doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.07.017

·临床研究·

多层螺旋 CT Flash Spiral 模式老年冠状动脉成像的图像质量及影响因素分析

杨志瑛[1] 吕长兴[1△] 陈 文[2] 张怡宁[2] 范 毓[3]

(1 上海交通大学附属胸科医院放疗科 上海 200030;2 上海交通大学附属胸科医院放射科 上海 200030;
3 上海市第九人民医院放射科 上海 200030)

摘要 目的:探讨老年多层螺旋 CT Flash Spiral 模式和 Spiral 模式的冠状动脉动脉成像质量及其影响因素。**方法:**选择我院 2010 年 1 月~2012 年 12 月行多层螺旋 CT 冠状动脉成像老年患者 186 例,根据心率和心律将患者分为两组:A 组 98 例行 Flash Spiral 模式扫描;B 组 88 例行 Spiral 模式扫描,对两组扫描的冠状动脉分别做图像后处理。比较两组患者的一般情况、图像质量评分及辐射剂量,并统计分析心率变异性对图像质量的影响。**结果:**两组患者在年龄、性别构成、体重指数(BMI)、钙化积分方面差异无统计学意义(均 P>0.05);在心率、心率变异性方面,A 组明显低于 B 组,差异有统计学意义(均 P<0.05);两组患者图像质量评分、图像噪声及对比信噪比(CNR)相比较,差异均无统计学意义(均 P>0.05);不可诊断节段基于血管节段评价 A 组和 B 组分别为 1.98%和 2.21%,基于患者评价分别为 8.16%和 6.82%,差异无统计学意义(均 P<0.05);A 组扫描时间、容积 CT 剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP)、单位有效剂量(ED)小于 B 组,差异有统计学意义(均 P<0.05);心率变异性>10 次/min 患者冠状动脉图像质量明显低于心率变异性 5~10 次/min 和≤5 次/min(P<0.05)。**结论:**采用多层螺旋 CT Flash Spiral 模式扫描老年冠状动脉成像质量与 Spiral 模式接近,但有效辐射剂量明显减少。心率变异性是影响老年患者 Flash Spiral 模式扫描图像质量的重要因素。

关键词:冠心病;心率变异性;体层摄影术;冠状动脉成像

中图分类号:R541.4,R814.42 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2014)07-1271-04

The Image Quality and its Influence Factor of High-Pitch Dual-Source Coronary Angiography Using Flash Spiral Mode in Senile People

YANG Zhi-ying[1], LV Chang-xing[1△], CHEN Wen[2], ZHANG Yi-ning[2], FAN Yu[3]

*(1 Department of Radiation Oncology, Affiliated Chest Hospital of Shanghai Jiaotong University, Shanghai, 200030, China;
2 Department of Radiologists, Affiliated Chest hospital of Shanghai Jiaotong University, Shanghai, 200030, China;
3 Department of Radiologists, Ninth People's Hospital of Shanghai, Shanghai, 200030, China)*

ABSTRACT Objective: To explore the image quality of high-pitch coronary angiography by flash spiral mode and to analyze the influence factors for the senile patients. **Methods:** One hundred and eighty-six senile patients with suspected coronary artery disease who were undergoing coronary angiography in our hospital from January 2010 to December 2012 were prospectively selected in this study and were divided into two groups by the rate and rhythm of the heart. Group A (98 cases) were performed the coronary angiography by flash spiral mode, while group B (88 cases) were conducted by spiral acquisition mode to acquire data. Then the general characteristics, image quality scores and effective radiation dose of patients in the two groups were assessed, and effects of heart rate variability on image quality were analyzed statistically. **Results:** There were no significant differences about the age, gender, body mass index (BMI) and calcium scores between two groups (all P>0.05); the heart rates and heart rate variability of groups A were significantly lower than that of the group B(P<0.05, respectively); there were no significant differences about the image quality scores, the image noise, contrast-to-noise ratio (CNR) between two groups (all P>0.05); there were no significant differences about the non-diagnostic coronary artery segments between two groups (segment-based analysis 1.98% vs 2.21%, patients-based analysis 8.16% vs 6.82%, all P>0.05); the scan time, volume CT dose index (CTDIvol), dose length product (DLP) and effective dose (ED) of groups A were significantly lower than those of the group B (all P<0.05); the coronary artery image quality in patients with heart rate variability > 10 times/min were significantly lower than that heart rate variability 5 ~ 10 times/min and 5 times/min or less (P<0.05). **Conclusion:** The image quality of high-pitch coronary angiography detected by the flash spiral mode is similar with spiral acquisition mode, while being associated with significant reduction of

