

【DOI】 10.3969 / j. issn. 1671-6450. 2024. 03. 004

心血管疾病专题

血管内超声测定定量血流分数对临界病变冠状动脉介入手术策略的价值

李军, 马晓海, 邱威

作者单位: 100029 首都医科大学附属北京安贞医院介入诊疗科

通信作者: 马晓海, E-mail: maxi8238@ yahoo. com



【摘要】 目的 结合血管内超声结果分析定量血流分数在评估冠状动脉中重度狭窄及介入手术策略的指导价值。方法 回顾性收集 2022 年 2—10 月在北京安贞医院住院行冠状动脉造影(CA)和/或经皮冠状动脉介入治疗(PCI)并接受靶血管血管内超声检查(IVUS)的患者 110 例,基于 IVUS 结果定量测定靶血管最小管腔面积(MLA)和斑块负荷(PB)等参数。利用患者的冠状动脉造影图像数据,对接受治疗的靶病变血管计算定量血流分数(QFR)。以 IVUS 结果为依据,评价 QFR 对血管病变程度的诊断及对行介入手术策略的价值。结果 筛选临界病变并行 IVUS 检查 110 例,其中 IVUS 图像伪影严重 13 例,血管严重迂曲 18 例,造影显示全程病变或图像质量不佳 24 例,最终共计入组患者 55 例、靶血管 55 支。以 IVUS 管腔面积 $\leq 3 \text{ mm}^2$ 或 IVUS 管腔面积 $\leq 4 \text{ mm}^2$ 并且 IVUS 斑块负荷 $\geq 70\%$,作为血管显著狭窄引起心肌缺血的诊断标准。患者 QFR 值为 0.75 ± 0.12 , MLA 为 $(3.32 \pm 0.74) \text{ mm}^2$, PB 为 $(70 \pm 9)\%$ 。QFR 值 ≤ 0.800 时与 IVUS 评价冠状动脉狭窄缺血的一致性良好(Kappa = 0.656, $P < 0.01$, 95% CI 0.452 ~ 0.860)。QFR 的敏感度为 0.853, 特异度为 0.810, 阳性预测值为 87.9%, 阴性预测值为 77.3%; MLA 和 QFR 值之间存在中度正相关关系($r = 0.566, P < 0.01$)。PB 和 QFR 值之间存在轻度负相关关系($r = -0.371, P < 0.01$)。结论 QFR 对冠脉临界病变狭窄治疗决策的指导具有良好的诊断意义。

【关键词】 定量血流分数; 血管内超声; 冠状动脉造影; 血流储备分数; 心肌缺血**【中图分类号】** R445.1**【文献标识码】** A

The value of quantitative flow ratio determined by intravascular ultrasound for critical lesions coronary intervention strategy Li Jun, Ma Xiaohai, Qiu Wei. Interventional Diagnosis and Treatment Department, Beijing Anzhen Hospital, Beijing 100029, China

Corresponding author: Ma Xiaohai, E-mail: maxi8238@ yahoo. com

【Abstract】 Objective To analyze the value of quantitative flow ratio in the evaluation of moderate-to-severe coronary artery stenosis and the interventional strategy in conjunction with the results of intravascular ultrasound. **Methods** A total of 55 patients admitted to Beijing Anzhen Hospital for coronary angiography or percutaneous coronary intervention and intravascular ultrasound guidance were retrospectively collected. The minimum lumen area (MLA) and plaque burden (PB) measured by intravascular ultrasound were collected. The data of coronary angiography were used to calculate the quantitative flow Ratio of the treated target vessels. Based on intravascular ultrasound, to evaluate the value of quantitative flow ratio in the diagnosis of vascular disease and the guidance of interventional surgery strategy. **Results** 110 cases of critical lesions were screened and examined by IVUS, of which 13 cases had serious artifacts in IVUS images, 18 cases had serious tortuous vessels, and 24 cases had full lesions or poor image quality, and 55 patients and 55 target vessels were enrolled in the final study. The diagnostic criteria for myocardial ischemia due to significant stenosis were IVUS lumen area $\leq 3 \text{ mm}^2$ or IVUS lumen area $\leq 4 \text{ mm}^2$ and IVUS plaque load $\geq 70\%$. The QFR value of 0.75 ± 0.12 , MLA $(3.32 \pm 0.74) \text{ mm}^2$, and PB $(70 \pm 9)\%$. QFR values ≤ 0.80 were in good agreement with IVUS for evaluating coronary artery stenosis ischemia (Kappa = 0.656, $P < 0.01$, 95% CI 0.452 - 0.860). The sensitivity of QFR was 0.853, specificity was 0.810, positive predictive value was 87.9%, negative predictive value was 77.3%; there was a moderate positive correlation between MLA and QFR values ($r = 0.566, P < 0.01$). There was a slight negative correlation between PB and QFR values ($r = -0.371, P < 0.01$). **Conclusions** QFR has good diagnostic significance in guiding the treatment decision of coronary critical lesion stenosis.

