

冠状动脉 CTA: 斑块特征定量参数与血流储备分数的相关性分析

张晓蕾, 唐春香, 李建华, 刘春雨, 周长圣, 陆梦洁, 张龙江

【摘要】 目的:基于冠状动脉 CT 血管成像(CCTA)探讨斑块特征定量参数值与血流储备分数(FFR_{CT})测量值的相关性。**方法:**回顾性分析行 CCTA 和有创 FFR 检查的 38 例患者共 50 支血管的资料。测量斑块的特征参数(斑块长度、斑块总体积、钙化斑块体积、脂质斑块体积、纤维斑块体积、狭窄程度、最小管腔面积、重塑指数、偏心指数)和 FFR_{CT} 值, FFR_{CT} ≤ 0.80 定义为冠状动脉缺血特异性病变。结合冠状动脉造影和 FFR 确定的斑块并依据 FFR_{CT} 值将其分为 FFR_{CT} > 0.80 组和 FFR_{CT} ≤ 0.80 组。采用 Mann-Whitney 非参数检验和两独立样本 *t* 检验比较两组中斑块特征参数的差异性。**结果:**与 FFR_{CT} > 0.80 组相比, FFR_{CT} ≤ 0.80 组中斑块更长[(45.39 ± 14.03) vs (32.51 ± 12.26) mm, *P* = 0.004], 斑块总体积[335.55(209.90, 561.74) vs 206.93(147.70, 262.84) mm³, *P* = 0.008]、纤维斑块体积[263.13(112.63, 436.20) vs 149.71(88.88, 177.97) mm³, *P* = 0.013]及脂质斑块体积[23.78(9.84, 34.09) vs 3.06(0.89, 7.64) mm³, *P* = 0.001]更大。**结论:**斑块定量特征参数中斑块长度、斑块总体积、脂质斑块体积和纤维斑块体积是影响冠脉血流储备分数的主要因素。

【关键词】 冠状动脉; 斑块; 体层摄影术, X 线计算机; 血管成像; 血流储备分数

【中图分类号】 R814.42; R543.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2018)12-1261-05

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.12.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Correlation analysis of quantitative coronary artery plaque features with FFR_{CT} values in coronary CT angiography ZHANG Xiao-lei, TANG Chun-xiang, LI Jian-hua, et al. Department of Medical Imaging, Jinling Hospital, Medical School of Nanjing University/Nanjing General Hospital, Nanjing Military Command, Nanjing 210002, China

【Abstract】 Objective: To evaluate the correlation of quantitative coronary plaque features with non-invasive fractional flow reserve (FFR) derived from coronary CT angiography (FFR_{CT}) in patients with suspected or known coronary artery disease. **Methods:** Thirty eight patients (50 vessels) who underwent both CCTA and invasive FFR examinations were included in this study retrospectively. Quantitative coronary plaque features, including plaque length, total plaque volume, calcified plaque volume, lipid plaque volume, fibrotic plaque volume, degree of stenosis, minimum lumen area, remodeling index and eccentricity index, and FFR_{CT} values were measured. FFR_{CT} value ≤ 0.80 was defined as ischemia specific lesion. Thus, the vessels were classified into FFR_{CT} > 0.80 group and FFR_{CT} ≤ 0.80 group. Mann-Whitney non-parameter test and two independent *t*-test were used for statistical analysis. **Results:** Longer plaque length [(45.39 ± 14.03) mm vs (32.51 ± 12.26) mm, *P* = 0.004], and larger total plaque volume [335.55 (209.90, 561.74) vs 206.93 (147.70, 262.8) mm³, *P* = 0.008], fibrotic plaque volume [263.13 (112.63, 436.20) vs 149.71 (88.88, 177.97) mm³, *P* = 0.013) and lipid plaque volume [23.78 (9.84, 34.09) vs 3.06 (0.89, 7.64) mm³, *P* = 0.001] were found with significant difference in the group of FFR_{CT} ≤ 0.80 than those in the group of FFR_{CT} > 0.80. **Conclusion:** Quantitative coronary plaque features, especially plaque length, total plaque volume, lipid plaque volume and fibrotic plaque volume are the main risk factors for abnormal FFR_{CT} values.

