



320排探测器CT单心动周期扫描应用于心律不齐患者冠状动脉成像的可行性

严诚, 周琳夕, 周国锋, 朱硕, 邹奕轩, 徐士杰, 陆秀良

引用本文:

严诚, 周琳夕, 周国锋, 等. 320排探测器CT单心动周期扫描应用于心律不齐患者冠状动脉成像的可行性[J]. 中国临床医学, 2021, 28(2): 236–240.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210100>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

减影冠状动脉CT血管成像对轻中度钙化积分患者的诊断价值

Diagnostic value of subtraction coronary computed tomography angiography in patients with mild–moderate calcification score

中国临床医学. 2018, 25(1): 35–39 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2018.20170305>

低管电压与低浓度对比剂联合迭代重建技术在主动脉CT血管成像中的应用

Application of low tube voltage and low–concentration iodinated contrast with iterative reconstruction on aorta computed tomography angiography

中国临床医学. 2018, 25(4): 560–564 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2018.20180289>

低管电压结合低碘对比剂在前门控双源CT冠状动脉CTA中的应用

Clinical application of low tube voltage and low–iodine–concentration contrast agent in prospective ECC–gated dual–source computed tomography coronary angiography

中国临床医学. 2017, 24(2): 257–259 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2017.20160858>

脂蛋白(a)与冠状动脉病变严重程度的关系及对不良心血管事件的影响

Relationship between lipoprotein (a) and the severity of coronary artery disease and its influence on major adverse cardiovascular events

中国临床医学. 2021, 28(1): 70–74 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20202220>

冠状动脉CT血管造影测量管腔密度梯度预测心肌桥收缩期压迫程度

The value of transluminal attenuation gradient measured by coronary computed tomography angiography in predicting the degree of systolic compression of myocardial bridge

中国临床医学. 2020, 27(4): 613–619 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20201120>

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210100

320 排探测器 CT 单心动周期扫描应用于心律不齐患者冠状动脉成像的可行性

严 诚¹, 周琳夕¹, 周国锋¹, 朱 硕¹, 邹奕轩², 徐士杰², 陆秀良^{1*}

1. 复旦大学附属中山医院放射诊断科, 上海 200032

2. 上海联影医疗科技股份有限公司, 上海 200032

引用本文 严 诚, 周琳夕, 周国锋, 等. 320 排探测器 CT 单心动周期扫描应用于心律不齐患者冠状动脉成像的可行性[J]. 中国临床医学, 2021, 28(2): 236-240. YAN C, ZHOU L X, ZHOU G F, et al. Feasibility of single cardiac cycle 320 detector CT scan in patients with arrhythmia undergoing coronary angiography[J]. Chinese Journal of Clinical Medicine, 2021, 28(2): 236-240.

[摘要] **目的:**探讨 uCT960+宽体探测器 CT 单心动周期扫描在心律不齐患者冠状动脉成像(CCTA)中的应用。**方法:**选择 2020 年 6 月至 12 月复旦大学附属中山医院放射诊断科收治的接受 CCTA 检查的心律不齐患者 63 例和同期正常窦性心律的患者 63 例。采用 5 分法评估冠状动脉节段的图像质量, 比较 2 组对比噪声比(contrast noise ratio, CNR)、信噪比(signal to noise ratio, SNR)、主动脉根部 CT 值、有效辐射剂量(effective radiation dose, ED)及冠状动脉图像质量评分。**结果:**心律不齐组和正常心律组性别、年龄差异无统计学意义, 心率差异有统计学意义($P<0.01$)。所有患者图像均能满足诊断需要, 2 组患者的主观评分、冠脉各段 CT 值、SNR、CNR 差异无统计学意义。心律不齐组 ED 约为正常心律组的 150%。**结论:**用 uCT960+宽体探测器 CT 对心律不齐患者行 CCTA 时图像质量与正常心律的患者无差异, 且辐射剂量可接受。

[关键词] 宽体探测器 CT; 冠状动脉 CT 血管成像; 心律不齐; 窦性心律; 图像质量

[中图分类号] R 541.7 **[文献标志码]** A

Feasibility of single cardiac cycle 320 detector CT scan in patients with arrhythmia undergoing coronary angiography

YAN Cheng¹, ZHOU Lin-xi¹, ZHOU Guo-feng¹, ZHU Shuo¹, ZOU Yi-xuan², XU Shi-jie², LU Xiu-liang^{1*}