【Key words】 Quantitative flow ratio; Intravascular ultrasound; Coronary angiography; Flow reserve fraction; Myocardial ischemia

冠状动脉造影(coronary angiography, CA) 只能反映血管腔造影剂填充的轮廓,当病变偏向管腔一侧或呈不规则形状,造影投照的局限性就会体现出来,CA 的“金标准”也受到质疑^[1]。血管内超声(intravascular ultrasound, IVUS) 能够精确测定管腔面积判断病变性质及狭窄程度,以管腔面积 $\leq 3 \text{ mm}^2$ 或 IVUS 管腔面积 $\leq 4 \text{ mm}^2$ 并且斑块负荷 $\geq 70\%$ 作为血管显著狭窄引起心肌缺血的诊断标准,对提高冠状动脉病变的认知和指导介入治疗方面起到至关重要的作用^[2-3]。因此,越来越多的心内科医师把血管内超声作为介入手术指导策略的金标准。定量血流分数(quantitative flow ratio, QFR) 测量系统基于冠状动脉血管造影的影像定量计算获得,用于患者冠状动脉病变血管的功能学评价。QFR 反映临床当前情况下心肌灌注/缺血程度,帮助临床医师识别冠状动脉病变,评估狭窄是否导致冠状动脉下游心肌缺血,越来越多心内科医师将其视为冠状动脉功能学诊断标准。

本研究旨在以 IVUS 作为金标准,探究无创的 QFR 系统评价冠状动脉临界狭窄,分析对行经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI) 手术策略的诊断价值,报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性分析首都医科大学附属北京安贞医院 2022 年 2—10 月在导管室完成 CA,并对靶病变血管进行 IVUS 检查或 PCI 手术的患者 110 例。

排除标准:(1) 冠状动脉开口病变;(2) 全程弥漫病变;(3) 血管严重迂曲;(4) 造影导管与冠状动脉开口同轴不良,造影剂未能团注。

1.2 冠状动脉造影及 PCI 治疗 冠状动脉造影术均在医院导管室完成,首先将导管经患者桡动脉插入,送达左、右冠状动脉开口,并向冠状动脉注射造影剂,在 X 线透视下,使冠状动脉显影,从而清楚地反映冠状动脉狭窄病变的位置、程度、范围和数量等(图 1A)。在不同体位下的血管显影,可以准确客观地诊断血管狭窄情况。在确定狭窄需要治疗时进行 PCI 手术,包括经皮冠状动脉腔内成形术(percutaneous transluminal coronary angioplasty, PTCA) 和经皮冠状动脉支架植入术(percutaneous coronary stent implantation, PCSI)。PTCA 是将特制的球囊导管送达病变处进行扩张,使狭窄的血管扩张成形,之后再将其送至狭窄部位释放,以避免再次阻塞,使血流通畅,顺利地心肌供血。

1.3 IVUS 检查方法和测量指标 所有患者 IVUS 测定均参照美国心脏病学会制定的 IVUS 测定技术标准^[4]。采用波士顿公司生产的 OptiCross HD 60MHz

冠状动脉成像导管,置入目标血管病变以远至少 10 mm 处,注入硝酸甘油 200 μg ,然后以 0.5 mm/s 速度自动撤回,同时记录图像,分别由 2 位有经验的医师测量最小管腔面积(minimum lumen area, MLA) 及斑块负荷(plaque burden, PB)、管腔最小直径、管腔最大直径、血管外弹力膜面积(图 1B) 参数。根据参考管腔定义,选择无脂质斑块,斑块负荷 $< 50\%$,管腔面积最大的血管段为参考血管, QFR ≤ 0.8 组和 QFR > 0.8 组 IVUS 各项指标的正常参考值,见表 1。

表 1 IVUS 测定技术检测指标正常参考值 ($\bar{x} \pm s$)