【Key words】 Coronary CT angiography; Fractional flow reserve; Plaque quantification

作者单位: 210002 南京, 南京大学医学院附属金陵医院/南京军区南京总医院医学影像科(张晓蕾、唐春香、刘春雨、周长圣、陆梦洁、张龙江), 心内科(李建华)

作者简介: 张晓蕾(1988-), 女, 江苏东海人, 住院医师, 主要从事冠状动脉斑块影像诊断和研究工作。

通讯作者: 张龙江, E-mail: kevinzhj@163.com

基金项目: 国家重点研发计划支持项目(2017YFC0113400)

冠状动脉 CT 血管成像 (coronary computed tomography angiography, CCTA) 已成为诊断冠心病的重要方法, 然而常规 CCTA 只能了解冠状动脉解剖学管腔的狭窄程度, 不能准确判定狭窄是否导致血流动力学异常并引发心肌缺血。目前冠状动脉造影结合血流储备分数 (fractional flow reserve, FFR) 值的测量是诊断冠状动脉狭窄病变引起的血流动力学异常的金标准^[1], 有较多研究将 $FFR \leq 0.80$ 作为指导介入治疗及评估预后的指标^[2-3]。但传统的 FFR 测量方法为有创检查, 且费用较高, 使其临床应用受到一定限制。近年来, 基于 CCTA 的无创性 FFR (fractional flow reserve derived from CCTA, FFR_{CT}) 测量技术应用越来越广泛。多项研究证实 FFR_{CT} 对诊断缺血性冠状动脉狭窄具有较高的敏感性、特异性和准确性^[4-5], 且与有创性 FFR 测量值间的一致性较高^[6]。传统观念认为冠状动脉严重狭窄即可提示心肌缺血, 但越来越多的研究发现狭窄严重程度与缺血之间存在不一致性, 约一半以上阻塞性冠状动脉疾病并未引起心肌缺血^[7], 而非阻塞性病变也可以导致心肌缺血^[8]。最近, 有研究者将 CCTA 图像经过精细的手动分割后分析斑块特征并与血管内超声对比, 结果显示动脉粥样硬化斑块的特征, 如坏死核心、斑点钙化或正性重塑与心肌缺血密切相关, 而与腔内狭窄的程度无关^[8-9]。因此冠状动脉粥样硬化斑块的特征可作为冠状动脉狭窄与局部心肌缺血之间的潜在联系^[10], 但斑块特征对于 FFR_{CT} 判断心肌缺血的影响尚未见文献报道。本研究中以有创 FFR 测量值为诊断标准, 旨在探讨冠状动脉斑块特征定量参数与 FFR_{CT} 测量值的相关性。

材料与方法

1. 一般资料

回顾性搜集 2009 年 1 月—2017 年 6 月在我院行 CCTA 和有创 FFR 检查的 39 例患者的病例资料, 1 例患者的 CCTA 图像质量差 (运动伪影) 而被剔除, 最终将 38 例患者纳入本研究。其中女 13 例, 男 25 例, 年龄 42~83 岁, 平均 (60.5±9.3) 岁。38 例中 30 例患者有胸闷、胸痛症状, 29 例患者有高血压病史, 13 例患者有高血脂症, 10 例有糖尿病史, 13 例有吸烟史。

2. 检查方案和数据测量

使用 Siemens Somatom Definition (6 例) 或 Flash (32 例) 双源 CT 扫描仪和前瞻性心电门控技术。扫描前 2~3 min 所有受检者舌下含服硝酸甘油片以扩张冠状动脉。先扫描定位像来确定扫描范围, 随后使用双筒高压注射器向患者外周静脉内注射非离子型对比剂优维显 60 mL (370 mg I/mL), 注射速率 4.5~5.0 mL/s; 应用人工智能触发扫描系统确定延迟时间

(将感兴趣区设置在升主动脉, 当其 CT 值达到 100 HU 时即触发扫描)。CT 扫描参数: 120 kV, 280 mA, 准直器宽度 $64 \times 2 \times 0.6$ mm, 层厚 0.75 mm, 机架旋转时间 0.28 s, 球管旋转时间 0.33 s/r。