1. Department of Radiology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

2. Shanghai Lianying Medical Technology Co., Ltd., Shanghai 200032, China

[Abstract] **Objective:** To explore the feasibility of uCT960+wide body detector computed tomography (CT) single cycle coronary angiography in patients with arrhythmia. **Methods:** From June to December 2020, 63 patients with arrhythmia who underwent coronary CT imaging were selected from the Department of Radiology, Zhongshan Hospital, Fudan University. The clinical data of 63 patients with normal rhythm who underwent coronary CTA at the same time were randomly included. The image quality of coronary artery segments was evaluated by five score method. The contrast to noise ratio (CNR), signal to noise ratio (SNR), aortic root CT value, effective radiation dose (ED) and coronary artery image quality score were compared between the two groups. **Results:** There was no significant difference in gender and age between the two groups. The difference in heart rate was statistically significant ($P<0.01$). The images of all patients could meet the needs of diagnosis, and there was no significant difference in subjective score between the two groups. There was no significant difference in CT value, SNR, and CNR between the two groups. The ED in arrhythmia group was 150% of that in normal rhythm group. **Conclusions:** There is no difference in image quality of CCTA between normal rhythm people and patients with arrhythmia in uCT960+wide body detector CT, and the radiation dose is acceptable for arrhythmia patient.

[收稿日期] 2021-01-16

[接受日期] 2021-03-09

[基金项目] 上海市科学技术委员会医学引导类(中、西医)科技支撑项目(19411965500), 上海市临床重点专科项目(W2019-018), 复旦大学附属中山医院临床专项(2018ZSLC22). Supported by Medical Guidance (Chinese and Western Medicine) Science and Technology Support Project of Shanghai Science and Technology Commission (19411965500), Shanghai Key Clinical Specialty Project (W2019-018), and the Clinical Special Project of Zhongshan Hospital, Fudan University (2018ZSLC22).

[作者简介] 严 诚, 主管技师. E-mail: yancheng03yj@163.com

* 通信作者(Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: lu_xiuliang@zs-hospital.sh.cn

[Key Words] wide body detector CT; coronary CT angiography; arrhythmia; sinus rhythm; image quality

近年来,随着多排探测器计算机断层扫描(multi detector computed tomography, MDCT)技术的不断改进,冠状动脉 CT 血管造影(coronary CT angiography, CCTA)的图像采集和后处理技术迅速发展^[1-3],以获取更高质量的图像进而更准确地检测和诊断冠状动脉疾病(coronary artery diseases, CADs)^[4-5]。但患者心脏不同周期数据不匹配产生的重叠伪影^[2]以及心动过速时产生的运动伪影^[6],仍是限制心律不齐患者 CCTA 的主要影响因素。心律不齐的表现为心脏节律不规整,包括窦性心律不齐和异位心律不齐。其中异位心律不齐包括房性早搏、室性早搏、房室交界性早搏、心房纤颤(房颤),二度一型、二度二型房室传导阻滞^[7]。更宽的探测器和更高的时间分辨率有助于解决这些问题。QIN 等^[8]使用 256-MDCT 评估 20 例窦性心律的患者和 20 例房颤患者的 CCTA 图像质量,得到信噪比(signal to noise ratio, SNR)、对比噪声比(contrast to noise ratio, CNR)、有效辐射剂量(effective radiation dose, ED)等,证明宽体探测器 CT 可用于房颤患者 CCTA。Tan 等^[9]评价慢性房颤患者与正常窦性心律的患者单次心跳 CCTA 的图像质量和剂量,表明 320 排探测器 CT 单次心动周期检查可用于房颤患者 CCTA。

uCT960+将超高系统转速与时空探测器结合,实现了时间分辨率、空间分辨率与对比度分辨率的三重提升。ePhase 智能寻心算法能够基于各心动周期智能重建和选择最佳检查时相,提升病变复杂患者的检查成功率。虽然 uCT960+理论上不受心率和心律的限制,但仍缺乏应用于心律不齐患者 CCTA 的报道。本研究主要探讨 uCT960+宽体探测器 CT 扫描在心律不齐患者 CCTA 中的应用价值,为临床提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2020 年 6 月至 12 月复旦大学附属中山医院放射诊断科收治的用 uCT960+行 CCTA 的成年心律不齐患者 63 例,同期随机入组正常心律的患者 63 例。本研究经复旦大学附属中山医院伦理委员会批准(B2020-061R),所有患者均知情并签署知情同意书。

