件下

进行测量,并对冠状动脉的CT值、噪声、信噪比和噪声比进行客观的评价。

1.4 CT辐射剂量分析 检查后由软件自动得出容积CT剂量指数(CTDIvol)和剂量长度乘积(DLP),并根据有效辐射剂量(ED)公式计算有效辐射剂量, $ED=DLP\times k$, $k=0.014\text{mSv}\cdot\text{mGy}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$,再根据本研究中所加对比剂的浓度(300或370mg/mL)算出每人的碘摄入量。

1.5 图像质量主观评价 由2名副高以上的影像诊断医师采用双盲法独立对每位患者冠脉影像进行评分,图像质量评分按照5级标准进行,以横断面为主,3D图像为参考,3分以上的图像视为符合诊断要求。标准:5分:血管质量优秀,边缘光滑,无错层伪影或血管中断;4分:血管质量好,边缘清晰,有极轻微的噪声或伪影;3分:血管质量一般,有轻度搏动伪影,但不影响评价;2分:血管质量欠佳,有中度搏动伪影或血管中断,但尚能评价;1分:

血管质量差,轮廓不清或有严重搏动伪影,无法评价。

1.6 统计学处理 数据整理分析采用SPSS19.0软件,计量资料采用 $(\bar{x}\pm s)$ 表示,组间比较采用两独立样本t检验。计数资料采用频数或百分比表示,组间比较使用 χ^2 检验。一致性评价采用Kappa检验。Kappa值 >0.75 为一致性较好,在0.40~0.75为一致性一般, <0.40 为一致性较差。以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者扫描参数以及辐射剂量比较 两组患者扫描范围及对比剂用量差异无统计学意义($P>0.05$);A组CTDIvol、ED和碘摄入量分别为 $(32.08\pm 3.12)\text{mGy}$ 、 $(10.51\pm 2.03)\text{mSv}$ 和 $(13.86\pm 1.09)\text{g}$,较B组明显降低,差异比较有统计学意义($P<0.05$)。见表2。

2.2 两组患者图像质量

表1 两组患者基本情况比较($\bar{x}\pm s$, n)

组别	例数	男/女	年龄(岁)	心率(bpm)	BMI(kg/m^2)
A组	45	25/20	60.08 ± 8.43	66.46 ± 7.01	23.41 ± 2.02
B组	30	19/11	59.76 ± 9.11	67.20 ± 8.17	23.17 ± 3.18
t/ χ^2		0.449	0.156	-0.419	0.4
P		>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

表2 两组患者扫描参数以及辐射剂量比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	扫描范围(cm)	CTDIvol(mGy)	ED(mSv)	对比剂量(ml)	碘摄入量(g)
A组	45	13.42 ± 1.22	32.08 ± 3.12	10.51 ± 2.03	53.48 ± 2.18	13.86 ± 1.09
B组	30	13.01 ± 2.03	48.91 ± 6.08	14.08 ± 2.21	54.81 ± 4.85	21.07 ± 2.10
t		1.093	-15.750	-7.201	-1.615	-19.471
P		>0.05	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05

注:CTDIvol:容积CT剂量指数;ED:有效辐射剂量

表3 两组患者图像质量客观指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	噪声(HU)	LM		
			CT值(HU)	SNR	CNR
A组	45	24.12 ± 2.27	480.15 ± 52.08	21.07 ± 2.34	23.48 ± 4.05
B组	30	21.07 ± 3.01	432.87 ± 60.17	21.40 ± 5.07	24.07 ± 5.57
t		4.997	3.618	-0.381	-0.531
P		<0.05	<0.05	>0.05	>0.05

表4 两组患者图像质量客观指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	LAD			RCA		
		CT值 (HU)	SNR	CNR	CT值 (HU)	SNR	CNR
A组	45	460.15 ± 60.14	20.07 ± 3.04	23.07 ± 4.34	455.13 ± 60.42	20.17 ± 3.34	22.40 ± 3.05
B组	30	410.24 ± 57.21	20.48 ± 4.05	24.11 ± 6.77	410.70 ± 59.97	20.57 ± 6.16	24.16 ± 7.27
t		3.589	-0.5	-0.812	3.129	-0.362	-1.448
P		< 0.05	> 0.05	> 0.05	< 0.05	> 0.05	> 0.05

注: LM: 左冠状动脉主干; LAD: 左前降支近段; RCA: 右冠状动脉; SNR: 信噪比; CNR: 对比噪声比

表5 两组图像质量节段评分比较 [n(%)]

组别	例数	冠状动脉 节段数	5分段数	4分段数	3分段数	2分段数	1分段数
A组	45	582	466 (80.07)	83 (14.26)	20 (3.44)	7 (1.20)	6 (1.03)
B组	30	366	290 (79.23)	53 (14.48)	9 (2.46)	8 (2.19)	6 (1.64)
χ^2		2.758					
P		> 0.05					

表6 两名医师评分一致性检验结果 (n)