作者简介:杨志瑛(1972-),女,大专,中级技师,主要研究方向:放射影像技术

△通讯作者:吕长兴,E-mail:lvchangxing_sh@163.com

(收稿日期:2013-08-20 接受日期:2013-09-10)

radiation exposure in senile patients. The heart rate variability is a considerable factor which affects the image quality of high-pitch dual-source coronary computed tomography angiography in senile patients.

Key words: Coronary artery disease; Heart rate variability; Tomography; Coronary angiography

Chinese Library Classification(CLC): R541.4, R814.42 Document code: A

Article ID: 1673-6273(2014)07-1271-04

前言

冠状动脉粥样硬化性心脏病,简称冠心病(Coronary Artery Disease,CAD)是老年患者常见病和多发病,严重影响老年人的身心健康,然而近年来,我国老年冠心病的发病率却呈明显上升趋势[1],因此,早期准确诊断和治疗对降低老年病死率及改善生活治疗有着重要意义。以往冠心病的传统诊断主要依靠金标准—冠状动脉造影,然而因该检查方式为有创性、并发症高,存在一定的危险性,不少老年患者难以接受。随着螺旋 CT 技术的快速发展,CT 冠状动脉成像(Coronary Angiography,CTCA)已成为冠心病检查的一项重要的无创性方法[2,3]。多层螺旋 CT 冠状动脉成像不但可以显示血管管腔内部改变,同时可以显示管壁的钙化情况、斑块的形态、特征、大小、范围及与心脏整体间的空间关系,因此越来越受到关注。但目前关于多层螺旋 CT 老年冠状动脉成像鲜有报道,本研究旨在分析在 Flash Spiral 模式下老年冠状动脉成像质量及其影响 CTCA 图像质量的因素。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选择我院 2010 年 1 月 ~2012 年 12 月行多层螺旋 CT 冠状动脉成像老年患者 186 例,其中男 110 例,女 76 例,年龄 62~89 岁,平均(67.8± 8.0)岁。体重指数(body mass index,BMI)(23.5 ± 3.6)kg/m^2。患者均有胸痛、胸闷及心慌憋气症状。排除标准包括:对碘对比剂过敏、严重肝肾功能不全、失代偿性心功能不全、心源性休克及不能配合屏气的患者。根据心率和心律将患者分为两组:A 组 98 例,男性 57 例,女性 41 例,年龄 62~88(66.9 ± 9.1)岁,BMI 17.0~29.5(23.9 ± 3.4)kg/m^2,入选标准为心率 <65 次 /min,窦性心律且整齐,心率波动范围在± 5 次 /min,采用 Flash Spiral 模式扫描;B 组 88 例,男性 53 例,女性 35 例,年龄 64~69(68.5± 8.4)岁,BMI 17.6~28.7(23.3± 3.0)kg/m^2,入选标准为心率≥65 次 /min,心律不齐,有心房颤动及早搏等,采用 Spiral 模式扫描。