纳入标准:用 uCT960+行 CCTA 的心律不齐患者;临床疑诊或确诊冠状动脉病变。排除标准:(1)既往对含碘造影剂过敏;(2)肾功能不全(血清肌酐水平 $>15\text{ mg/L}$);(3)甲状腺功能亢进;(4)妊娠;(5)严重呼吸衰竭或心力衰竭;(6)临床状态不稳定、不能遵循屏气指导;(7)正常心律组无房性早搏、室性早搏或阵发性心律不齐。

1.2 CCTA 扫描方法 根据 CCTA 的检查流程,所有患者检查前至少禁食 4 h,检查前 1~1.5 h 口服美托洛尔 25~50 mg,并于检查前 5 min 舌下含服硝酸甘油 0.5 mg。采用 320 排探测器 CT(uCT960+,上海联影医疗科技股份有限公司),探测器宽度为 160 mm,球管旋转时间为 0.25 s/圈。采用前瞻性心电门控序列扫描;扫描范围覆盖自隆突下至心底。根据扫描方案,分为心律不齐组($n=63$)和正常心律组($n=63$)。扫描前根据患者的心电信息进行采集时相设置。心律不齐组:单心动周期采集范围为 30%~80% R-R 间期,当心率波动较大时,CT 扫描程序自动再采集 1 个心动周期,保证 CCTA 的成功率。正常心律组:心率 ≤ 65 次/min 时,采集范围为 70%~80% R-R 间期;心率为 65~85 次/min 时,采集范围为 30%~80% R-R 间期;心率 ≥ 85 次/min 时,采集范围为 35%~55% R-R 间期。两组管电压 100~120 kV,管电流 120~140 mAs;其余扫描参数相同。

1.3 对比剂注射方案 患者均采用高压注射器经右侧肘静脉注射碘帕醇注射液(含碘 370 mg/mL),流速 4~5 mL/s,注射总量 0.7 mL/kg。对比剂注射完后以同样的流速注入 0.9%氯化钠液 25 mL。采用 Bolus Tracking 自动触发扫描技术,将感兴趣区(region of interest, ROI)定位于心脏四腔心层面的降主动脉,触发阈值设定为 120 HU,当超过触发阈值时延迟 6 s 自动启动 CCTA 扫描程序。

1.4 CT 图像后处理 将数据传至联影工作站,利用自动冠状动脉分析软件进行后处理。后处理技术包括容积再现(volume rendering, VR)、最大强度投影(maximum intensity projection, MIP)、曲面重组(curved planar reformation, CPR)及多平面重组(multi-planar reformation, MPR)等。将层厚 0.5 mm、层间距 0.5 mm,采用 KARL 3D 重建算法,C-

SOFT-AA 的滤波函数,D-FOV 为 220 mm 的数据

1.5 评分方法 2 名医师分别按照美国心脏协会(American Heart Association, AHA)冠状动脉 18 节段模型进行三大主干 5 分制评分,采用双盲双评、背对背打分,并进行一致性分析。分别在患者图像主动脉根部、右冠状动脉(RCA)近段、左前降支(LAD)主干、左旋支(LCX)近段及其邻近的 ROI 中测量 CT 值和噪声。用 SNR、CNR、CT 值对目标图像质量进行评估。采用 5 分法对冠状动脉图像质量进行评分,1 分:血管模糊不清,伪影严重,无法诊断;2 分:血管轮廓模糊,伪影严重,影响诊断;3 分:血管轮廓模糊,有明显伪影,不影响诊断;4 分:血管轮廓较清晰,伪影较小,不影响诊断;5 分:血管轮廓清晰,无伪影,完全能够用于诊断。

尽量避开上腔静脉、主动脉壁及肌间隙,尽可能选择大的 ROI;计算主动脉根部、RCA 近段、左冠状动脉(LCA)主干(LM)、LAD 近段、LCX 近段的 SNR 和 CNR^[10-11]。SNR=主动脉 CT 值/背景噪声,CNR=(升主动脉 CT 值-竖脊肌 CT 值)/背景噪声,计算冠状动脉病变的诊断准确性。记录 CT 扫描系统自动生成的容积 CT 剂量指数(CT dose

传给 2 名放射科医师。

index, CTD)、剂量长度乘积(dose length product, DLP),计算有效辐射剂量(effective radiation dose, ED)。ED=DLP×*k*(转换系数);*k*=0.014 mSv/(mGy×cm)计算^[12]。

