

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2019.20.037

256 层螺旋 CT 前瞻性心电门控冠状动脉成像的临床应用价值 及其对比剂浓度研究 *

陈爱德¹ 刘伟军² 段王栋³ 邹 林¹ 胡亚恒¹ 魏文存¹

(1 陕西省安康市中医医院设备科 陕西 安康 725000;

2 陕西省人民医院医学装备部 陕西 西安 710000; 3 陕西省安康市中医医院医学影像中心 陕西 安康 725000)

摘要 目的:探讨 256 层螺旋 CT 前瞻性心电门控冠状动脉成像的临床应用价值及不同浓度对比剂对其成像质量、碘用量以及有效辐射剂量的影响。**方法:**对 120 例疑似冠心病患者行 256 层螺旋 CT 成像扫描,将患者随机分为前瞻性心电门控组和回顾性心电门控组;出院前再将前瞻性心电门控组患者按数表法随机分为低浓度对比剂组、中浓度对比剂组和高浓度对比剂组。比较各组成像质量、碘用量、有效辐射剂量。**结果:**前瞻性心电门控组与回顾性心电门控组图像质量主观评分分布、可评价节段率、优良率、有效碘用量、信噪比(SNR)、载噪比(CNR)、主动脉 CT 值(CT 主)、主动脉噪声值(SD 主)比较无统计学差异($P>0.05$)。前瞻性心电门控组有效辐射剂量显著低于回顾性心电门控组($P<0.05$)。高浓度对比剂组可评价节段率、优良率、有效碘用量、SNR、CNR、CT 主显著高于低浓度对比剂组和中浓度对比剂组($P<0.05$),中浓度对比剂组 CNR 显著高于低浓度对比剂组($P<0.05$)。**结论:**前瞻性心电门控技术用于冠心病诊断的图像质量与回顾性心电门控技术无明显差异,但是前瞻性心电门控技术辐射剂量更低。前瞻性心电门控使用低浓度对比剂可以获得满足临床诊断需要的图像质量,且碘用量更少。

关键词:前瞻性心电门控技术;回顾性心电门控技术;冠状动脉成像;对比剂;浓度

中图分类号:R814.42; R543.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2019)20-3963-05

Clinical Application Value of Prospective Electrocardiogram-controlled Coronary Artery Imaging with 256-slice Spiral CT and the Study of Contrast Agent Concentration*

CHEN Ai-de¹, LIU Wei-jun², DUAN Wang-dong³, ZOU Lin¹, HU Ya-heng¹, WEI Wen-cun¹

(1 Department of Equipment, Ankang Hospital of Traditional Chinese Medicine of Shaanxi Province, Ankang, Shaanxi, 725000, China;

2 Department of Medical Equipment, Shaanxi Provincial People's Hospital, Xi'an, Shaanxi, 710000, China;

3 Medical Imaging Center, Ankang Hospital of Traditional Chinese Medicine of Shaanxi Province, Ankang, Shaanxi, 725000, China)

ABSTRACT Objective: To investigate clinical application value of prospective electrocardiogram-controlled coronary artery imaging with 256-slice spiral CT and the effect of different concentration of contrast agent on imaging quality, iodine dosage and effective radiation dose. **Methods:** 120 patients with suspected coronary heart disease were scanned with 256-slice spiral CT. The patients were randomly divided into prospective electrocardiogram-controlled group and retrospective electrocardiogram-controlled group. Before discharge, the prospective electrocardiogram-controlled group was randomly divided into low concentration contrast agent group, medium concentration contrast agent group and high concentration contrast agent group according to the number table method. The image quality, iodine dosage and effective radiation dose of each component were compared. **Results:** There were no significant differences in subjective image quality score distribution, assessable segment rate, excellent and good rate, effective iodine dosage, signal-to-noise ratio (SNR), carrier-to-noise ratio (CNR), aortic CT value (CT aorta) and aortic noise value (SD aorta) between the prospective electrocardiogram-controlled group and retrospective electrocardiogram-controlled group ($P>0.05$). The effective radiation dose in prospective electrocardiogram-controlled group was significantly lower than that in retrospective electrocardiogram-controlled group ($P<0.05$). The assessable segmental rate, excellent and good rate, effective iodine dosage, SNR, CNR and CT aorta in high concentration contrast agent group were significantly higher than those in low concentration contrast agent group and medium concentration contrast agent group ($P<0.05$). CNR in medium concentration contrast agent group was significantly higher than that in low concentration contrast agent group ($P<0.05$). **Conclusion:** The image quality of prospective electrocardiogram-controlled technology in diagnosis of coronary heart disease is not significantly different from that of retrospective electrocardiogram-controlled technology, but the radiation dose of prospective electrocardiogram-controlled technology is lower. Prospective electrocardiogram-controlled with low concentration contrast agent can achieve image quality that meets the needs of clinical diagnosis, and iodine consumption is less.