1.2 扫描设备与方法

扫描设备采用德国西门子公司生产多层螺旋炫速螺旋 CT 仪(Definition F1ash,Siemens Heahhcare,Forchheim,Germany)。扫描前进行严格的屏气训练,常规舌下喷硝酸甘油 0.5~1.0 mg。扫描范围自气管分叉下 2 cm 至心脏膈面,选用非离子型对比剂碘海醇(Omnipaque 350,350 mg I/mL,GE Healthcare,USA)60 mL,应用双筒高压注射器经肘正中静脉 5.0 m/s 注入体内,感兴趣区(ROI)设定为升主动脉(阈值 100 Hu),峰值时间后 2~5 s 开始扫描,以相同流率后续 60 mL生理盐水。A 组采用 Flash Spiral 模式,1 个周期内采集整个心脏图像,采集时间为 60%RR 间期;B 组采用 Spiral 模式扫描,采集图像时间:心率< 75 次 /min 为 60%~80% RR 间期,心率≥ 75 次 /min 为 30%~60%RR 间期,心率不齐、心房颤动及早搏患者为 20%~90% RR 间期。扫描参数:准直 2 mm× 128 mm× 0.6 mm,层厚 0.6 mm,转速每圈 280 ms,时间分辨率 75 ms,螺距 3.4 pitch,管电压随 BMI 调整(BMI< 25 kg/m^2,管电压 100 kV;BMI≥25 kg/m^2,管电压 120 kV)。

1.3 图像重建及后处理

应用 Circulation 软件对扫描的血管进行图像重建,图像层厚为 0.75 mm,重建间隔 0.4 mm,采用平滑细腻软组织卷积核(B26f)算法,自动选取最佳舒张期和收缩期时相重组。扫描后图像处理采用最大密度投影(maximum intensity projection,MIP)、容积再现(volume rendering,VR)、曲面重建(curved muhripplanar reformations,CPR)及心血管优化分析等软件。

1.4 图像质量评价方法

采用美国心脏协会(American Heart Association,AHA)推荐的冠状动脉改良 15 分段法分析冠状动脉各级分支[4],冠状动脉分为 4 级,相应为 1~4 分:1 分,图像质量差,血管阶段不连续,严重伪影,血管显示不清无法辨认,不可诊断;2 分,图像质量一般,血管显示连续,边缘中度伪影,管腔模糊,难以诊断;3 分,图像质量良好,血管连续,边缘轻度伪影,不影响诊断;4 分,图像质量优秀,冠状动脉显示清楚,血管连续,边缘锐利无伪影。图像质量评为 3 分以上为可评价血管,1~2 分为不可评价血管。图像质量评价由两名对患者临床资料和扫描条件不了解的影像科副主任医师进行。由单独一名放射科医生图像噪声和对比信噪比(contrast-to-noise ratio,CNR)进行分析。图像噪声为主动脉根 ROI 的标准差,血管强化值为在 ROI 区域测量所得增强前、增强后两者 CT 值之差,血管强化与图像噪声比为 CNR。

1.5 有效辐射剂量评价

本次研究的辐射剂量不包括定位像和检测峰值时间的辐射剂量,仅包含 CCTA 的辐射剂量。记录患者进行心脏检查时的容积 CT 剂量指数(CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length product,DLP),单位有效剂量(effective dose,ED)=k×DLP(k 值参照欧盟委员会关于 CT 质量标准指南,胸部 k=0.017 mSv·mGy^{-1}·cm^{-1})。

1.6 统计学方法

采用 SPSS18.0 统计软件包进行数据分析,定量资料结果用($\bar{x}$ ± s)表示,两组间的疗效比较进行两独立样本的 t 检验;非正态分布数据两组之间比较进行 Mann-Whitney U 检验。计数资料使用 X^2 检验或是确切概率法(Fisher 法),P<0.05 认为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般情况

两组患者在年龄、性别构成、BMI、钙化积分方面差异无统计学意义(P>0.05),A 组患者的心率、心率化值分别为(56.4± 4.3)次 /min、(4.2 ± 2.4)次 /min,B 组患者的心率、心率化值分别为(76.7± 8.5)次 /min、(10.5± 5.7)次 /min,A 组心率、心率变异性明显低于 B 组,差异有统计学意义(P<0.05)(见表 1)。