1.6 统计学处理 采用软件 SPSS 26.0 进行数据分析。采用 Kolmogorov-Smirnov 检验验证 2 组数据的正态性。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用独立样本 *t* 检验,偏态分布以 *M*(*P*₂₅, *P*₇₅)表示。计数资料以 *n*(%)表示,采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。两位观测者之间图像质量评分的一致性采用 Kappa 分析。采用 Mann-Whitndy *U* 检验比较各组图像的主观评分结果。检验水准(α)为 0.05。

2 结 果

2.1 基线资料 结果(表 1)显示:心律不齐组包括房颤 24 例,窦性心律不齐 17 例,室性期前收缩 14 例,房性期前收缩 8 例。2 组患者性别、年龄、心脏扫描范围等差异均无统计学意义。心律不齐组心率大于正常心律组,差异有统计学意义(*P*<0.01)。

表 1 2 组患者基线资料比较

指标	总计(<i>n</i> =126)	心律不齐组(<i>n</i> =63)	正常心律组(<i>n</i> =63)	<i>t</i> / χ^2 值	<i>P</i> 值
性别(男/女)	80/46	40/23	40/23	0.00	1.00
年龄/岁	63.96±11.2	64.00±11.25	63.92±11.25	0.04	0.97
平均心率/(次·min ⁻¹)	73.37±17.04	79.40±20.88	67.35±8.51	4.21	<0.01
扫描时心率/(次·min ⁻¹)	69.19±13.78	69.55±17.40	68.83±8.77	0.30	0.77

2.2 CCTA 定量指标 结果(表 2)显示:心律不齐组与正常心律组扫描时间、扫描长度、容积 CTD、

DLP 和 ED 差异均有统计学意义(*P*<0.01)。心律不齐组 ED 约为正常心律组的 150%,可接受内。

表 2 2 组患者 CCTA 定量指标比较

指标	总计(<i>n</i> =126)	心律不齐组(<i>n</i> =63)	正常心律组(<i>n</i> =63)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
扫描时间/s	1.04±1.12	1.49±1.45	0.60±0.19	4.8	<0.01
扫描长度/cm	15.14±1.27	15.74±0.76	14.54±1.39	6.0	<0.01
容积 CTD/mGy	12.16±4.41	14.12±4.81	10.20±2.86	5.2	<0.01
DLP/(mGy·cm ⁻¹)	185.87±74.42	223.01±78.46	148.74±46.52	6.4	<0.01
ED/mSv	2.60±1.04	3.12±1.10	2.08±0.65	6.4	<0.01

CTD:CT 剂量指数;DLP:剂量长度乘积;ED:有效辐射剂量

2.3 CCTA 图像质量 结果(表 3)显示:心律不齐组和正常心律组的 SNR 分别为 23.55±4.58、24.15±4.98,差异无统计学意义。2 组 RCA、LM、

LAD、LCX 的 CNR 差异均无统计学意义。2 组主动脉、RCA、LM、LAD、LCX 的 CT 值差异均无统计学意义。

表 3 2 组 SNR 及冠脉各段 CNR 与 CT 值比较

指标	总计(<i>n</i> = 126)	心律不齐组(<i>n</i> = 63)	正常心律组(<i>n</i> = 63)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
SNR	23.85 ± 4.79	23.55 ± 4.58	24.15 ± 4.98	0.71	0.48
SD	20.42 ± 2.21	20.36 ± 2.14	20.48 ± 2.26	0.30	0.77
CNR					
RCA	26.64 ± 5.86	26.35 ± 5.39	26.93 ± 6.28	0.56	0.58
LM	27.01 ± 5.03	26.59 ± 4.59	27.42 ± 5.40	0.92	0.36
LAD	26.20 ± 6.02	25.98 ± 5.48	26.43 ± 6.51	0.42	0.67
LCX	25.73 ± 5.37	25.67 ± 4.9	25.79 ± 5.81	0.12	0.90
CT 值/HU					
主动脉	482.85 ± 87.38	475.00 ± 80.40	490.70 ± 93.19	1.00	0.32
RCA	439.54 ± 100.14	428.77 ± 82.54	450.31 ± 114.07	1.20	0.23
LM	454.80 ± 89.24	444.15 ± 80.86	465.46 ± 95.72	1.33	0.18
LAD	430.97 ± 108.28	422.37 ± 96.35	439.56 ± 118.39	0.89	0.38
LCX	426.28 ± 96.05	420.09 ± 92.16	432.46 ± 99.41	0.72	0.47