* 基金项目:陕西省创新能力支撑计划项目(2017KCT-36)

作者简介:陈爱德(1978-),男,本科,主管技师,研究方向:医疗设备与医学影像,E-mail: akaxintiandi@sina.com

(收稿日期:2019-05-08 接受日期:2019-05-31)

Key words: Prospective electrocardiogram-controlled technology; Retrospective electrocardiogram-controlled technology; Coronary artery imaging; Contrast agent; Concentration

Chinese Library Classification(CLC): R814.42; R543.3 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2019)20-3963-05

前言

近年来,随着我国社会的发展和人们生活习惯的改变,冠心病的发病率不断升高,冠心病已成为威胁我国居民健康的重要疾病^[1]。冠状动脉电子计算机断层扫描(Computed Tomography, CT)检查是目前诊断冠心病的重要方法,通过冠状动脉CT检查可以显示冠状动脉狭窄程度和节段数,为冠心病的诊断提供依据^[2,3]。随着多层螺旋CT技术的不断发展,前瞻性心电门控冠状动脉成像已成为一项极具潜力的诊断方法,该方法与回顾性心电门控冠状动脉成像各具优点,对冠状动脉成像的效果是否有区别是临床研究的重点内容^[4,5]。同时,近年来冠心病诊断中X线辐射剂量和对比剂的最佳用量也逐渐得到医生的广泛关注,在满足冠状动脉CT检查的同时降低对比剂引起的副作用也成为医生面临的重要问题^[6]。本研究采用256层螺旋CT,探讨前瞻性心电门控冠状动脉成像的应用价值及不同浓度对比剂对其成像质量、碘用量以及有效辐射剂量的影响,旨在为冠状动脉CT检查方案的制定提供依据,现作如下报道。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择2017年1月至2018年12月陕西省安康市中医医院收治的疑似冠心病患者120例。纳入标准:(1)所有患者均具有冠心病的临床症状,临床疑似冠心病;(2)患者经256层螺旋CT冠状动脉成像扫描;(3)患者心率控制在75次/min以下;(4)患者及家属对研究知情同意,且签署同意书。排除标准:(1)合并心力衰竭者;(2)合并肾脏疾病者;(3)对碘对比剂过敏者。将患者按数表法随机分为前瞻性心电门控组和回顾性心电门控组。前瞻性心电门控组60例,男性38例,女性22例,年龄35~78岁,平均(55.77±8.28)岁;平均心率(53.83±6.12)次/min,平均体质指数(Body mass index, BMI)(25.17±3.12)kg/m²。回顾性心电门控组60例,男性39例,女性21例,年龄37~77岁,平均(56.92±8.01)岁;平均心率(54.65±6.75)次/min, BMI(24.57±3.45)kg/m²。两组患者性别、年龄、BMI、平均心率比较无统计学差异($P>0.05$)。将前瞻性心电门控组患者按数表法随机分为低浓度对比剂组、中浓度对比剂组和高浓度对比剂组。低浓度对比剂组20例,男性13例,女性7例,年龄38~78岁,平均(56.01±6.56)岁;平均心率(53.05±5.67)次/min, BMI(24.11±3.12)kg/m²。中浓度对比剂组20例,男性12例,女性8例,年龄35~76岁,平均(55.03±7.03)岁;平均心率(55.12±5.78)次/min, BMI(25.45±3.12)kg/m²。高浓度对比剂组20例,男性13例,女性7例,年龄36~78岁,平均(55.87±6.24)岁;平均心率(54.52±5.45)次/min, BMI(25.12±3.45)kg/m²。三组患者性别、年龄、BMI、平均心率比较无统计学差异($P>0.05$)。本研究经我院伦理委员会批准。