表 1 两组患者一般情况比较

Table 1 Comparison of baseline characteristics in the two groups Group

Group	Case (n)	Age (years)	Gender Male	Female	BMI (kg/m^2)	Hear ratio (time/min)	Heart rate variability (time/min)	Calcification score
A	98	66.9± 9.1	57	41	23.9± 3.4	56.4± 4.3	4.2± 2.4	139.4± 201.6
B	88	68.5± 8.4	53	34	23.3± 3.0	76.7± 8.5	10.5± 5.7	142.8± 217.2
t/X^2		1.24	0.08		1.27	20.20	9.63	0.11
P		0.216	0.775		0.206	0.000	0.000	0.912

2.2 两组患者图像质量评价、图像噪声、CNR 情况

两组患者共有 2392 段冠状动脉血管直径≥ 1.5 mm，其中 A 组 98 例患者 1262 段,评分优秀 889 段,占 70.44%,良好 348 段,占 27.58%,一般 17 段,占 1.35%，差 8 段,占 0.63%;B 组 88 例患者 1130 个冠状动脉节段，评分为优秀 706 段,占 62.47%,良好 398 段,占 35.22%,一般 20 段,占 1.70 %,差 6 段,占 0.53%。不可诊断节段基于血管节段评价 A 组和 B 组分别为 1.98%和 2.21%,基于患者评价分别为 8.16%和 6.82%,差异无统计学意义(P=0.589,P=0.728)。两组患者图像质量评分、图像噪声及 CNR 相比较,差异均无统计学意义(均 P>0.05)(见表 2)。

表 2 两组患者图像质量评分、图像噪声、CNR 及不可诊断节段比较

Table 2 Comparison of the image quality scores, the image noise,contrast-to-noise ratio and non-diagnostic coronary artery segments in the two groups

Group	Case (n)	Image quality scores	Image noise (Hu)	CNR	Non-diagnostic coronary artery segments (n,%)	
					Segment-based analysis	Patients-based analysis
A	98	3.4± 0.5	19.8± 3.8	11.4± 3.5	25/1262(1.98)	8/98(8.16)
B	88	3.3± 0.6	20.6± 3.6	12.1± 4.0	26/1130(2.30)	6/88(6.82)
t/x^2		1.23	1.47	1.27	0.29	0.12
P		0.222	0.143	0.205	0.589	0.728

2.3 两组患者扫描参数和辐射剂量情况

两组患者冠状动脉 CT 扫描参数和辐射剂量的比较情况见表 3,两组 CT 扫描长度比较,差异无统计学意义(P>0.05),A 组扫描时间、CTDIvol、DLP 及 ED 小于 B 组，差异有统计学意义(均 P<0.05),A 组辐射剂量更低。

表 3 两组患者扫描参数和辐射剂量比较

Table 3 Comparison of scanning parameters and radiation dosage in the two groups

Group	Case (n)	Scan length (cm)	Scan time (ms)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy×cm)	ED (mSV)
A	98	12.3± 1.2	142.2± 17.0	10.1± 3.2	153.5± 57.1	2.6± 1.0
B	88	12.6± 1.9	244.5± 37.6	30.9± 10.4	458.4± 166.2	7.8± 2.6
t		1.27	23.46	18.01	16.36	17.63
P		0.206	0.000	0.000	0.000	0.000

2.4 心率变异性对心冠状动脉图像质量影响

由表 4 可见，心率变异性≤5 次 /min 患者有 1322 段冠状动脉血管可供评价,其中图像质量为差、一般、良好和优秀分别为 0.08%、0.23%、28.26%和 71.33%；心率变异性 5~10 次 /min 患者有 732 段冠状动脉血管可供评价，其中图像质量为差、一般、良好和优秀分别为 0.41%、1.09%、31.83%和 66.67%;心率变异性＞10 次 /min 患者有 338 段冠状动脉血管可供评价,其中图像质量为差、一般、良好和优秀分别为 2.96%、7.69%、25.74%和 63.61%。心率变异性＞10 次 /min 患者冠状动脉图像质量明显低于心率变异性 5~10 次 /min 和≤5 次 /min(P<0.05)。

表 4 心率变异性对冠状动脉图像质量的影响(n,%)

Table 4 The influence of heart rate variability in coronary artery image quality (n, %)