Tab. 1 Normal reference values for technical indicators of the IVUS assay

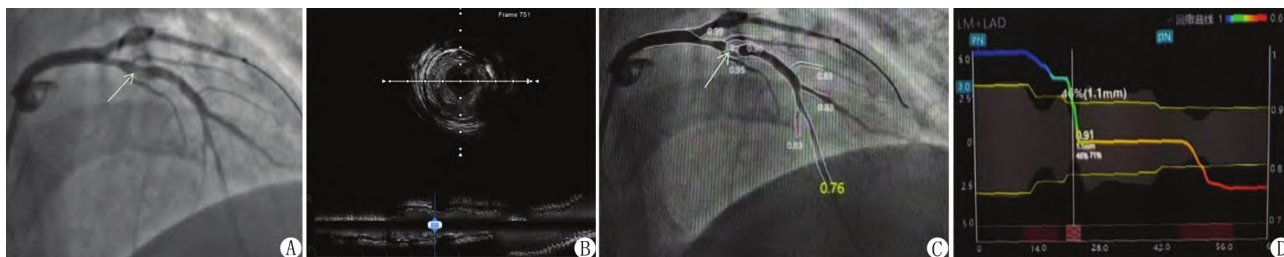
项 目	QFR ≤ 0.8	QFR > 0.8
血管管腔面积(mm^2)	7.67 \pm 2.25	8.37 \pm 3.20
管腔最小直径(mm)	2.91 \pm 0.44	3.05 \pm 0.57
管腔最大直径(mm)	3.25 \pm 0.47	3.38 \pm 0.60
血管外弹力膜面积(mm^2)	12.08 \pm 4.13	12.26 \pm 4.39

1.4 QFR 测定 QFR 是基于冠状动脉造影的无导丝血流储备分数(fractional flow reserve, FFR) 快速分析方法,系统结合 CA 定量分析和心肌梗死溶栓治疗实验帧法,对单体位或双体位(投照角度差 $\geq 25^\circ$) 的血管造影序列采用优化的冠状动脉三维重建技术及血流力学算法,通过模拟计算获得目标血管段冠状动脉主支及分支的血流分数,用于评估冠状动脉狭窄病变心肌缺血的严重程度。本研究应用 QFR 测量平台[版本 AngioPlus2.0.2.0,博动医学影像科技(上海)有限公司]。在事先未获知 IVUS 参数的情况下,独立的对病变血管进行分析(图 1C、1D)。

1.5 统计学方法 使用 SPSS 22.0 统计软件进行数据处理。计数资料用频数或率(%) 表示,组间比较采用 χ^2 检验;正态分布计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 *t* 检验。通过 Pearson 相关分析评估 QFR 与 IVUS 管腔面积、IVUS 斑块负荷的关系, Kappa 一致性检验分析 IVUS 及 QFR 评价冠状动脉狭窄引发心肌缺血一致性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 IVUS 检查结果及参数比较 110 例患者中, IVUS 图像伪影严重 13 例,血管严重迂曲 18 例,造影显示全程病变或图像质量不佳 24 例,最终共纳入 55 例,55 处病变血管符合研究标准,其中男 38 例(69.1%),女 17 例(30.9%),年龄 37 ~ 80(59.5 \pm 8.9) 岁。经 IVUS 指导冠状动脉造影和/或介入治疗患者,分析 IVUS 参数: MLA(3.32 \pm 0.74) mm^2 , 对应



注: A. 冠状动脉造影关键帧示前降支近段狭窄(箭头处); B. IVUS 腔内影像为图 1A 箭头所指截面影像,显示环形纤维斑块,管腔面积 2.63 mm²,斑块负荷 82%,外弹力膜面积 15.24 mm²; C. CA 前降支主支及分支 QFR 测量结果,主支 0.76; D. QFR 结果示血管最窄处 QFR 具体参数,最小管腔直径 1.10 mm,最大直径狭窄率 46%,最大面积狭窄率 71%。

图 1 冠状动脉造影影像与 IVUS 腔内影像表现

Fig.1 Coronary angiography image with IVUS endoluminal image presentation

PB(70.0 ± 9.0)%, 计算 QFR 值为 0.75 ± 0.12。QFR ≤ 0.8 组和 QFR > 0.8 组患者性别、年龄、最小管腔处外弹力膜面积比较差异无统计学意义 (P > 0.05)。QFR ≤ 0.8 组 MLA 小于 QFR > 0.8 组,差异有统计学意义 (P < 0.001), 对应冠状动脉截面的最大斑块负荷、最大面积狭窄率高于 QFR > 0.8 组,亦有统计学意义 (P < 0.01), 见表 2。