医师2	医师1					Kappa	P
	1分	2分	3分	4分	5分		
1分	0	0	0	0	0	0.783	< 0.05
2分	0	2	0	0	0		
3分	0	4	19	2	0		
4分	0	0	0	16	0		
5分	0	0	0	0	2		

客观比较 A组图像噪声为(24.12 ± 2.27) HU, 明显高于B组, 差异比较有统计学意义($P < 0.05$); A组患者LM、LAD、RCA近段管腔的CT值分别为(480.15 ± 52.08) HU、(460.15 ± 60.14) HU、(455.13 ± 60.42) HU, 明显高于B组, 差异比较有统计学意义($P < 0.05$); 两组LM、LAD、RCA近段管腔的SNR、CNR比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表3-4, 见图1-4。

2.3 两组患者图像质量节段评分比较 A组共评价582个冠状动脉节段, B组共评价366个冠状动脉节段, 两组图像质量节段评分差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表5。

2.4 图像评分一致性比较 2名医师对A组患者图像质量等级评分一致性良好, Kappa值=0.783, $P < 0.05$ 。见表6。

3 讨论

冠状动脉CT血管成像(CCTA)现已越来越多的被应用于冠状动脉的疾病筛查、诊断和评估工作中^[5], 其能在常规冠状动脉数字减影血管造影(DSA)基础上更清晰的观察到冠状动脉管腔、管壁及心肌的强化情况的特点, 能为临床医师做出正确的诊断提供良好的依据。但与此同时, CT影像技术的广泛应用也给患者带来了电离辐射的危害, 且其影响力正在逐年增加^[6-7]。有研究表明, 高剂量的电离辐射对乳腺等较为敏感的组织威胁极大, 如何能在成功检查的同时降低CT辐射剂量也是各方面研究的重点^[8]。能谱CT成像是物质进行某一能量水平的x线扫描后产生的衰减图像, 不同的能量水平可以得到不同的单能量图像, 且同一物质衰减系数基本不变, 更好的保证了图像质量^[9]。CCTA能谱低剂量扫描模式

一般采用的是前瞻性心电门控, 能有效地大幅度降低辐射剂量。

此外, CCTA检查时碘对比剂的选择和浓度也至关重要, 它将直接影响到诊断结果及患者安全。一般情况下, 冠状动脉内进入的碘量越多, 检查时管腔的显示情况就越好, 但高浓度的碘具有潜在的致癌和致死威胁^[10-13]。有研究表明, 高浓度碘可增加患者CIN的发生率, 特别是一些老年及患有低血压、心力衰竭、慢性肾病、糖尿病的患者。如何能在CCTA检查的同时, 减少对比剂的浓度和用量以预防CIN的发生也成了目前应用CCTA技术的关键所在。目前有研究表明, 低剂量的对比剂配合能谱CT成像完全可以满足CCTA检查的诊断要求, 并能极大地降低检查的危害^[14-15]。

为了进一步研究探讨能谱CT成像结合低浓度对比剂在冠状动脉CT血管成像(CCTA)中的临床应用价值, 本研究对使用高剂量、高浓度对比剂与低剂量、低浓度对比剂配合能谱CT成像对患者进行CCTA检查后的图像效果、辐射剂量、碘摄入量、图像质量阶段评分及一致性评价结果进行了比较分析。研究结果表明, 双低组患者的LM、LAD、RCA近段管腔的CT值明显高于双高组, 虽然双低组图像的噪音比双高组的偏高, 但仔细比较两组图像质量节段评分差异并无明显差别, 说明即使低浓度对比剂在低管电压下也可以得到较高的强化程度, 且双低组的SNR、CNR虽略有降低但差异

