

超高端螺旋 CT 单心跳心脏技术判别冠脉狭窄和斑块性质的临床价值及合并基础疾病对准确性的影响

赵宇明, 侯鹏, 王爽, 纪俊雨, 赵树媛

(河北省胸科医院(河北省肺病重点实验室), 河北 石家庄 050000)

[摘要] **目的:** 研究超高端螺旋 CT 单心跳心脏技术判别冠脉狭窄和斑块性质的临床价值及合并基础疾病对准确性的影响。**方法:** 本研究采用前瞻性研究方法, 以我院 2022 年 7 月—2023 年 1 月诊断并进行治疗的冠心病患者 96 例作为研究对象, 根据患者的冠脉狭窄程度, I 级病变患者 33 例, II 级病变患者 22 例, III 级病变患者 41 例。根据斑块性质分析, 其中稳定性斑块患者 55 例, 不稳定性斑块患者 41 例, 所有患者入组后均接受 256 排 CT 行单心跳心脏冠脉成像、冠脉造影(ICA)和血管内超声(IVUS)检查, 比较单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管狭窄以及不稳定性斑块的诊断效能, 研究合并基础疾病对准确性的影响。**结果:** 本研究中, 单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管狭窄 III 级病变的灵敏度为 80.49%, 单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管狭窄 III 级病变的 ROC 曲线下面积为 0.771, 合并高血压、糖尿病、高脂血症等, 会造成单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管狭窄 III 级病变的效能下降。单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管不稳定性斑块的灵敏度为 80.21%, 单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管不稳定性斑块的 ROC 曲线下面积为 0.775, 合并高血压、糖尿病、高脂血症等, 会造成单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管不稳定性斑块的诊断效能下降。**结论:** 超高端螺旋 CT 单心跳心脏技术判别冠脉狭窄和斑块性质的灵敏度均超过 80% 以上, 合并高血压、糖尿病以及高脂血症患者, 会造成冠脉狭窄和斑块性质的判定准确性以及灵敏度的下降。

[关键词] 冠状动脉狭窄; 冠心病; 体层摄影术; 螺旋计算机

[中图分类号] R543.3; R814.42

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-1062(2024)01-0046-05

DOI:10.12117/jccmi.2024.01.010

The clinical value of ultra-high-end spiral CT single-heartbeat cardiac technique in identifying coronary artery stenosis and plaque properties and the influence of underlying diseases on accuracy

ZHAO Yu-ming, HOU Peng, WANG Shuang, JI Jun-yu, ZHAO Shu-yuan

(Hebei Chest Hospital(Hebei Key Laboratory of Lung Disease), Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: Objective: To investigate the clinical value of ultra-high-end spiral CT single-heartbeat cardiac technique in identifying coronary artery stenosis and plaque properties and the influence of underlying disease on accuracy. **Methods:** Ninety-six patients with coronary heart disease diagnosed and treated in our hospital from July 2022 to January 2023 were selected as research objects. According to the degree of coronary artery stenosis, 33 patients with grade I disease, 22 patients with grade II disease, and 41 patients with grade III disease were selected. According to the analysis of plaque properties, 55 patients with stable plaque and 41 patients with unstable plaque were enrolled. All patients underwent 256-slice CT for single-heartbeat coronary artery imaging, coronary angiography(ICA) and intravascular ultrasound(IVUS). The diagnostic efficacy of single-heartbeat coronary artery imaging in the diagnosis of coronary artery stenosis and unstable plaque was compared. The effect of comorbidities with underlying diseases on accuracy was studied. **Result:** The sensitivity of single-heartbeat coronary imaging for diagnosing grade III coronary stenosis was 80.49%, and the area under ROC curve of single-heartbeat coronary imaging for diagnosing grade III coronary stenosis was 0.771, which was complicated with hypertension, diabetes, hyperlipidemia, etc. It can reduce the efficiency of single-heartbeat coronary imaging in diagnosing grade III coronary artery stenosis. The sensitivity of single-heartbeat coronary imaging in diagnosing unstable plaque was 80.21%, and the area under ROC curve of single-heartbeat coronary imaging in diagnosing unstable plaque was 0.775. Combined with hypertension, diabetes, hyperlipidemia, etc., the diagnostic efficiency of single-heartbeat coronary imaging in diagnosing unstable plaque decreased. **Conclusion:** The sensitivity of ultra-high-end spiral CT single-heartbeat cardiac technology to identify coronary artery stenosis and plaque properties is more than 80%. Patients with hypertension, diabetes and hyperlipidemia will result in the decline of

[收稿日期] 2023-04-12; **[修回日期]** 2023-10-11

[作者简介] 赵宇明(1989-), 男, 河北石家庄人, 主管技师。E-mail: zhaoyuming0310@163.com

[通信作者] 赵树媛, 河北省胸科医院(河北省肺病重点实验室)功能科。E-mail: 365104095@qq.com

[基金项目] 河北省卫生健康委员会项目, 编号: 20231208; 河北省科学技术厅项目省(部), 编号: 182777176。

the accuracy and sensitivity of coronary artery stenosis and plaque properties.