表 2 QFR ≤ 0.8 组和 QFR > 0.8 组患者一般资料及血管内超声参数比较 (x̄ ± s)

Tab.2 Comparison of general information and intravascular ultrasound parameters between patients in the QFR ≤ 0.8 and QFR > 0.8 groups

项目	QFR ≤ 0.8 (n = 33)	QFR > 0.8 (n = 22)	χ ² /t 值	P 值
性别(男/女,例)	23/10	15/7	0.014	0.905
年龄(岁)	59.6 ± 8.7	59.4 ± 9.6	0.067	0.947
MLA(mm ²)	2.96 ± 0.49	3.85 ± 0.75	4.894	<0.001
最小管腔处外弹力膜面积(mm ²)	11.63 ± 3.58	11.94 ± 3.37	0.320	0.750
最大面积狭窄率(%)	59.0 ± 10.9	50.0 ± 13.9	2.678	0.010
最大斑块负荷(%)	72.2 ± 7.7	65.6 ± 9.1	2.857	0.006

2.2 QFR 与 IVUS 评价冠状动脉狭窄缺血的一致性

以 IVUS 最小管腔面积 ≤ 3 mm² 或 IVUS 最小管腔面积 ≤ 4 mm² 并且 IVUS 斑块负荷 ≥ 70% 作为血管显著狭窄引起心肌缺血诊断标准时, QFR ≤ 0.8 表明心肌缺血需要干预, 与 IVUS 评价冠状动脉狭窄缺血的一致性良好 (Kappa = 0.656, P < 0.001, 95% CI 0.452 ~ 0.860), 见表 3。QFR 的敏感度为 0.853, 特异度为 0.810, 阳性预测值为 87.9%, 阴性预测值为 77.3%。

2.3 QFR 与 MLA、PB 的相关性 QFR 值和 MLA 的线性回归分析结果显示, MLA 和 QFR 值之间存在极显著的中度正相关关系 (r = 0.566, P < 0.001), 见图 2。

表 3 QFR 与 IVUS 手术策略比较 [例(%)]

Tab.3 Comparison of QFR and IVUS surgical strategies

IVUS 检查	QFR 检查		合计
	需要干预	无需干预	
需要干预	29(85.3)	5(14.7)	34
无需干预	4(19.0)	17(81.0)	21
合计	33	22	55

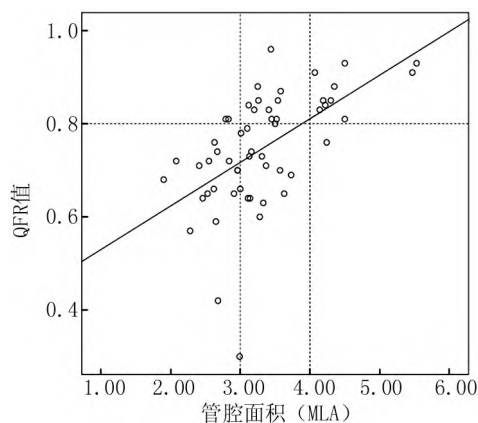


图 2 QFR 与 MLA 的相关性

Fig.2 Correlation between QFR and MLA

QFR 值和 PB 的线性回归分析结果显示, PB 和 QFR 值之间存在轻度负相关关系 (r = -0.371, P = 0.005), 见图 3。

最小管腔面积对 QFR 值的影响比斑块负荷更显著, 符合本研究的假设。

3 讨论

CA 一直被认为是冠心病诊断的“金标准”。但是当病变偏向管腔一侧或呈不规则形状, 造影投照会有局限性^[1]。IVUS 通过导管技术将微型超声探头送入血管病变远端, 再通过回撤超声探头, 显示血管横截面图像, 提供在体血管腔内影像。IVUS 能够精确测定管