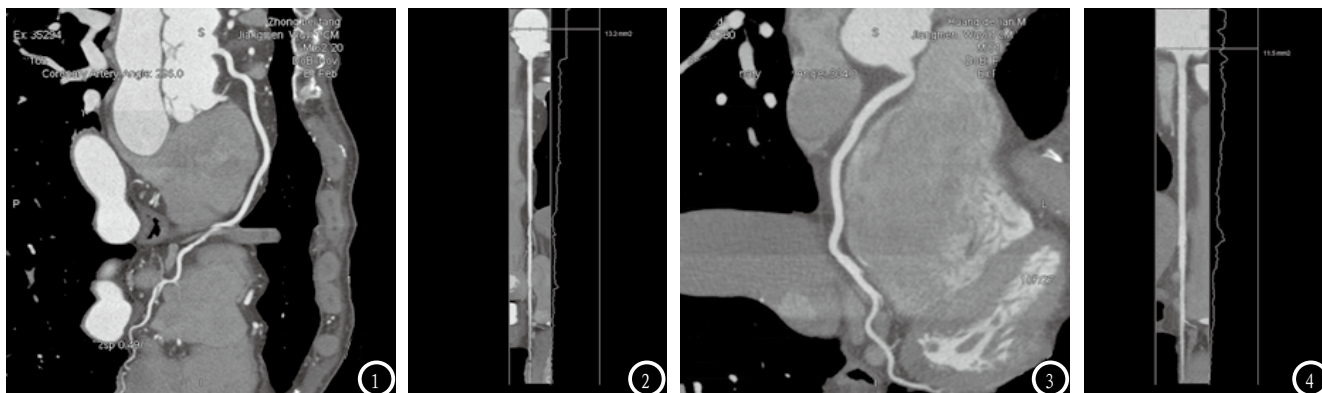


图1-2为A组, 图3-4为B组。A组通过CNR曲线, 取得最佳单能量图像, 管腔内CT值高于B组, 完全达到诊断要求。

并不明显。双低组患者的辐射剂量明显低于双高组, 且差异具有统计学意义, 说明双低组在保证图像质量的同时很大程度的降低了辐射剂量, 也就降低了电离辐射对患者的威胁性。两组患者的对比剂用量基本无差别, 但观察患者碘摄入量发现双低组碘摄入量仅为双高组的一半, 这样就大大的降低了患者CIN的发生率; 同时观察两组患者图像质量节段评分无明显差异, 且双低组图像一致性评价结果良好, 说明低浓度、低剂量能谱CT成像在降低了辐射剂量、肾病发生率的同时完全保证了图像的质量, 满足了临床上对诊断的要求。

综上所述, 能谱CT低剂量扫描结合低浓度低对比剂进行冠状动脉检查, 既能获得质量较为满意的图像, 又能显著减少辐射剂量和碘摄入量, 降低了对比剂肾病的发生率, 建议在临床进一步推广应用。

参考文献

- [1] 王怡宁, 曹剑, 孔令燕, 等. 高灵敏度探测器结合迭代重建在低管电压冠状动脉CT血管成像的价值[J]. 中华放射学杂志, 2014, 48 (2): 579-581.
- [2] 戴颖钰, 郭亮, 戴启春, 等. 冠状动脉CT血管成像在双源CT大螺距模式下的低辐射剂量与低对比剂量分析[J]. 中华医学杂志, 2014, 94 (29): 1011-1013.
- [3] 冯光, 杨圣俊, 张淑倩, 等. 低剂量CT在胸部疾病中的应用[J]. 现代仪器与医疗, 2014, 20 (3): 25-28.
- [4] 路莉, 徐凯, 王诚, 等. 低对比剂用量低辐射剂量方案在冠状动脉CT血管成像中的初步探讨[J]. 中华医学杂志, 2014, 34 (19): 328-330.
- [5] 吴桐, 王凯, 艾林, 等. CT血管造影与MR血管造影对颅内动脉瘤诊断价值的对比研究[J]. 磁共振成像, 2015, 6 (5): 339-343.
- [6] 古丽娜·阿扎提, 潘存雪, 刘文亚, 等. 能谱CT成像结合低浓度对比剂用于冠状动脉CT血管成像的初步研究[J]. 中华放射学杂志, 2014, 48 (10): 663-665.
- [7] Kauling R M, Post M C, Rensing B J W M, et al. Hybrid SPECT/CCTA Imaging in the Work-up of Patients with Suspected Coronary Artery Disease[J]. Current Cardiovascular Imaging Reports, 2015, 8 (2): 1-10.
- [8] 邢艳, 潘存雪, 古丽娜·阿扎提, 等. 冠状动脉CT成像中个体化对比剂注射方案提高不同浓度对比剂强化均一性的价值[J]. 中华放射学杂志, 2015, 49 (11): 557-559.
- [9] Andrew M, John H. The challenge of coronary calcium on coronary computed tomographic angiography (CCTA) scans: effect on interpretation and possible solutions[J]. International Journal of Cardiovascular Imaging, 2015, 31 (2): 145-157.
- [10] 侯唯姝, 殷焱, 程杰军, 等. 能谱CT成像在鉴别周围型肺癌和肺炎性肿块中的价值[J]. 中华放射学杂志, 2014, 6 (48): 68-70.
- [11] 李雪娇, 杨全, 张翱, 等. 低剂量CCTA诊断冠状动脉狭窄价值的Meta分析[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2015, 21 (4): 331-336.
- [12] 李博, 崔冰. CT能谱成像在冠心病中应用进展[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2016, 13 (2): 167-169.
- [13] 徐晓斌, 楼丹萍, 张建军. 能谱CT动脉成像在感染性心内膜炎致脓毒性肺栓塞中的诊断评价[J]. 中华医院感染学杂志, 2014, (15): 3893-3895.
- [14] 杨莉, 何燕, 杨文慧, 等. 双源螺旋CT冠状动脉成像和造影对老年人冠状动脉病变的诊断价值[J]. 中华老年医学杂志, 2014, 33 (12): 424-426.
- [15] Bredella M A, Daley S M, Kalra M K, et al. Marrow Adipose Tissue Quantification of the Lumbar Spine by Using Dual-Energy CT and Single-Voxel (1)H MR Spectroscopy: A Feasibility Study[J]. Radiology, 2015, 277 (1): 230-235.

(本文编辑: 汪兵)

【收稿日期】2017-02-08