Heart rate variability (time/min)	Bad	General	Fine	Good	In total
≤ 5	1(0.08)	3(0.23)	375(28.36)	943(71.33)	1322
5~10	3(0.41)	8(1.09)	233(31.83)	488(66.67)	732
＞10	10(2.96)	26(7.69)	87(25.74)	215(63.61)	338

3 讨论

目前,国内关于多层螺旋 CT 冠状动脉成像方面的报道众多，但针对老年患者的多层螺旋 CT 冠状动脉成像研究较少，研究发现,随着年龄的增长,老年患者冠状动脉钙化和狭窄相对更为严重和多见[5,6],因此研究老年多层螺旋 CT 冠状动脉成像具有重要临床意义。本研究选取 186 例老年患者作为研究对象,总结老年人在冠状动脉多层螺旋 CT 成像时技术应用方面的重要关键点。

大螺距多层螺旋 CT 拥有 2 套 X 线球管、探测器组合,呈 95° 放置,每个探测器能捕获 64 排宽 0.6 mm 图像,机器旋转速度为每圈 280 ms,时间分辨率为 75 ms[7,8]。在冠状动脉 CTA 成像应用中，可采用 Flash Spiral 模式和 Spiral 模式。Flash Spiral 模式是通过前瞻性心电门控触发的高螺距螺旋扫描模式,是二代多层螺旋 CT 特有的扫描方式[9,10],其 CT 球管旋转 1/4 周可在单个心动周期完成扫描，数据采集时间可降低至 0.25 s，避免了多个心动周期扫描导致冠状动脉衔接误差出现阶梯状伪影,也减少了因屏气不佳造成的图像伪影,有效辐射量仅为传统螺旋扫描模式的 1/10[11,12]。Achenbach 等[13]对心率≤ 60 次 /min 的患者采用 Flash Spiral 模式在 60%RR 间期成像，结果显示 99.5%血管阶段可评价。然而,Flash Spiral 模式要求心率不能大于 65 次 /min 且心律规整,由于 Flash Spiral 模式图像数据没有其它心动周期的数据、时相,数据单一,无法进行心电编辑[14,15]。本研究中,A 组患者心率＜65 次 /min,窦性心律且规整，可评价的 1262 个冠状动脉阶段中，图像质量优良率达 98.02%,图像质量评分为(3.4 ± 0.5)分,与 B 组比较差异无统计学意义(P>0.05),扫描时间仅为(142.2 ± 17.0)ms,平均 ED 为(2.6 ± 1.0)mSv,与 B 组比较显著降低了扫描时间和辐射剂量。Spiral 模式采用地螺距螺旋扫描模式,在 RR 间期内选择合适的扫描时机扫描,需要 3~4 个心动周期完成心脏图像数据采集,能动态观察冠状动脉和评价心脏功能,但由于采用回顾性心电门控技术和较小的螺距,辐射量较大[16-18]。本研究 B 组患者心率≥ 65 次 /min,心律不齐,有心房颤动及早搏等,评价 1130 个冠状动脉阶段，冠状动脉图像优良率 97.69%，扫描时间(244.5± 37.6)ms,平均 ED 为(7.8± 2.6)mSv,高于 Flash Spiral 模式。

本研究同时发现,心率变异性是影响图像质量的一个重要因素，心率变异性大的冠状动脉血管节段不可诊断显著增加。Flash Spiral 模式扫描对心率变异性更为敏感,可能与心率增快时,RR 间期较短，此时若心率变异性较大,Flash Spiral 模式采集单个心动周期图像数据时有可能落到 R 波上,导致扫描失败[19,20],因此当心率变异性＞10 次 /min 应采用 Spiral 模式扫描，而不能采用 Flash Spiral 模式。

综上所述，大螺距多层螺旋 CT 在老年冠状动脉 CTA 方面的应用,应根据患者心率、心律及 BMI 采用 Flash Spiral 模式或 Spiral 模式扫描,降低辐射,重视心率变异性对 Flash Spiral 模式扫描图像质量的影响,从而实现最佳的扫描方案。

参考文献(References)