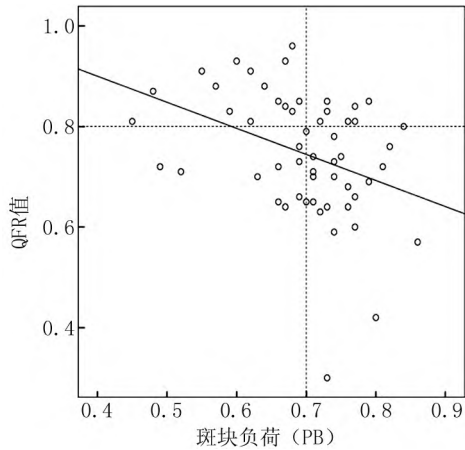


图3 QFR 与 PB 的相关性
Fig.3 QFR correlation with PB

腔面积、判断病变性质及狭窄程度,为介入医师分析斑块稳定性并决定手术策略起到至关重要的作用^[3]。因此,心内科医师逐渐把 IVUS 作为介入手术指导策略的金标准。

但有研究表明,心肌缺血是制定冠心病治疗策略的重要决定因素,CA 或腔内影像仅能对病变的解剖学进行评价,不能客观地评价病变与心肌缺血之间的关系。FFR 作为一种有创的基于压力导丝测量血流功能学的方法逐渐进入临床应用,使患者得到更精准的诊断,被视为冠状动脉功能学诊断“金标准”^[5-6]。FFR 定义心肌缺血的临界值为 0.75 或 0.80,目前多采用后者^[7]。FFR 的应用证实“病变与心肌缺血不能画等号”。FFR 检查需要注射血管扩张药物,并使用额外的压力导丝,手术耗时长且复杂,还会产生不良反应,因此风险和费用都相对较高。基于 CA 获得的血管造影数据,通过血流动力学分析,实现术中在线实时获得虚拟 FFR 值的新技术——QFR 应运而生。QFR 技术通过对 X 线冠状动脉造影图像的流体力学算法,得到 QFR 值,反映临床当前情况下心肌灌注/缺血程度,帮助临床医师评估冠状动脉狭窄是否导致冠状动脉下游心肌的缺血。QFR 将传统冠状动脉造影的诊断准确度从 59.6% 提高至 92.7%,数据传输和分析过程仅需 4.36 min^[8]。FAVOR II 研究结果证实,以 FFR 为金标准,QFR 在判断冠状动脉狭窄存在功能学意义的准确度达到了 92.4%。”QFR (≤ 0.8 或 > 0.8) 判定心肌是否缺血的结果与 FFR (≤ 0.8 或 > 0.8) 金标准判定结果相一致^[9]。综上,本研究以 $QFR \leq 0.8$ 和 $QFR > 0.8$ 作为患者分组依据。

多项回顾性研究验证了 IVUS 参数与 FFR 的关

系,均提示血管狭窄严重程度与 FFR 呈负相关^[10-11]。本研究通过比较 QFR 与 IVUS 最小管腔面积、斑块负荷的相关性,分析 QFR 对血管显著狭窄病变的诊断价值,也在一定程度上验证了 IVUS 参数与 FFR 的相关性。

本研究未利用 QFR 的三维重建分析血流动力学,只通过 QFR 值,IVUS 管腔面积和斑块负荷这些直接决定手术策略的参数进行分析,未考虑直径狭窄率、面积狭窄率等参数,是本研究的不足之处。而且 QFR 无法在开口病变、全程弥漫病变、血管严重迂曲情况下,做出精确诊断。QFR 选取图像序列时,要求造影导管与冠状动脉开口同轴良好,造影剂团注,这些都提高了术者的操作要求。QFR 作为一种评价冠状动脉狭窄功能学的新方法,其高诊断精度、计算的便利性和经济性以及与 FFR 的良好相关性展示了 QFR 未来广阔的临床应用前景^[12],但是对于冠状动脉血管的评价以及手术策略的指导,更应结合患者的临床情况、相关辅助检查及社会经济因素进行综合考虑^[13]。IVUS 可以评价斑块结构性及稳定性,进而预测患者远期临床不良事件的发生,而多项研究证实 PCI 前 QFR 与 FFR 具有很好的相关性^[14],QFR 可以评价血管的血流动力学情况。因此,QFR 与 IVUS 相结合的新辅助方式也将是学术界重点关心的方面,两者互相取长补短可能会使患者有更大的获益,但这需要进一步的大型临床试验提供更多的论证。

利益冲突: 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

李军: 酝酿和设计研究方案,实施研究过程,采集数据,论文撰写及修改; 马晓海: 提出研究思路,论文审核,对知识性内容作责备性批阅; 邱威: 实施研究过程,资料搜集整理,对试验数据进行统计学分析