FFR 值的测量: 测量 FFR 值是在冠状动脉造影时进行, 术中向冠状动脉远端推送压力导丝, 使压力感受器通过狭窄病变段而尽可能到达其远端, 注射腺苷使血管达到最大扩张状态, 通过压力导丝测量冠状动脉狭窄处远端管腔内的压力, 并记录指引导管同步测得的主动脉压力, 两者的比值即为 FFR 值, 以 $FFR \leq 0.80$ 作为心肌缺血的诊断标准^[2]。

FFR_{CT} 值的测量: 基于 CCTA 扫描数据, 选取收缩期或舒张期图像中质量最好的一期图像, 使用 Siemens 工作站 cFFR 软件 (version 3.0.0) 经计算获得冠脉的 FFR_{CT} 值。cFFR 软件采用深度机器学习模型来预测冠状动脉的 FFR_{CT} 值。深度机器学习模型不同于以往的物理血流动力学模型, 它通过生成 12000 种不同的冠状动脉解剖特征, 结合随机模拟的放置在不同分支及分叉处的狭窄以及所有位置处的 FFR_{CT} 值进行训练, 此模型通过分析不同的解剖特征与对应处的 FFR_{CT} 值之间的关系来进行学习和记忆。模型训练中的 FFR_{CT} 值是根据降阶 (1-维) 的 Navier-Stokes 方程计算流体力学特征而得。训练结束后, 当输入新的 CCTA 数据后, 此模型会基于此前深度学习积累的数据特征, 迅速推算出相应的 FFR_{CT} 值。将具有高图像质量的 CCTA 数据导入 cFFR 软件后, 该软件会自动提取冠状动脉树的中心线及管腔, 若自动提取不满意时, 可手动修改。当操作者认可了软件提取的全部中心线和管腔后, 则会自动显示伪彩色的冠状动脉树, 不同颜色代表不同的 FFR_{CT} 数值。由一位影像科医师 (有 3 年 CCTA 相关工作经验) 对所有患者的冠脉 FFR_{CT} 值进行测量, 根据有创法测量每支血管 (管径 ≥ 2 mm) 的 FFR 值时所选取的位置, 在 CCTA 图像上选取对应位置进行 FFR_{CT} 值的测量。以 $FFR_{CT} \leq 0.80$ 作为诊断心肌缺血的标准^[6,11]。

斑块特征的定量分析: 应用 Siemens 工作站 Frontier Version 4.0 中 Coronary Plaque Analysis 4.2.1 软件对测量了 FFR 值的相应冠状动脉内的斑块 (长度 ≥ 2 mm 者) 进行斑块特征分析, 由一位影像科医师 (3 年 CCTA 相关工作经验) 进行操作和测量, 并由另外一位高年资医师对测量过程中选取的管腔中心线及斑块内外壁是否正确进行审核。不同性质的斑块通过三种伪彩色进行标识 (脂质斑块为蓝色, 纤维斑块为绿色, 钙化斑块为黄色)。根据冠状动脉的三大分支以及美国心脏病协会的冠脉分段方法对斑块的位置进行标注, 并注明是否存在“餐巾环”征, 生成斑块分析报

告(图 1)。斑块特征定量分析指标包括斑块长度、斑块总体积、钙化斑块体积、脂质斑块体积、纤维斑块体积、狭窄程度、最小管腔面积、重塑指数和偏心指数。斑块长度是指沿着冠脉走向自斑块起始处至斑块远端的长度。斑块总体积为斑块内的钙化斑块、脂质斑块和纤维斑块的体积之和。钙化斑块体积指 CT 值 >190 HU 且 <950 HU 的斑块体积。脂质斑块体积指 CT 值 >-100 HU 且 <30 HU 的斑块体积。纤维斑块体积指 CT 值在 $30\sim 190$ HU 的斑块体积。最小管腔面积即斑块所在处血管腔最狭窄处的管腔面积。按照以下公式分别计算冠脉的狭窄程度、重塑指数(remodeling index, RI)和偏心指数(eccentricity index, EI):

$$\text{狭窄程度} = \frac{\text{近端正常管腔面积} - \text{最窄处管腔面积}}{\text{近端正常管腔面积}} \quad (1)$$

$$\text{重塑指数} = \frac{\text{冠状动脉最狭窄处的管腔面积} \times 2}{\text{近端正常管腔面积} + \text{远端管腔面积}} \quad (2)$$

$$\text{偏心指数} = \frac{\text{狭窄病变的中心到血管壁外侧的最大距离} - \text{最小距离}}{\text{最大距离}} \quad (3)$$