1.2 方法

所有患者均接受256层螺旋CT成像冠状动脉成像扫描,CT机为荷兰Brilliance iCT。扫描前患者进行呼吸训练,并在肘静脉处理18g静脉留置针,当心率达标后进行定位扫描。根据患者心脏大小、形态调整扫描范围。以5 mL/s的流速注射碘对比剂70~90 mL,碘浓度为350 mgI/mL,然后注射生理盐水30 mL,扫描参数:矩阵512×512,扫描电压120 kV,旋转时间0.27 s/周。前瞻性心电门控组采用前瞻性心电门控冠状动脉成像,选择采集75%R-R间期时相数据重组。回顾性心电门控组采用回顾性心电门控冠状动脉成像,全时相数据图像重组。所有患者出院前再次行256层螺旋CT冠状动脉成像扫描,扫描方法与之前相同,低浓度对比剂组、中浓度对比剂组和高浓度对比剂组分别采用碘浓度300 mgI/mL、320 mgI/mL、350 mgI/mL,所有患者均采用前瞻性心电门控冠状动脉成像,选择采集75%R-R间期时相数据重组。

1.3 观察指标及方法

1.3.1 图像质量的主观评价 由2名高年资从事心血管疾病的放射科医生对冠状动脉主要分支的15个节段进行评价,采用1~5级评分法^[7]。当评分≥3分时可以评价,≥4分为优良图像,统计各组图像质量,计算可评价率、优良率。

1.3.2 图像质量的客观评价 于处理工作站手绘监测感兴趣区(Region of Interest, ROI)置于升主动脉起始部位^[8],左主干、平左右冠状动脉开口处,主动脉ROI为100 mm²,冠状动脉ROI为2~3 mm²,测量相应部位CT值(CT主、CT冠),同时测量同水平空气CT值(CT空),测量主动脉噪声值(SD主)及空气噪声值(SD空),信噪比(Signal-to-noise ratio, SNR)=CT主/SD主,载噪比(Carrier to noise ratio, CNR)=(CT冠-CT空)/SD空。

1.3.3 平均辐射剂量 记录患者扫描过程中产生的剂量长度乘积,辐射剂量=剂量长度乘积×换算因子,其中胸部平均换算因子为0.014。

1.4 统计学方法

采用SPSS20.0软件进行统计学分析,计数资料以率(%)表示,采用 χ^2 检验,等级资料比较采用秩和检验,计量资料用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较实施t检验,多组间采用单因素方差分析, $P<0.05$ 表明差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 前瞻性心电门控组和回顾性心电门控组图像主观评价

前瞻性心电门控组显示冠状动脉节段663个,回顾性心电门控组显示冠状动脉节段676个。两组图像质量主观评分分布、可评价节段率、优良率比较无统计学差异($P>0.05$),见表1。

2.2 前瞻性心电门控组和回顾性心电门控组图像客观评价及有效碘用量、有效辐射剂量比较

前瞻性心电门控组和回顾性心电门控组图像客观评价有效碘用量、SNR、CNR、CT主、SD主比较无统计学差异($P>$

0.05), 前瞻性心电门控组有效辐射剂量显著低于回顾性心电门控组($P<0.05$), 见表 2。

表 1 前瞻性心电门控组和回顾性心电门控组图像主观评价

Table 1 Subjective image evaluation in prospective electrocardiogram-controlled group and retrospective electrocardiogram-controlled group

Groups	Segment number	Subjective image quality score (Number of Segments)					Assessable segment rate (%)	Excellent and good rate(%)
		1point	2point	3point	4point	5point		
Prospective electrocardiogram-controlled group	663	6	44	294	228	91	613(92.46)	319(48.11)
Retrospective electrocardiogram-controlled group	676	4	34	311	232	95	638(94.38)	327(48.37)
Z/χ^2	-	-0.873					2.010	0.009
P	-	0.132					0.156	0.925