参考文献

- [1] 张文祥,王照林,王子超,等. 冠状动脉造影联合 FFR 在冠心病介入治疗中的应用分析[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2019,7(34): 114,121. DOI: 10.16282/j.cnki.cn11-9336/r.2019.34.092.
- [2] Koo BK, Hu X, Kang J, et al. Fractional flow reserve or intravascular ultrasonography to guide PCI[J]. N Engl J Med, 2022, 387(9): 779-789. DOI: 10.1056/NEJMoa2201546.
- [3] 金忠志刚,姜贞宇,马妍,等. 冠状动脉血管内超声检查对冠心病冠脉支架植入术的应用价值探究[J]. 当代医学, 2021, 27(17): 104-106. DOI: 10.3969/j.issn.1009-4393.2021.17.041
- [4] Koo BK, Yang HM, Doh JH, et al. Optimal intravascular ultrasound criteria and their accuracy for defining the functional significance of intermediate coronary stenoses of different locations[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2011, 4(7): 803-811. DOI: 10.1016/j.jcin.2011.03.013.

(下转 286 页)

- [6] 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2013 年修订版) [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2013, 36(4): 255-264. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1001-0939. 2013. 04. 007.
- [7] 赵明丽, 王玉忠, 张露露. COPD 合并肺心病患者血清 hs-CRP、BNP 的含量及临床意义 [J]. 中国实验诊断学, 2016, 20(10): 1670-1672. DOI: CNKI: SUN: ZSZD. 0. 2016-10-019.
- [8] Bredy C, Ministeri M, Kempny A, et al. New York Heart Association (NYHA) classification in adults with congenital heart disease: Relation to objective measures of exercise and outcome [J]. Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes, 2018, 4(1): 51-58. DOI: 10. 1093/ehjq-co/qcx031.
- [9] Andrijevic I, Milutinov S, Lozanov Crvenkovic Z, et al. N-Terminal pro-hormone of brain natriuretic peptide (NT-proBNP) as a diagnostic biomarker of left ventricular systolic dysfunction in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease (AECOPD) [J]. Lung, 2018, 196(5): 583-590. DOI: 10. 1007/s00408-018-0137-3.
- [10] Cassady SJ, Reed RM. Pulmonary hypertension in copd: A case study and review of the literature [J]. Medicina (Kaunas), 2019, 55(8): 432. DOI: 10. 3390/medicina55080432.
- [11] 王丽萍, 温春生, 张侯, 等. COPD 合并肺动脉高压患者血清 ROCK1、AgRP 水平及临床意义 [J]. 疑难病杂志, 2023, 22(7): 719-724. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-6450. 2023. 07. 009.
- [12] Rabinovitch M, Guignabert C, Humbert M, et al. Inflammation and immunity in the pathogenesis of pulmonary arterial hypertension [J]. Circ Res, 2014, 115(1): 165-175. DOI: 10. 1161/CIRCRESA-HA. 113. 301141.
- [13] Aragonese-Fenoll L, Montes-Casado M, Ojeda G, et al. Role of endocytosis and trans-endocytosis in ICOS costimulator-induced down-modulation of the ICOS Ligand [J]. J Leukoc Biol, 2021, 110(5): 867-884. DOI: 10. 1002/JLB. 2A0220-127R.
- [14] Frey O, Meisel J, Hutloff A, et al. Inducible costimulator (ICOS) blockade inhibits accumulation of polyfunctional T helper 1/T helper 17 cells and mitigates autoimmune arthritis [J]. Ann Rheum Dis, 2010, 69(8): 1495-1501. DOI: 10. 1136/ard. 2009. 119164.
- [15] Boggio E, Gigliotti CL, Moia R, et al. Inducible T-cell co-stimulator (ICOS) and ICOS ligand are novel players in the multiple-myeloma microenvironment [J]. Br J Haematol, 2022, 196(6): 1369-1380. DOI: 10. 1111/bjh. 17968.
- [16] Rigas D, Lewis G, Aron JL, et al. Type 2 innate lymphoid cell suppression by regulatory T cells attenuates airway hyperreactivity and requires inducible T-cell costimulator-inducible T-cell costimulator ligand interaction [J]. J Allergy Clin Immunol, 2017, 139(5): 1468-1477. e2. DOI: 10. 1016/j. jaci. 2016. 08. 034.
- [17] Ramavath NN, Gadipudi LL, Provera A, et al. Inducible T-Cell costimulator mediates lymphocyte/macrophage interactions during liver repair [J]. Front Immunol, 2021, 12: 786680. DOI: 10. 3389/fimmu. 2021. 786680.
- [18] Sakthivel P, Grunewald J, Eklund A, et al. Pulmonary sarcoidosis is associated with high-level inducible co-stimulator (ICOS) expression on lung regulatory T cells—possible implications for the ICOS/ICOSLigand axis in disease course and resolution [J]. Clin Exp Immunol, 2016, 183(2): 294-306. DOI: 10. 1111/cei. 12715.
- [19] Yanaba K, Asano Y, Noda S, et al. Increased production of soluble inducible costimulator in patients with diffuse cutaneous systemic sclerosis [J]. Arch Dermatol Res, 2013, 305(1): 17-23. DOI: 10. 1007/s00403-012-1292-7.
- [20] Hasegawa M, Fujimoto M, Matsushita T, et al. Augmented ICOS expression in patients with early diffuse cutaneous systemic sclerosis [J]. Rheumatology (Oxford), 2013, 52(2): 242-251. DOI: 10. 1093/rheumatology/kes258.
- [21] Zhang HY, Ruan LB, Li Y, et al. ICOS/ICOSL upregulation mediates inflammatory response and endothelial dysfunction in type 2 diabetes mellitus [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2018, 22(24): 8898-8908. DOI: 10. 26355/eurrev_201812_16659.