3. 统计学方法

使用 SPSS 23.0 软件对数据进行统计学分析。以 FFR_{CT} 值为依据将 50 支观察血管分为 $\text{FFR}_{\text{CT}} > 0.80$ 组和 $\text{FFR}_{\text{CT}} \leq 0.80$ 组。正态分布的计量资料采用均数 \pm 标准差表示,非正态分布的计量资料用中位数(上四分位数,下四分位数)表示;计数资料采用例数和百分比表示。两组计量资料的比较,先对数据进行正态性检验(以 0.1 作为检验水准进行 Shapiro-Wilk 检验),当数据不服从正态分布时采用 Mann-Whitney 非参数检验,当数据服从正态分布时进行方差齐性检验(以 0.1 作为检验水准进行 Levene 检验),当方差齐性时采用两独立样本 t 检验,方差不齐时采用 Satterthwaite 校正 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1. 基本临床资料

38 例患者共有 50 支冠脉血管进行了观察和分析,包括右冠状动脉主干 7 支、左冠脉前降支 35 支、左回旋支 4 支、对角支 2 支、左室后支 1 支和后降支 1 支。50 支血管的 FFR_{CT} 值为 $0.67\sim 0.98$,中位数为 0.85 ; $\text{FFR}_{\text{CT}} > 0.80$ 组共 39 支血管, $\text{FFR}_{\text{CT}} \leq 0.80$ 组共 11 支血管。

2. 斑块特征对 FFR_{CT} 值的影响

两组中斑块特征定量参数值及统计分析结果见表 1。共 9 项定量参数中斑块长度($P=0.004$)、斑块总体积($P=0.008$)、脂质斑块体积($P=0.001$)以及纤维斑块体积($P=0.013$)这 4 项参数的组间差异具有统计学意义。

讨论

本研究以冠状动脉血管造影测量的 FFR 值作为金标准,分析冠状动脉斑块定量特征与 FFR_{CT} 值间的相关性。在前期的相关研究中已证实 FFR_{CT} 与 FFR 值之间具有良好的一致性^[12]。因 FFR 值的测量方法为有创性检查,限制了其临床应用,因此本研究中根据 FFR_{CT} 值对病变血管进行分组,具有重要的临床意义。本研究结果显示,斑块长度、斑块总体积、脂质斑块体积和纤维斑块体积是 FFR_{CT} 值的主要影响因素,提示除冠状动脉狭窄以外,斑块成分是影响心肌缺血的主要因素。

基于 CCTA 的冠状动脉 FFR_{CT} 测量作为一种新的无创性测量方法,与冠脉造影 FFR 测量值间具有良好的一致性^[6,11]。以往应用比较多的是基于流体力学分析方法计算的 FFR_{CT} (如 HeartFlow 软件, Redwood