Key words: Coronary Stenosis; Coronary Disease; Tomography, Spiral Computed

冠心病是临床较为常见的心血管疾病之一,流行病学调查显示^[1-2],我国冠心病的发病率呈现显著的上升趋势,其中以中青年患者的发病上升趋势较为明显,目前已经成为严重影响居民健康的公共卫生事件之一。而在冠心病患者的诊断中,临床的诊断主要通过临床症状、实验室检查以及心电生理检查进行临床诊断,另外在对患者的影像学检查中,则主要通过患者的冠脉造影检查进行明确,但是由于该项检查的费用较高,同时其创伤性也造成临床应用的局限性。所以在临床在对冠心病患者的诊断中,及时寻找无创伤性的诊断措施,成为目前临床研究的焦点^[3]。本院引进的 GE Revolution 256 排 512 层超高端螺旋 CT 机具有极高的时间和空间分辨率,以及较低放射剂量,可以较短时间内清楚扫描心脏冠脉完成图像重建。本研究主要通过超高端螺旋 CT 单心跳技术评价冠脉狭窄和斑块性质的临床价值及合并基础疾病对准确性的影响分析,以期临床诊断提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 基本资料

本研究采用前瞻性研究方法,以我院 2022 年 7 月—2023 年 1 月诊断并进行治疗的冠心病患者 96 例作为研究对象,其中男 55 例,女 41 例,年龄 40~65 岁,平均 (49.28±2.63) 岁,平均体质量指数 (24.58±2.36) kg/m²。基础性疾病:高血压患者 65 例,糖尿病患者 33 例,高脂血症患者 55 例。根据患者冠脉造影确定冠脉的狭窄程度^[4], I 级病变:管腔面积缩小 1%~25%; II 级病变:管腔面积缩小 26%~50%; III 级病变:管腔面积缩小 51%~75%。其中 I 级病变患者 33 例, II 级病变患者 22 例, III 级病变患者 41 例。根据患者的血管内超声 (Intravenous ultrasound, IVUS) 检查结果,CT 值在 60 以下则为稳定性斑块,其他则为不稳定性斑块,稳定性斑块患者 55 例,不稳定性斑块患者 41 例。高血压患者中, I 级病变患者 22 例, II 级病变患者 11 例, III 级病变患者 32 例。稳定性斑块患者 33 例,不稳定性斑块患者 32 例。糖尿病患者中, I 级病变患者 5 例, II 级病变患者 6 例, III 级病变患者 22 例。稳定性斑块患者 11 例,不稳定性斑块患者 22 例。高脂血症患者中, I 级病变患者 5 例, II 级病变患者 22 例, III 级病变患者 28 例。稳定性斑块患者 27 例,不稳定性斑块患者 28 例。所有患者均了解本次研究的目的以及方法,该项

研究获得本院伦理委员会论证并支持。

患者入选标准:①所有患者均符合冠心病诊断标准^[5];②年龄段 40~65 岁;③所有患者均签署知情同意书。排除标准:①存在 CT 增强检查禁忌症者;②已被发现的继发性高血压,如肾上腺腺瘤和肾动脉狭窄等;③存在先天性心脏病、心脏瓣膜病、心内肿瘤者;④有冠状动脉支架置入史、冠状动脉搭桥手术史和陈旧性心肌梗死者;⑤慢性肾功能不全者。