(收稿日期: 2023 - 10 - 20)

(上接 281 页)

- [5] Hu P, Tang M, Song W, et al. Fractional flow reserve guided percutaneous coronary intervention improves clinical outcome with reduced cost in contemporary clinical practice [J]. Chinese Medical Journal, 2015, 128(15): 2000-2005. DOI: 10. 4103/0366-6999. 161341.
- [6] 李琪, 刘健, 卢明瑜, 等. 血流储备分数与冠状动脉造影指导不稳定型心绞痛患者临界病变介入治疗效果的比较 [J]. 中国介入心脏病学杂志, 2014(1): 7-11. DOI: 10. 3969/j. issn. 1004-8812. 2014. 01. 003.
- [7] 周沛, 聂文畅, 刘健, 等. 基于冠状动脉造影的血流储备分数评估冠状动脉狭窄病变缺血的价值 [J]. 中国介入心脏病学杂志, 2022, 30(4): 286-291. DOI: 10. 3969/j. issn. 1004-8812. 2022. 04. 007.
- [8] Westra J, Andersen BK, Campo G, et al. Diagnostic performance of in-Procedure angiography-derived quantitative flow reserve compared to pressure-derived fractional flow reserve: The FAVOR II Europe-Japan Study [J]. J AM HEART ASSOC, 2018, 7: e009603. DOI: 10. 1161/JAHA. 118. 009603.
- [9] Xu B, Tu S, Qiao S, et al. Diagnostic accuracy of angiography-based quantitative flow ratio measurements for online assessment of coronary stenosis [J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 70(25): 3077-3087. DOI: 10. 1016/j. jacc. 2017. 10. 035.
- [10] 李亚钦, 游琼, 陈图刚. 血管内超声以及血流储备分数进行冠状动脉病变临床诊断的运用价值 [J]. 影像技术, 2022, 34(4): 29-34. DOI: 10. 3969/j. issn. 1001-0270. 2022. 04. 06.
- [11] 惠波, 邵一兵, 刘玉昊, 等. 血管内超声与血流储备分数在冠状动脉多支病变中的应用比较 [J]. 中国临床研究, 2020, 33(5): 646-649. DOI: 10. 13429/j. cnki. cjer. 2020. 05. 018.
- [12] 罗婉硕, 汪敏, 陈琳. 基于血流储备分数角度评估定量血流分数的准确性及最新研究进展 [J]. 华西医学, 2023, 38(1): 121-125. DOI: 10. 7507/1002-0179. 202208032.
- [13] Song L, Tu S, Sun Z, et al. FAVOR III China Investigators. Quantitative flow ratio-guided strategy versus angiography-guided strategy for percutaneous coronary intervention: Rationale and design of the FAVOR III China trial [J]. Am Heart J, 2020, 223: 72-80. DOI: 10. 1016/j. ahj. 2020. 02. 015.
- [14] 蔡晓庆. 定量血流分数指导药物球囊介入治疗的临床研究 [D]. 北京: 中国人民解放军医学院, 2019.

(收稿日期: 2023 - 07 - 05)