表 2 前瞻性心电门控组和回顾性心电门控组图像客观评价及有效碘用量、有效辐射剂量比较

Table 2 Comparison of objective image evaluation, effective iodine dosage and effective radiation dose between prospective electrocardiogram-controlled group and retrospective electrocardiogram-controlled group

Groups	Segment number	Effective iodine dosage(g)		SNR		CNR		CT aorta(Hu)		SD aorta (Hu)	Effective radiation dose (mSv)
Prospective electrocardiogram-controlled group	663	22143.78±	2783.56	142.13±	59.34	1012.67±	218.56	396.54±	113.47	2.79± 0.91	2.96± 0.42
Retrospective electrocardiogram-controlled group	676	22328.24±	2938.63	142.59±	55.73	1023.97±	227.67	402.12±	124.12	2.82± 0.86	10.16± 2.34
t	-	1.275		0.038		1.178		1.026		0.067	7.839
P	-	0.087		0.925		0.096		0.128		0.991	0.000

2.3 不同浓度对比剂组图像主观评价

低浓度对比剂组显示冠状动脉节段 219 个, 中浓度对比剂组显示冠状动脉节段 221 个, 高浓度对比剂组显示冠状动脉节段 223 个。三组图像质量主观评分分布比较差异有统计学意义($P<0.05$), 高浓度对比剂组可评价节段率、优良率显著高于低浓度对比剂组和中浓度对比剂组($P<0.05$), 低浓度对比剂组和中浓度对比剂组可评价节段率、优良率比较无统计学差异($P>$

0.05), 见表 3。

2.4 不同浓度对比剂组图像客观评价及有效碘用量、有效辐射剂量比较

三组有效碘用量、SNR、CNR、CT 主比较差异有统计学意义($P<0.05$), SD 主、有效辐射剂量比较无统计学差异($P>0.05$), 高浓度对比剂组有效碘用量、SNR、CNR、CT 主显著高于低浓度对比剂组和中浓度对比剂组($P<0.05$), 低浓度对比剂组和中

表 3 低浓度对比剂组、中浓度对比剂组、高浓度对比剂组图像主观评价

Table 3 Subjective image evaluation of low concentration contrast agent group, medium concentration contrast agent group and high concentration contrast agent group

Groups	Segment number	Subjective image quality score (Number of Segments)					Assessable segment rate (%)	Excellent and good rate(%)
		1point	2point	3point	4point	5point		
Low concentration contrast agent group	219	8	44	80	72	15	167(76.26)	87(39.73)
Medium concentration contrast agent group	221	2	45	85	69	20	174(78.73)	89(40.27)
High concentration contrast agent group	223	3	14	82	95	29	206(92.38)*#	124(55.61)*#
Z/χ^2	-	-2.631					11.732	8.457
P	-	0.008					0.000	0.000

Note: Compared with low concentration contrast agent group, * $P<0.05$; compared with medium concentration contrast agent group, # $P<0.05$.

浓度对比剂组有效碘用量、SNR、CT 主比较无统计学差异 ($P<0.05$),见表 4。
($P>0.05$),中浓度对比剂组 CNR 显著高于低浓度对比剂组

表 4 低浓度对比剂组、中浓度对比剂组、高浓度对比剂组图像客观评价及有效碘用量($\bar{x}\pm s$)

Table 4 Image objective evaluation and effective iodine dosage of low concentration contrast agent group, medium concentration contrast agent group and high concentration contrast agent group($\bar{x}\pm s$)

Groups	Segment number	Effective iodine dosage(g)	SNR	CNR	CT aorta(Hu)	SD aorta(Hu)	Effective radiation dose (mSv)
Low concentration contrast agent group	219	17228.37± 2143.23	125.33± 44.23	655.12± 114.27	342.15± 88.32	2.73± 0.76	2.95± 0.38
Medium concentration contrast agent group	221	18632.12± 2014.67	127.85± 43.91	817.71± 137.29*	359.26± 92.16	2.81± 0.97	2.97± 0.36
High concentration contrast agent group	223	21936.29± 1934.54**	145.26± 51.28*#	1056.73± 204.16*#	408.17± 98.47*#	2.81± 0.88	2.97± 0.32
F	-	50.134	7.245	8.164	14.268	0.708	0.097
P	-	0.000	0.033	0.028	0.010	0.214	0.983

Note: Compared with low concentration contrast agent group, * $P<0.05$; compared with medium concentration contrast agent group, # $P<0.05$.