1.2 研究方法

1.2.1 检查方法

所有患者入组后,均在治疗之前接受 256 排 CT 行单心跳心脏冠脉成像、冠脉造影 (ICA) 和 IVUS 检查,各项检查间隔 24 小时。其中 256 排 CT 行单心跳心脏冠脉成像:扫描前叮嘱患者检查当天空腹,进行碘过敏实验,前嘱患者安静休息,控制心率在 50~100 次/min,同时进行呼吸屏气训练,1 次性屏气 10 s。采用 256 层螺旋 CT 扫描,管球旋转速度 0.27 s/周,扫描时相为 70%R-R 间期。扫描前给予 0.5 mg 硝酸甘油舌下含服。心率低于 65 次/min 的患者采用前门控扫描。扫描参数:100 kV,管电流自动调整节。心率在 65~100 次/min 之间的患者采用后门控扫描,扫描参数:100 kV,管电流自动调整节。对比剂采用碘比醇 (350 mgI/mL),采用高压注射器经肘静脉注射,对比剂和生理盐水双筒注射,流率 5 mL/s,对比剂总量 75 mL,生理盐水 30 mL。扫描时间采用对比剂检测法自动触发,选择气管分叉层面降主动脉为触发点,触发阈值为 110 HU。同时进行三维重组,对考虑有狭窄的血管做垂直切面薄层重组,测量血管断面直径,管径狭窄≥50%作为明显狭窄的标准。主要行容积再现 (VR)、多平面重组 (MPR)、曲面重组 (CPR)、最大密度投影 (MIP) 重组,并结合横断面图像进行分析。

1.2.2 诊断效能分析

以冠脉造影结果作为金标准,分析单心跳心脏冠脉成像对于 41 例冠脉血管狭窄 III 级病变的诊断效能以及高血压、糖尿病、高脂血症患者的单心跳心脏冠脉成像对于冠脉血管狭窄 III 级病变的诊断效能。以血管内超声结果作为金标准,研究单心跳心脏冠脉成像对于 41 例冠脉血管不稳定性斑块的诊断效能以及高血压、糖尿病、高脂血症患者的单心跳心脏冠脉成像对于冠脉血管狭窄 III 级病变的诊断效能。

1.2.3 分析冠脉血管狭窄以及不稳定斑块诊断效能影响因素

采取 Logistics 多因素分析造成患者冠脉血管狭窄以及冠脉血管不稳定斑块诊断效能的影响因素。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 19.0 软件包实施统计学分析,以平均值±标准差的格式代表计量数据,采用 *t* 检验。用频数(百分比)((n)%的格式代表计数数据,采用卡方检验,多因素分析,采用 Logistics 多因素分析,当 *P*<0.05 时,认为差异明显。

2 结果

2.1 单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管狭窄效能分析

本研究中,单心跳心脏冠脉成像(图 1)诊断冠脉血管狭窄Ⅲ级病变的灵敏度为 80.49%,合并高血压、糖尿病、高脂血症等,会造成单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管狭窄Ⅲ级病变的灵敏度的下降,见表 1。

2.2 单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管狭窄 ROC 曲线分析

本研究中,单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管狭窄(图 2)Ⅲ级病变的 ROC 曲线下面积为 0.771,合并高血压(AUC=0.676)、糖尿病(AUC=0.673)、高

脂血症(AUC=0.678)等,会造成单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管狭窄Ⅲ级病变的 ROC 曲线下面积下降。

2.3 单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管斑块效能分析

本研究中,单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管不稳定斑块的灵敏度为 80.21%,合并高血压、糖尿病、高脂血症等,会造成单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管不稳定斑块的灵敏度的下降,见表 2。

2.4 单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管斑块 ROC 曲线分析

本研究中,单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管不稳定斑块(图 3)的 ROC 曲线下面积为 0.775,合并高血压(AUC=0.603)、糖尿病(AUC=0.622)、高脂血症(AUC=0.631)等,会造成单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管不稳定斑块的 ROC 曲线下面积下降。

2.5 冠脉血管狭窄诊断效能多因素分析

Logistics 多因素分析结果发现,合并高血压 95%CI 1.10~1.93、糖尿病 95%CI 1.33~2.32 以及高脂血症 95%CI 1.03~2.07 均是冠脉血管狭窄诊断效能下降的影响因素(*P*<0.05),见表 3。