[1] 孙佳艺, 刘静, 谢学勤, 等. 2007 至 2009 年北京市 25 岁以上居民急性冠心病事件发病率的监测 [J]. 中华心血管病杂志, 2012, 40(3): 194-198
Sun Jia-yi, Liu Jing, Xie Xue-qin, et al. Surveillance on the incidence of acute coronary events in the permanent residents of Beijing aged 25 years and more from 2007 to 2009 [J]. Chinese Journal of Cardiology, 2012, 40(3): 194-198

[2] Wink O, Heeht HS, Ruijters D. Coronary computed tomographic angiography in the cardiac catheterization laboratory: current applications and future developments[J]. Cardiol Clin, 2009, 27 (3): 513-529

[3] Einstein A J, Henzlova M J, Rajagopalan S. Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography[J]. JAMA, 2007, 298(3): 317-323

[4] Austen WG, Edwards IE, Frye RL, et a1. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease: report of the Ad Hoe Committee for Grading of Coronary Artery Disease. Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association[J]. Circulation, 1975, 51(4 Supply): 5-40

[5] 王绪林, 鲍红光. 脂联素抗冠状动脉粥样硬化机制的研究进展[J]. 现代生物医学进展, 2010, 10(17): 3372-3374
Wang Xu-lin, Bao Hong-guang. The Drocess of adiponectin and anti-atherosclerosi s [J]. Progress in Modern Biomedicine, 2010, 10(17): 3372-3374

[6] 黄群英, 黄晓明, 刘卫华, 等. 早发冠心病危险因素与冠状动脉病变相关性研究[J]. 广西医学, 2012, 34(9): 1137-1141
Huang Qun-ying, Huang Xiao-ming, Liu Wei-hua, et al. Study on the Relationship between Risk Factors and Characteristics of Coronary Artery Lesion in Patients with Premature Coronary Artery Disease[J]. Guangxi Medical Journal, 2012, 34(9): 1137-1141

[7] Lell M, Marwan M, Schepis T, et al. Prospectively ECG-triggered high-pitch spiral acquisition for coronary CT angiography using dual source CT: technique and initial experience[J]. Eur Radiol, 2009, 19(11): 2576-2583

[8] Lee J H, Chun E J, Choi S I, et al. Prospective versus retrospective ECG-gated 64-detector coronary CT angiography for evaluation of coronary artery bypass graft patency: comparison of image quality, radiation dose and diagnostic accuracy[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2011, 27 (5): 657-667

(下转第 1391 页)

[18] Morgan KJ, Gilliland DG. A role for JAK2 mutations in myeloproliferative diseases[J]. Annu Rev Med, 2008, 59: 213-222

[19] Catlett-Falcone R, Landowski TH, Oshiro MM, et al. Constitutive Activation of Stat3 Signaling Confers Resistance to Apoptosis in Human U266 Myeloma Cells[J]. Immunity, 1999, 10: 105-115

[20] Yu H, Pardoll D, Jove R. STATs in cancer inflammation and immunity: a leading role for STAT3 [J]. Nature Reviews Cancer, 2009, 9: 798-809

[21] Fan Z, Mendelsohn J. Therapeutic application of anti-growth factor receptor antibodies Curr. Opin [J]. Oncol, 1998, 10: 67-73

[22] Mora LB, Buettner R, Seigne J, et al. Constitutive activation of STAT3 in human prostate tumors and cell lines:direct inhibition of STAT3 signaling induces apoptosis of prostate cancer cells [J]. Cancer Bes, 2002, 62(22): 6659-6666

[23] Karras J, McKay R, Lu T, et al. STAT3 Regulates the Growth and Immunoglobulin Production of BCL1 B Cell Lymphoma through Control of Cell Cycle Progression[J]. Cell Immunol, 2000, 202: 124 -135

[24] Ziesche E, Bachmann M, Kleinert H, et al. The interleukin-22/STAT3 pathway potentiates expression of inducible nitric-oxide synthase in human colon carcinoma cells[J]. J Biol Chem 2007, 282: 16006-16015