3 讨论

目前临床上冠状动脉 CT 检查多采用回顾性心电门控技术,该方法是在 CT 螺旋扫描中以 X 线管连续曝光进行,是一种高度重叠的扫描方式^[9-11]。这种方法虽然可以提供可靠的数据,但同时也给受检者带来了较高剂量的辐射^[12]。前瞻性心电门控扫描技术是近年来新发展的心脏扫描模式,该模式采用轴扫的方式进行,将扫描和进床分离开来,然后通过进一步结合适应性心电图触发移床技术和扫描轴面数据采集技术,只选择心脏时相点曝光扫描,从而避免螺旋扫描中因重叠扫描而产生的辐射^[13-15]。回顾性心电门控技术由于完成了心脏全期任意时相的图像采集,可以保证冠状动脉图像的最佳显示^[16]。

王继芳等报道显示前瞻性心电门控扫描技术与回顾性心电门控扫描技术扫描优秀率和良好率无统计学差异,但辐射剂量降低了 73%^[17]。赵磊等报道前瞻性心电门控技术在心率<75 次/min 情况下可以获得与回顾性心电门控扫描技术质量相似的图像,且辐射剂量大幅降低^[18]。本研究结果显示前瞻性心电门控组显示冠状动脉节段 663 个,回顾性心电门控组显示冠状动脉节段 676 个。两组图像质量主观评价、图像客观评价及有效碘用量比较并无统计学差异,但是前瞻性心电门控组有效辐射剂量显著低于回顾性心电门控组($P<0.05$)。表明前瞻性心电门控技术虽然只选择心脏时相点曝光扫描,但图像质量并未受到较大影响,而且辐射剂量显著降低。值得注意的是前瞻性心电门控技术依然受到受检者心率的影响,在高心率情况下,患者心动周期较短,扫描时可能产生伪影^[19,20]。本研究中受试者心率均控制在 75 次/min 以下,对于心率较高的受试者可使用 β 受体阻滞剂,大多数受检者心率可平稳控制在 75 次/min 以下。另外,扫描时间也是影响冠状动脉成像质量的因素。在扫描过程中患者需要屏气,扫描时间较长将导致患者屏气时间延长,产生呼吸伪影^[21]。因此在扫描前应嘱咐受检者进行呼吸训练,同时尽量不要增加扫描时间。256 层 CT 旋转一圈的时间为 0.27s,与 64 层 CT 相比时间缩短了近 50 倍,一般只需要 1~2

次移床就可完成扫描,受检者屏气时间明显缩短,也大大提高了成像质量^[22]。

对比剂是影响 CT 扫描质量的重要因素^[23-25]。近年来随着临床诊断的需要,对对比剂的要求也越来越高。有研究表明,过高浓度的对比剂会增加血浆的渗透压,导致细胞严重失水,增加不良反应的发生^[26-28]。《碘对比剂使用指南》中也指出,碘对比剂的肾毒性包括渗透压毒性、化学毒性和粘滞相关性毒性^[29],有报道显示当前住院患者中对对比剂肾病住院人数已经与急性肾损伤相当^[30]。本研究结果显示,高浓度对比剂确实较中浓度对比剂和低浓度对比剂获得了更高的图像质量主观评价、图像客观评价,但低浓度对比剂可评价率也高达 76.26%,优良率为 39.73%,也能满足临床诊断的需要,有效碘用量还更低。另外我们也注意到,过高的对比剂浓度可能使血管明显强化,拉近血管壁与钙化灶之间的 CT 值,从而影响钙化的辨别,而在不影响诊断的前提下使用低浓度对比剂可以降低肾脏毒性反应。

综上所述,256 层螺旋 CT 前瞻性心电门控技术用于冠心病诊断图像质量与回顾性心电门控技术无显著差异,但辐射剂量更低。前瞻性心电门控应用低浓度对比剂可以获得足够满足临床诊断需要的图像质量,还可以减少碘用量。