2.6 冠脉不稳定斑块诊断效能多因素分析

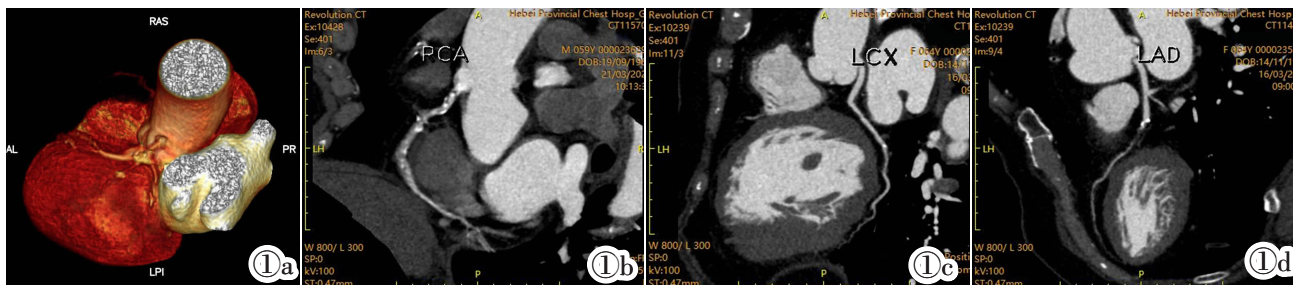


图 1 单心跳心脏冠脉成像诊断。图 1a:冠脉造影 VR 图像显示患者的冠状动脉钙化斑块的图像。图 1b:单心跳心脏冠脉成像显示的斑块以及冠状动脉狭窄情况。图 1c:单心跳心脏冠脉成像显示右冠状动脉狭窄。图 1d:单心跳心脏冠脉成像显示左回旋支狭窄。

Figure 1. Coronary imaging diagnosis of single heartbeat heart. Figure 1a: Image of the patient's coronary artery plaque shown by coronary angiography. Figure 1b: Image of plaque and coronary artery stenosis shown by coronary artery imaging of a single heartbeat heart. Figure 1c: Coronary imaging of a single heartbeat showing right coronary artery stenosis. Figure 1d: Coronary imaging of a single heartbeat showing stenosis of the left circumflex branch.

表 1 单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管狭窄效能分析

	真阳数	假阳数	真阴数	假阴数	准确率	灵敏度	特异度	阳性预测值	阴性预测值
总人群	33	12	43	8	79.17%	80.49%	78.18%	73.33%	84.31%
高血压	20	12	21	12	63.08%	62.50%	63.64%	62.50%	63.64%
糖尿病	15	5	6	7	63.64%	68.18%	54.55%	75.00%	46.15%
高脂血症	19	3	24	9	78.18%	67.86%	88.89%	86.36%	72.73%

表 2 单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管斑块效能分析

	真阳数	假阳数	真阴数	假阴数	准确率	灵敏度	特异度	阳性预测值	阴性预测值
总人群	35	13	42	6	80.21%	85.37%	76.36%	72.92%	87.50%
高血压	22	13	20	10	64.62%	68.75%	60.61%	62.86%	66.67%
糖尿病	16	6	5	6	63.64%	72.73%	45.45%	72.73%	45.45%
高脂血症	20	4	23	8	78.18%	71.43%	85.19%	83.33%	74.19%

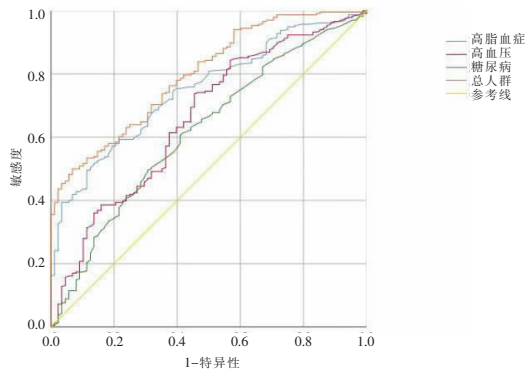


图 2 单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管狭窄效能 ROC 曲线分析。

Figure 2. ROC curve analysis of single-heartbeat coronary imaging in diagnosing coronary artery stenosis.

Logistics 多因素分析结果发现，合并高血压 95%CI 1.01~2.31、糖尿病 95%CI 1.09~2.25 以及高脂血症 95%CI 1.27~2.63 均是冠脉不稳定斑块诊断效能下降的影响因素($P<0.05$)，见表 4。

表 3 冠脉血管狭窄诊断效能多因素分析

	β	S.E.	Wald	P	OR	95%CI
高血压	1.02	2.36	1.32	0.00	1.38	1.10~1.93
糖尿病	1.06	3.27	1.33	0.00	1.63	1.33~2.32
高脂血症	0.37	4.14	1.69	0.00	1.09	1.03~2.07

表 4 冠脉不稳定斑块诊断效能多因素分析

	β	S.E.	Wald	P	OR	95%CI
高血压	0.15	3.21	1.55	0.00	1.36	1.01~2.31
糖尿病	0.19	3.41	1.49	0.00	1.25	1.09~2.25
高脂血症	0.23	3.62	1.35	0.00	1.38	1.27~2.63