SNR:信噪比;SD:噪声;CNR:对比噪声比;RCA:右冠状动脉;LM:左主干;LAD:左前降支;LCX:左旋支

2.4 CCTA 图像评分 结果(表 4)显示:对 RCA、LM、LAD 三大主干进行 CCTA 图像评分,其中心律不齐组与正常心律组评分为 5 的段数为 193、210;评分为 4 的段数为 48、40;评分为 3 的段数为 9、2;评分为 2 的段数 2、0;评分为 1 的段数为 1、0。评分为 3 时,2 组差异有统计学意义(*P* = 0.03)。

表 4 2 组及各分支 CCTA 图像评分(5 分法)结果比较

n = 63

得分	总计			RCA			LM			LAD			LCX		
	心律不齐组	正常心律组	<i>P</i> 值	心律不齐组	正常心律组	<i>P</i> 值	心律不齐组	正常心律组	<i>P</i> 值	心律不齐组	正常心律组	<i>P</i> 值	心律不齐组	正常心律组	<i>P</i> 值
5	193	210	0.06	46	49	0.53	52	58	0.11	48	53	0.26	47	50	0.53
4	48	40	0.35	13	12	0.83	9	5	0.26	12	10	0.64	14	13	0.83
3	9	2	0.03	3	2	1.00	2	0	0.48	3	0	0.24	1	0	0.50
2	2	0	0.48	1	0	0.50	0	0	-	0	0	-	1	0	0.50
1	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-

RCA:右冠状动脉;LM:左主干;LAD:左前降支;LCX:左旋支

3 讨 论

本研究基于 320 排探测器 CT 对心律不齐和正常心律患者进行 CCTA,结果表明,心律不齐患者和正常心律组患者的 SNR 和 CNR 差异不明显,表明两组图像质量相似,心律不齐组患者的 ED 高于正常心律组,但仍在可接受范围内。对心律不齐患者可应用宽体探测器 CT 行 CCTA,此结果与近年来相关研究结果^[13-15]相似。

临床上心律不齐相对普遍,尤其是偶发性的房性早搏和室性早搏等。要想提高这些患者的 CCTA 成功率,则须采用无创方法对冠状动脉的狭窄情况正确判断^[15]。心律不齐扫描方式常规利用 64 排螺旋 CT 结合药物控制、心理安慰、呼吸训练、心率预测及螺距调节技术,进行图像的多时相及多扇区重建技术结合,建立符合诊断的图像。320 排螺旋 CT 使扫描可在 1~2 个心动周期内完成。本研究使用

的联影 uCT960+是目前全球转速最快的 CT,采用轴扫模式单心动周期成像,为心律不齐扫描提供硬件基础。uCT960+具有 16 cm 宽的探测器,在心律不齐患者单次心动周期中,球管仅旋转 1 周即可完成全心冠脉成像。320 排宽体探测器 CT 在实现球管旋转时间为 0.25 s/圈的高速轴位平扫基础上,将前瞻性心电门控技术与单扇区重建算法相结合,既提高了 CCTA 的时间分辨率,又增强了图像的空间分辨率和密度分辨率,故可在心动周期内较窄的相位窗上进行冠脉 CT 图像重组。

对于心律不齐组部分心率波动范围大的患者,机器会自动识别扫描 1 个或 2 个心脏时相(1 次扫描中在收缩期和舒张期分别采集 1 次数据),最终选择相对较好的心脏时相图像进行重建。所有病例均通过单个心动周期扫描,因此图像质量不受心率波动的影响。本研究结果显示,2 组图像质量差异无统计学意义,表明 uCT960+CTA 在心律不齐患

者冠状动脉诊断中的应用价值较好。320 排宽体探测器 CCTA 成像快速,在轴扫模式下无需移动床位,可有效避免由于床位移动所造成的伪影。本研究共观察了 1 411 个冠状动脉节段,其中心律不齐组 252 个,250 个(99.2%)可用于诊断,包括图像质量评分 3 分 9 个(3.6%)、4 分 48 个(19.0%)、5 分 193 个(76.6%)。正常心律组 252 个冠状动脉节段均可用于诊断(100%),包括 3 分 2 个(0.8%),4 分 40 个(15.9%),5 分 210 个(83.3%)。2 组图像质量评分相似,这与以往研究^[15]结果一致。

值得注意的是,本研究中心律不齐组和正常心律组的平均 ED 分别为(3.12±1.10) mSv、(2.08±0.65) mSv。为提高心率波动范围大的患者重建心脏时相的可选择性,经自动识别心率,部分患者扫描了 2 个时相,因此心律不齐组 ED 略高。尽管心律不齐组患者的 ED 高于正常心律组,约为正常心律组的 150%,但较以往研究^[12]低。