[25] Kim HL, Cassone M, Otvos L Jr, et a1. HIF-1alpha and STAT3 client proteins interacting with the cancer chaperone Hsp90: therapeutic considerations[J]. Cancer Biol Ther, 2008, 7: 10-14

[26] Bromberg JF. Wrzeszczynska MH, Devgan G, et a1. STAT3 all an oncogene[J]. Cell, 1999, 98(3): 295-303

[27] Luo J, Solimini NL, Elledge SJ. Principles of cancer therapy: oncogene and non-oncogene addiction[J]. Cell 2009, 136: 823-837

[28] Turkson J, Bowman T, Adnane J, et a1. Requirement for Ras/Rac1-Mediated p38 and c-Jun N-Terminal Kinase Signaling in Stat3 Transcriptional Activity Induced by the Src Oncoprotein [J]. Mol. Cell. Biol, 1999, 19: 7519-7528

[29] Ali S, Ali S. Cardiac Myosin-Binding Protein C (MyBP-C): Identification of Protein Kinase A and Protein Kinase C Phosphorylation Sites [J]. J. Biol. Chem, 1998, 273: 7709-7716

[30] Sullivan NJ, Sasser AK, Axel AE, et al. Interleukin-6 induces an epithelial-mesenchymal transition phenotype in human bre-ast cancer cells[J]. Oncogene, 2009, 28: 2940-2947

(上接第 1274 页)

[9] 韩瑞娟, 孙凯, 赵瑞平, 等. 第二代双源 CT Flash Spiral 模式高心率冠状动脉成像的图像质量及准确性评价 [J]. 中国心血管病研究, 2012, 10(10): 737-742

Han Rui-juan, Sun Kai, Zhao Rui-ping, et al. The image quality and diagnostic accuracy of high-pitch dual-source corona ry angiography using flash spiral mode in patients with high heart rates [J]. Chinese Journal of Cardiovascular Research, 2012, 10(10): 737-742

[10] Alkadhi H, Stolzmann P, Desbiolles L, et a1. Low-dose, 128-slice, dual-source CT coronary angiography: accuracy and radiation dose of the high-pitch and the step-and-shoot mode [J]. Heart, 2010, 96 (12): 933-938

[11] 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

[12] Ketelsen D, Thomas C, Werner M, et al. Dual-source computed tomography: estimation of radiation exposure of ECG-gated and ECG-triggered coronary angiography[J]. Eur J Radiol, 2010, 73(2): 274-279

[13] Achenbach S, Marwan M, Ropem D, et a1. Coronary computed tomography angiography with a consistent dose below 1 mSv using prospectively electrocardiogram-triggered high-pitch spiral acquisition[J]. Eur Heart, 2010, 31(3): 340-346

[14] 雷伟, 徐秀芳, 余日胜, 等. 128 排双源 CT 冠状动脉 CTA 成像多种扫描模式的应用[J]. 中国临床医学影像杂志, 2012, 23(3): 168-172

Lei Wei, Xu Xiu-fang, Yu Ri-sheng et al. Coronary angiography by 128 multi-slice dual source CT with multiple scan modes [J]. Journal of China Clinic Medical Imaging, 2012, 23(3): 168-172

[15] Herzog B A, Husmann L, Burkhard N, et al. Accuracy of low-dose computed tomography coronary angiography using prospective electrocardiogram-triggering: first clinical experience [J]. Eur Heart J, 2008, 29(24): 3037-3042

[16] Genders T S, Meijboom W B, Meijs M F, et al. CT coronary angiography in patients suspected of having coronary artery disease: decision making from various perspectives in the face of uncertainty [J]. Radiology, 2009, 253(3): 734-744

[17] Flohr TG, Leng S, Yu L, et al. Dual-source spiral CT with pitch up to 3.2 and 75 ms temporal resolution: image reconstruction andassessment of image quality [J]. Med Phys, 2009, 36 (12): 5641-5653

[18] 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]. Eur Radiol, 2010, 20 (5): 1197-1206

[19] 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]. 中华放射性杂志, 2011, 45(5): 481-485

Xue Yue-jun, Qian Nong, Shao yan-hui, 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

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