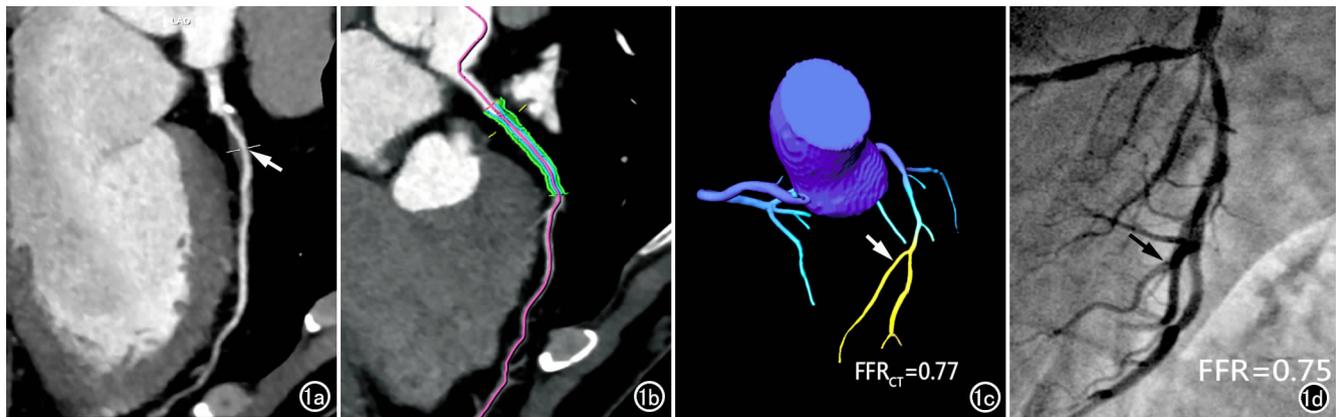


图 1 左冠脉近段狭窄患者。a) CTA 多平面重组图像,示左冠状动脉前降支近段易损斑块,管腔中度狭窄(箭); b) 斑块分析显示左冠状动脉前降支脂质斑块(蓝色)的体积 33.95mm^3 ,纤维斑块(绿色)的体积 324.18mm^3 ,钙化斑块(黄色)的体积 38.78mm^3 ; c) 测量左冠状动脉前降支中段 FFR_{CT} 值为 0.77 (箭); d) 冠状动脉造影显示左冠状动脉前降支近段管腔狭窄达 70% (箭),测得 FFR 值为 0.75 。

表 1 两组中斑块特征的定量参数值及对比分析

参数	FFR _{CT} >0.8 组 (n=39)	FFR _{CT} ≤0.8 组 (n=11)	Z/t 值	P 值
狭窄程度(%)	66.00(54.00,81.00)	86.00(62.00,88.00)	1.242	0.214
斑块长度(mm)	32.51±12.26	45.39±14.03	2.984	0.004
斑块总体积(mm ³)	206.93(147.70,262.84)	335.55(209.90,561.74)	2.635	0.008
钙化斑块体积(mm ³)	36.47(16.52,92.62)	43.1(31.79,115.14)	1.089	0.276
脂质斑块体积(mm ³)	3.06(0.89,7.64)	23.78(9.84,34.09)	3.408	0.001
纤维斑块体积(mm ³)	149.71(88.88,177.97)	263.13(112.63,436.20)	2.494	0.013
最小管腔面积(mm ²)	2.75(1.43,6.41)	2.18(0.19,3.26)	1.780	0.075
重塑指数	0.95(0.55,1.26)	0.97(0.65,86.54)	1.042	0.297
偏心指数	0.35(0.24,0.53)	0.50(0.31,0.66)	0.855	0.392

注:斑块长度的对应统计量为 *t* 值,其它参数的对应统计量为 *Z* 值。

City, California), 其在冠状动脉缺血性疾病中的诊断准确性已得到证实^[13]。本研究中采用基于深度学习模型 cFFR 软件来测量 FFR_{CT} 值, cFFR 软件可以迅速(平均 2.4s) 获得 FFR_{CT} 值, 可重复测量, 所测得的 FFR_{CT} 值与基于冠脉造影检查测得的 FFR 值间具有较好的一致性^[8,14]。另外, 对斑块特征的分析基于半自动的斑块定量测量, 通过分析这些特征与 FFR_{CT} 值的相关性, 进一步预测该病变血管是否伴有心肌缺血的可能性。

以往多项研究^[9,11,13,15,16] 已证实冠状动脉粥样硬化斑块特征与心肌缺血之间的相关性。冠状动脉粥样硬化斑块中脂质斑块体积较大解释了冠状动脉狭窄程度与心肌缺血之间不匹配的原因^[11]。脂质斑块的特征是存在坏死核心^[17]。含有坏死核心的斑块是引起心肌梗死以及心源性猝死的主要原因^[15-16,18]。因此, 本研究及其他研究结果提示脂质斑块与缺血间的密切关系。DeFACTO 多中心研究表明斑块体积百分比、低密度非钙化斑块、斑块长度均可提示心肌缺血^[11]。Gaur 等^[19] 研究入组了 254 例患者的 484 支血管(均进行了有创 FFR 测定、FFR_{CT} 测定以及斑块特征分析), 结果显示低密度非钙化斑块体积 ≥ 30 mm³, 非钙化性斑块体积 ≥ 185 mm³, 斑块总体积 ≥ 195 mm³, 斑块长度 ≥ 30 mm, 均提示 FFR ≤ 0.80, 其中低密度非钙化斑块体积 ≥ 30 mm³ 可作为独立危险因素。Naya 等^[20] 的报道称斑块长度、成分及重塑指数与缺血之间并无相关性。本研究中发现斑块长度、斑块总体积、脂质斑块体积(即低密度非钙化斑块体积)、纤维斑块体积是 FFR_{CT} 值的影响因素, 与其他研究结果存在一定差异, 主要原因可能在于纳入的样本量较小及斑块的多样性的差异, 这需要以后进一步增大样本量及更多样的斑块特征进行深入研究来证实。