参考文献(References)

- [1] Zheng X, Spatz ES, Bai X, et al. Effect of Text Messaging on Risk Factor Management in Patients With Coronary Heart Disease[J]. Circ Cardiovasc Qual Outcomes, 2019, 12(4): e005616
- [2] 李建华, 王璟, 王磊, 等. 双源 CT 冠状动脉成像结合胸痛表现在冠心病诊断中的应用[J]. 安徽医药, 2019, 23(4): 651-653
- [3] Chen B, Zhao S, Gao Y, et al. Image quality and radiation dose of two prospective ECG-triggered protocols using 128-slice dual-source CT angiography in infants with congenital heart disease [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2019, 35(5): 937-945
- [4] Ippolito D, Fior D, Franzesi CT, et al. Diagnostic accuracy of 256-row multidetector CT coronary angiography with prospective ECG-gating combined with fourth-generation iterative reconstruction algorithm in

- the assessment of coronary artery bypass: evaluation of dose reduction and image quality[J]. *Radiol Med*, 2017, 122(12): 893-901
- [5] Tongut A, Özyedek Z, Çerezci İ, et al. Prevalence of congenital coronary artery anomalies as shown by multi-slice computed-tomography coronary angiography: a single-centre study from Turkey [J]. *J Int Med Res*, 2016, 44(6): 1492-1505
- [6] Ünal E, Yıldız AE, Güler E, et al. Comparison of image quality and radiation dose between prospectively ECG-triggered and retrospectively electrocardiogram-controlled CT angiography: Establishing heart rate cut-off values in first-generation dual-source CT[J]. *Anatol J Cardiol*, 2015, 15(9): 759-764
- [7] 吴玉辉, 张惠英. 256 层螺旋 CTA 对冠状动脉斑块及管腔狭窄的诊断价值[J]. *华北理工大学学报(医学版)*, 2017, 19(3): 191-194
- [8] 康瑞, 王锡明, 王昕, 等. 不同型号双源 CT 冠状动脉成像参数及图像质量的对比分析 [J]. *中国中西医结合影像学杂志*, 2019, 17(2): 115-119, 123
- [9] Yerly J, Becce F, van Heeswijk RB, et al. In vitro optimization and comparison of CT angiography versus radial cardiovascular magnetic resonance for the quantification of cross-sectional areas and coronary endothelial function[J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2019, 21(1): 11
- [10] 林豪, 肖波, 刘一江, 等. 双源 CT 冠脉成像在冠脉粥样硬化性狭窄诊断中的价值研究[J]. *现代生物医学进展*, 2017, 17(20): 3969-3972
- [11] 贾慧惠, 方林, 高云剑, 等. 回顾性心电门控 CT 在儿童川崎病冠状动脉损伤评估中的应用 [J]. *国际医学放射学杂志*, 2018, 41(5): 508-512, 541
- [12] Sommerer C, Zeier M, Morath C, et al. Soluble urokinase plasminogen activation receptor and long-term outcomes in persons undergoing coronary angiography[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 475
- [13] Maroules CD, Rajiah P, Bhasin M, et al. Current Evidence in Cardiothoracic Imaging: Growing Evidence for Coronary Computed Tomography Angiography as a First-line Test in Stable Chest Pain[J]. *J Thorac Imaging*, 2019, 34(1): 4-11
- [14] Zhao L, Bao J, Guo Y, et al. Ultra-low dose one-step CT angiography for coronary, carotid and cerebral arteries using 128-slice dual-source CT: A feasibility study[J]. *Exp Ther Med*, 2019, 17(5): 4167-4175
- [15] Li T, Tang T, Yang L, et al. Coronary CT Angiography with Knowledge-Based Iterative Model Reconstruction for Assessing Coronary Arteries and Non-Calcified Predominant Plaques[J]. *Korean J Radiol*, 2019, 20(5): 729-738