综上所述,采用联影 uCT960+宽体探测器 CT 单心动扫描在心律不齐患者 CCTA 中可行,可满足临床诊断要求。本研究存在一定的局限性:样本量较小;病变较简单;未分析灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值。

参考文献

- [1] DI CESARE E, GENNARELLI A, DI SIBIO A, et al. Image quality and radiation dose of single heartbeat 640-slice coronary CT angiography: a comparison between patients with chronic Atrial Fibrillation and subjects in normal sinus rhythm by propensity analysis[J]. Eur J Radiol, 2015, 84(4):631-636.
- [2] ANDREINI D, PONTONE G, MUSHTAQ S, et al. Image quality and radiation dose of coronary CT angiography performed with whole-heart coverage CT scanner with intra-cycle motion correction algorithm in patients with atrial fibrillation[J]. Eur Radiol, 2018, 28(4): 1383-1392.
- [3] MUSHTAQ S, PONTONE G, CONTE E, et al. Low-dose coronary CT angiography in patients with atrial fibrillation: comparison of image quality and radiation exposure with two different approaches [J]. Acad Radiol, 2018, 13(5): 236-240.
- [4] MATVEEV A A, SCHMITT R R, EDTINGER K, et al. Coronary CT angiography in patients with atrial fibrillation: standard-dose and low-dose imaging with a high-resolution whole-heart CT scanner[J]. Eur Radiol, 2018, 28(8): 3432-3440.
- [5] ANDREINI D, PONTONE G, MUSHTAQ S, et al. Ultra-low-dose low-iodine coronary CT angiography performed with standard temporal resolution 64-slice scanner in lean patients [J]. J Cardiovasc Comput, 2016, 10(2):28-32.
- [6] 刘 锴, 陆秀良, 周潇峰, 等. 低管电压结合低碘对比剂在前门控双源 CT 冠状动脉 CTA 中的应用[J]. 中国临床医学, 2017, 24(2):257-259. LIU K, LU X L, ZHOU X F, et al. Clinical application of low tube voltage and low-iodine-concentration contrast agent in prospective ECC-gated dual-source computed tomography coronary angiography [J]. Chinese Journal of Clinical Medicine, 24(2):257-259.
- [7] KIM R, PARK E A, LEE W, et al. Feasibility of 320-row area detector CT coronary angiography using 40mL of contrast material: assessment of image quality and diagnostic accuracy[J]. Eur Radiol, 2016, 26(11): 3802-3810.
- [8] QIN J, CAI S W, PENG L R, et al. GW27-e0947 image quality of coronary computed tomography angiography with 320-Row area detector computed tomography in children with congenital heart disease[J]. J Am Coll Cardiol, 2016, 68(16):C142.
- [9] TAN S K, YEONG C H, AMAN R R A R, et al. Low tube voltage prospectively ECG-triggered coronary CT angiography: a systematic review of image quality and radiation dose[J]. Br J Radiol, 2018, 91(1088):20170874.
- [10] 林瑾仪, 程蕾蕾, 戴春峰, 等. 基于单中心的冠状动脉病变患者恶性肿瘤患病率调查[J]. 中国临床医学, 2019, 26(2): 197-199. LIN J Y, CHENG L L, DAI C F, et al. Prevalence investigation of malignant tumors in patients with coronary artery diseases based on single clinical center[J]. Chinese Journal of Clinical Medicine, 2019, 26(2):197-199.
- [11] CHEN C, ZHUO L, NAN H. Image quality of 256-multidetector computed tomography in patients with atrial fibrillation: an initial experience[J]. Eur Heart J Suppl, 2015, 17(3):32-36.
- [12] CHEN Y H, LI A H, JIA Y J, et al. Preliminary discussion on the feasibility of coronary CT angiography in single cardiac cycle in patients with cardiac arrhythmia using 16 cm wide-detector CT [J]. Diagnostic Imaging & Interventional Radiology, 2018,57(6):894-898.
- [13] OTTO C M. Heartbeat: causes and consequences of atrial fibrillation[J]. Heart, 2018, 104(15):1229-1231.
- [14] OTTO C M. Heartbeat: prevention of sudden cardiac death [J]. Heart, 2016, 102(10):729-730.
- [15] CESARE E D, SIBIO A D, GENNARELLI A, et al. Low dose versus standard single heartbeat acquisition coronary computed tomography angiography[J]. J Clin Imaging Sci, 2018, 8:52.