本研究不足之处: ①本研究纳入的病例数较少, 研究结果显示斑块长度、斑块总体积、脂质斑块体积、纤维斑块体积对于 FFR_{CT} 值的影响, 有可能存在一定偏倚, 扩大样本量进行深入研究仍是非常必要的; ②本研

究以血管为研究单位并针对有 FFR 测量值的血管, 对于存在斑块而未进行 FFR 测量的其它冠状动脉血管并未研究。③斑块特征分析中脂质斑块与纤维斑块的区分仅依据其 CT 值的高低, 在判别斑块类型的准确性方面有待进一步完善。④本研究未针对 cFFR 的准确性开展研究, 然而 cFFR 的准确性已经在前期相关研究中得到验证^[12]。

总之, 本研究显示定量的冠状动脉斑块特征, 尤其是斑块长度、斑块总体积、脂质斑块体积、纤维斑块体积是 FFR_{CT} 值的主要影响因素。然而由于本研究病例数较少, 仍需要积累更多病例进一步证实本研究发现。

参考文献:

- [1] Kern MJ, Samady H. Current concepts of integrated coronary physiology in the catheterization laboratory[J]. J Am Coll Cardiol, 2010, 55(3): 173-185.
- [2] de Bruyne B, Pijls NH, Kalesan B, et al. Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease[J]. N Engl J Med, 2012, 372(1): 991-1001.
- [3] Barbato E, Toth GG, Johnson NP, et al. A prospective natural history study of coronary atherosclerosis using fractional flow reserve[J]. J Am Coll Cardiol, 2016, 68(21): 2247-2255.
- [4] Christopher MC, Ricardo P, Matthew J, et al. Diagnostic accuracy of computed tomography-derived fractional flow reserve: A systematic review[J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 2(7): 803-810.
- [5] Kruk M, Wardziak L, Demkow M, et al. Workstation-based calculation of CTA-based FFR for intermediate stenosis[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2016, 9(6): 690-699.
- [6] Koo BK, Erglis A, Doh JH, et al. Diagnosis of ischemia causing coronary stenoses by noninvasive fractional flow reserve computed from coronary computed tomographic angiograms: results from the prospective multicenter DISCOVER-FLOW (diagnosis of Ischemia: causing stenoses obtained via noninvasive fractional flow reserve) study[J]. J Am Coll Cardiol, 2011, 58(19): 1989-1997.
- [7] Itu L, Rapaka S, Passerini T, et al. A machine-learning approach for computation of fractional flow reserve from coronary computed tomography[J]. J Appl Physiol, 2016, 121(1): 42-52.
- [8] Tesche C, de Cecco CN, Albrecht MH, et al. Coronary CT angiography-derived fractional flow reserve[J]. Radiology, 2017, 285