3 讨论

冠心病是一种常见的心血管疾病，它通常由于冠状动脉狭窄或者是斑块形成所致^[6]。由于心脏的持续运动，常规 CT 扫描在心脏方面的应用非常有限，冠状动脉紧贴心肌，和心脏一样有非常强烈的运动，无创冠脉成像一直是 CT 检查的应用目标。心脏的运动方式比较复杂，收缩期除向心性运动外，心肌还有一定程度的旋转运动^[7]。此外，心脏的大小、形态还受呼吸深度及膈肌位置的影响而改变。256 排螺旋 CT 拥有较高的时间分辨率、空间分辨率以及低放射剂量，可在极短时间内旋转一周获取整个心动周期数据，从而极大程度减少了运动伪影的产生和干扰^[8]。因此，随着 256 排等超高端螺旋 CT 的普及使用，利用 CT 行单心跳心脏成像技术必将成为冠心病风险评估中可靠无创检查手段^[9]。

本研究中，通过对冠脉病变的狭窄程度以及血管动脉斑块稳定性的诊断效能分析，采用 CT 单心

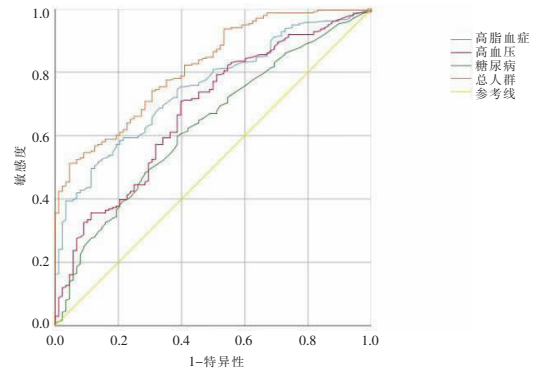


图 3 单心跳心脏冠脉成像诊断冠脉血管斑块 ROC 曲线分析。

Figure 3. ROC curve analysis of single-heartbeat coronary imaging in diagnosing coronary plaque.

跳心脏技术，其对于冠脉病变的狭窄程度以及血管动脉斑块稳定性的诊断效能均达到 80% 以上。CT 单心跳心脏技术是一种非侵入性的成像技术，可以在一次心跳内对整个心脏进行高分辨率的三维成像^[10]。具体来说，该技术使用高速旋转的 X 光束扫描患者的心脏，通过计算机对数据进行重建，形成高清晰度的图像。这种技术可以帮助医生检测心脏的结构、功能和血管病变情况^[11]。CT 单心跳心脏技术在冠心病的诊断和治疗中具有重要的临床价值。研究表明，该技术可以可靠地检测冠状动脉狭窄和斑块，并提供有关其性质和位置的详细信息^[12]。此外，在评估冠心病的严重程度和选择最佳治疗方法方面，该技术还具有很高的准确性。CT 单心跳心脏技术还可以帮助医生监测患者的疾病进展情况和治疗效果^[13]。通过反复检查，医生可以观察冠状动脉狭窄和斑块的变化，及时调整治疗方案，提高治疗效果^[14]。CT 单心跳心脏技术在冠心病的诊断和治疗中具有重要的临床价值^[15]，相比传统冠状动脉造影等侵入性检查方法，CT 单心跳心脏技术无需插管等操作，可以快速完成检查过程，减少患者不适和并发症的风险。能够提供高分辨率的三维图像，可以清晰显示冠状动脉的解剖结构、斑块形态和位置等信息，有助于评估冠状动脉粥样硬化病变的程度和范围。通过 CT 单心跳心脏技术可以测量冠状动脉内径，并使用计算机软件进行定量分析，帮助医生评估冠状动脉是否存在明显的狭窄或阻塞。检测冠状动脉钙化情况，通过计算钙化积分可以评估患者的冠状动脉粥样硬化程度和心血管风险^[16]。

在实际的诊断中，多种慢性病患者中，常伴有动脉硬化和钙化等病变，这些病变会导致冠状动脉壁增厚、密度增加，从而影响 CT 图像的质量。特别是对于钙化较重的患者，图像中可能出现伪影或阻塞，使得冠脉狭窄程度难以准确评估。心律失常或心率

不稳定的情况导致在进行 CT 单心跳心脏扫描时难以控制心率稳定。由于 CT 单心跳技术要求在一个完整的心跳周期内完成扫描,如果心率过快或不规则,可能会导致图像模糊或运动伪影^[17]。冠脉钙化可能较为普遍和严重,这可能使得 CT 图像中的钙化信息过于明显,从而影响准确评估钙化程度^[18]。