- [16] Rodriguez-Granillo GA, Capunay C, Deviggiano A, et al. Regional differences of fat depot attenuation using non-contrast, contrast-enhanced, and delayed-enhanced cardiac CT [J]. *Acta Radiol*, 2019, 60(4): 459-467
- [17] 王继芳, 姚以刚, 徐学权, 等. 256 层 CT 前瞻性心电门控冠状动脉成像研究[J]. *中国医学装备*, 2013, 10(2): 74-76
- [18] 赵磊, 刘煊师, 王泽锋. 中等心率患者前瞻性心电门控 CT 冠状动脉成像的临床研究[J]. *中华放射学杂志*, 2012, 46(2): 175-177
- [19] 孙红, 王新江, 惠萍, 等. 心电前门控冠状动脉 CT 成像在快心率患者中的应用对策 [J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2013, 15(12): 1238-1240
- [20] 何江忱, 周仕恩. 心率及心率波动在前后门控冠状动脉 CTA 中的对比[J]. *影像诊断与介入放射学*, 2017, 26(6): 486-490
- [21] Eckert J, Renczes-Janetzko P, Schmidt M, et al. Coronary CT angiography (CCTA) using third-generation dual-source CT for ruling out in-stent restenosis[J]. *Clin Res Cardiol*, 2019, 108(4): 402-410
- [22] Thomas DM, McLaughlin PD, Nugent JP, et al. Evaluation of the proximal coronary arteries in suspected pulmonary embolism: diagnostic images in 51% of patients using non-gated, dual-source CT pulmonary angiography[J]. *Emerg Radiol*, 2019, 26(2): 189-194
- [23] Karius P, Lembecke A, Sokolowski FC, et al. Extracardiac findings on coronary computed tomography angiography in patients without significant coronary artery disease[J]. *Eur Radiol*, 2019, 29(4): 1714-1723
- [24] Odawara Y, Kawamura N, Yamasaki Y, et al. Evaluation of coronary artery variations using dual-source coronary computed tomography angiography in neonates with transposition of the great arteries[J]. *Jpn J Radiol*, 2019, 37(4): 308-314
- [25] Sabarudin A, Siong TW, Chin AW, et al. A comparison study of radiation effective dose in electrocardiogram-controlled Coronary CT Angiography and calcium scoring examinations performed with a dual-source CT scanner[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 4374
- [26] Molloy S, Johnson T, Lipinski J, et al. A phantom based evaluation of vessel lumen area quantification for coronary CT angiography[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2019, 35(3): 551-557
- [27] Oda S, Takaoka H, Katahira K, et al. Low contrast material dose coronary computed tomographic angiography using a dual-layer spectral detector system in patients at risk for contrast-induced nephropathy[J]. *Br J Radiol*, 2019, 92(1094): 20180215
- [28] 陈韵岱, 陈纪言, 傅国胜, 等. 碘对比剂血管造影应用相关不良反应中国专家共识[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2014, 22(6): 341-348
- [29] 中华医学会放射学分会对比剂安全使用工作组. 碘对比剂使用指南(第 2 版) [J]. *中华医学杂志*, 2014, 94(43): 3363-3369
- [30] 许建国, 宫剑滨. 冠状动脉介入术患者对比剂肾病的相关危险因素分析[J]. *肾脏病与透析肾移植杂志*, 2012, 21(1): 24-28

(上接第 3938 页)

- [27] Wu YD, Lin CH, Chao WC, et al. Association between a history of periodontitis and the risk of systemic lupus erythematosus in Taiwan: A nationwide, population-based, case-control study [J]. *PLoS One*, 2017, 12(10): e0187075
- [28] 张大凤, 黄盛斌, 张友婷, 等. 盐酸米诺环素软膏联合替硝唑治疗慢性牙周炎的临床疗效及安全性研究 [J]. *中国临床药理学杂志*, 2015, 34(8): 590-591, 594
- [29] Teeuw WJ. A PhD completed. Periodontitis, diabetes mellitus, cardiovascular disease: a Bermuda triangle [J]. *Ned Tijdschr Tandheelkd*, 2017, 124(10): 511-513
- [30] 王德飞. 布洛芬联合派丽奥对慢性牙周炎龈沟液中细胞因子的影响及抗氧化作用[J]. *现代预防医学*, 2014, 41(6): 1141-1143, 1146