- (1);17-33.
- [9] Tesche C, De Cecco CN, Baumann S, et al. Coronary CT angiography-derived fractional flow reserve; machine learning algorithm versus computational fluid dynamics modeling [J]. *Radiology*, 2018, 288(1):64-72.
- [10] Meijboom WB, van Mieghem CA, van Pelt N, et al. Comprehensive assessment of coronary artery stenoses; computed tomography coronary angiography versus conventional coronary angiography and correlation with fractional flow reserve in patients with stable angina [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2008, 52(8):636-643.
- [11] Park HB, Ran H, Hartaigh B, et al. Atherosclerotic plaque characteristics by CT angiography identify coronary lesions that cause ischemia; a direct comparison to fractional flow reserve [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2015, 8(1):1-10.
- [12] 刘春雨, 李建华, 唐春香, 等. 钙化对 FFR_{CT} 诊断冠状动脉疾病准确性影响的研究 [J]. *国际医学放射学杂志*, 2018, 41(3):277-281.
- [13] Nakazato R, Shalev A, Doh JH, et al. Aggregate plaque volume by coronary computed tomography angiography is superior and incremental to luminal narrowing for diagnosis of ischemic lesions of intermediate stenosis severity [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 62(5):460-467.
- [14] Ahmadi A, Kini A, Narula J. Discordance between ischemia and stenosis, or PINSS and NIPSS; are we ready for new vocabulary [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2015, 8(1):111-114.
- [15] Shmilovich H, Cheng VY, Tamarappoo BK, et al. Vulnerable plaque features on coronary CT angiography as markers of inducible regional myocardial hypoperfusion from severe coronary artery stenoses [J]. *Atherosclerosis*, 2011, 219(2):588-595.
- [16] 齐琳, 毛定飏, 滑炎卿. 急性冠脉综合征肇事斑块的 CT 特征 [J]. *放射学实践*, 2012, 27(11):1164-1167.
- [17] Norgaard BL, Leipsic J, Gaur S, et al. Diagnostic performance of noninvasive fractional flow reserve derived from coronary computed tomography angiography in suspected coronary artery disease the NXT trial (Analysis of Coronary Blood Flow Using CT Angiography; Next Steps) [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(12):1145-1155.
- [18] Stone GW, Maehara A, Lansky AJ, et al. A prospective natural-history study of coronary atherosclerosis [J]. *N Engl J Med*, 2011, 364(3):226-235.
- [19] Gaur S, Øvrehus KA, Dey D, et al. Coronary plaque quantification and fractional flow reserve by coronary computed tomography angiography identify ischaemia-causing lesions [J]. *Eur Heart J*, 2016, 37(15):1220-1227.
- [20] Naya M, Murthy VL, Blankstein R, et al. Quantitative relationship between the extent and morphology of coronary atherosclerotic plaque and downstream myocardial perfusion [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 58(17):1807-1816.

(收稿日期:2018-05-30 修回日期:2018-09-25)

关于开放科学标识(OSID)码告《放射学实践》杂志作者和读者书

《放射学实践》杂志自 2018 年 4 月起正式加入 OSID 开放科学计划。通过在杂志每篇论文上添加开放科学(资源服务)标识码(Open Science Identity, OSID),为读者和作者们提供增值服务。每一篇被纳入 OSID 开放科学计划的论文,将匹配一个专属的 OSID 识别码。此码就如同一个具有交互功能的论文“身份证”,给作者提供了更好地与业界同伴交流成果的途径。

OSID 码中包含以下 5 项内容:①作者介绍论文的语音(不超过 1 分钟);②作者与读者在线交流;③作者与读者互动交流精选问答合集;④作者本篇论文的读者圈;⑤论文附加说明(可选择上传论文相关图片或视频)。其中,作者介绍论文的语音是 OSID 识别码必须包含的内容;论文附加说明中,可上传论文相关图片或视频,这为弥补纸刊载体承载内容的局限性提供了一种有效途径。这 5 项互动内容,让作者的论文转换成知识工作者互动、交流的载体平台,使论文变得与众不同,从而提升论文的阅读量和下载量和引用率,并促进学术交流。上传论文的语音介绍,是一种传播作者学术成果的途径,能更好地展现作者的研究成果,提升作者的影响力和学术评价。

同时,我们会为每篇论文的作者开通一个 OSID 开放科学作者账号,并通过邮件告知作者。作者通过微信扫描邮件中的二维码并关注公众号“SAYS 管理平台”,上传对所著论文的 1 分钟语音介绍,以及附加说明(实验过程、推演数据、图像、视频等),完成本刊稿件录取、发表之前的最后一步。登陆作者账号后,作者即刻拥有所著论文的读者圈和问答,可与读者进行交流互动(读者只需在微信上扫 OSID 码,即可直接向作者提问或互动沟通)。

如您有任何疑问,请咨询工作人员 刘琦(电话:18062026009;微信/QQ:249115562)

董盈盈(电话:15623095186;QQ:2368705356;微信号:UED-Test1)

感谢您对本刊的支持,欢迎继续赐稿!

《放射学实践》杂志社