综上所述,超高端螺旋 CT 单心跳心脏技术判别冠脉狭窄和斑块性质的灵敏度均超过 80%以上,合并高血压、糖尿病以及高脂血症患者,会造成冠脉狭窄和斑块性质的判定准确性以及灵敏度的下降。

[参考文献]

- [1]李佳,孙会琼,管慧,等. 2011–2020 年黔南州居民急性冠脉事件发病和死亡流行病学特征分析 [J]. 现代预防医学, 2021, 48(24):4417–4420.
- [2]曹文琪,孙文娜,杨寒凝,等. 无创左心室压力-应变环在评估冠心病患者心肌做功中的应用 [J]. 重庆医学, 2022, 51(20):3459–3464.
- [3]孙明菲,刘婷,袁雪,等. 冠脉斑块 CT 血管造影的定性特征对预测心肌缺血的诊断价值 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32(3): 190–194.
- [4]陈韵岱. 无创功能学新技术助力精准医疗一点评《福建省冠状动脉定量血流分数临床应用专家共识》[J]. 福建医科大学学报, 2022, 56(4):281.
- [5]中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分会,等. 稳定性冠心病基层诊疗指南(2020 年)[J]. 中华全科医师杂志, 2021, 20(3):265–273.
- [6]Bas S, Alkara U, Aliyev B. Evaluation of complex congenital heart disease with prospective ECG-gated cardiac CT in a single heartbeat at low tube voltage(70 kV) and adaptive statistical iterative reconstruction in infants: a single center experience[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2022, 38(2): 413–422.
- [7]Lemos M, Fogaca da Mata M, Coutinho Santos A. Double aortic arch: an elusive diagnosis in a child with CHD [J]. Cardiol Young, 2022, 32(1): 113–115.
- [8]Wang ZR, Song TT, YU D. Quantitative Assessment of Left Ventricular Function of Coronary Atherosclerotic Heart Disease with 640-Slice Dynamic Volume CT in Comparison to Echocardiography[J]. J Med Imaging Health Inform, 2021, 11(5): 1378–1383.
- [9]Chiariello GA, Vahdat O, Brugiare E, et al. Single pulmonary valve cusp agenesis first detected by computed tomography reconstruction[J]. Cardiol Young, 2021, 31(10): 1682–1683.
- [10]薛瑞佳,任子龙,王静,等. 阻塞性冠心病合并糖尿病的冠状动脉 CT 血管成像和心肌灌注特征研究[J]. 实用放射学杂志, 2022, 38(11):1784–1789.
- [11]庞智英,杨飞,苏亚英,等. 冠状动脉 CT 血管成像联合基于 CT 的血流储备分数预测阻塞性冠心病主要不良心脏事件的价值[J]. 实用医学杂志, 2021, 37(20):2675–2680.
- [12]黄涛,何其舟,张艳丽,等. 双源 CT 自适应前瞻性心电门控在老年冠心病患者冠脉成像中的应用 [J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(3):459–462.
- [13]Zhu SZ, Tan JX, Wu DD, et al. Bilateral coracohumeral distance discrepancy is associated with subscapularis tear in rotator cuff rupture patients [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2021, 29(12): 3936–3942.
- [14]Xie W, Yao ZY, Ji EC, et al. Artificial Intelligence-based Computed Tomography Processing Framework for Surgical Telementoring of Congenital Heart Disease[J]. ACM J Emerg Technol Comput Syst, 2021, 17(4): 601–624.
- [15]Mowers KL, Fullerton JB, Hicks D, et al. 3D Echocardiography Provides Highly Accurate 3D Printed Models in Congenital Heart Disease[J]. Pediatr Cardiol, 2021, 42(1): 131–141.
- [16]Seckeler MD, Boe BA, Barber BJ, et al. Use of rotational angiography in congenital cardiac catheterisations to generate three-dimensional-printed models[J]. Cardiol Young, 2021, 31(9): 1407–1411.
- [17]复杂冠心病血运重建心脏团队决策研究协作组. 复杂冠心病血运重建策略内外科专家共识 [J]. 中国循环杂志, 2022, 37(11): 1073–1085.
- [18]蒋文溪,于雪. CT 血流储备分数对冠心病诊疗的指导价值[J]. 心肺血管病杂志, 2022, 41(1):98–102.