

冠脉血流储备分数的可能影响因素及对冠脉支架置入的指导作用

孙婧煜¹, 李 勋², 钱雪松¹, 盛宇峰¹, 朱明辉¹, 孟丽琴¹, 焦念方¹, 周 勇^{1*}

(¹张家港市第一人民医院心血管内科, 江苏 张家港 215600; ²苏州大学附属第一医院心血管内科, 江苏 苏州 215000)

[摘要] **目的:**探讨冠心病患者冠脉血流储备分数(fractional flow reserve, FFR)测值的影响因素及 FFR 指导支架置入的效果。**方法:**选择张家港市第一人民医院 2012 年 2 月—2015 年 1 月住院的存在反复胸闷胸痛症状、发生急性心梗及既往曾行 PCI 术并复查冠脉造影的冠心病患者 60 例, 记录年龄、性别、吸烟史, 以及血低密度脂蛋白胆固醇 (low-density lipoprotein-cholesterol, LDL-C)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglyceride, TG)及血糖(blood glucose, BG)等一般资料;全部患者进行冠脉动脉造影,记录狭窄程度及长度,并行 FFR 测定。根据 FFR 测定值分为两组:FFR \geq 0.8 组与 FFR $<$ 0.8 组,比较两组患者的一般资料,并分析上述因素与 FFR 之间的相关性。对 FFR $<$ 0.8 的患者行支架置入术,并测定支架置入术后 FFR 值,比较支架置入术前后 FFR 值。随访 1 年,记录两组患者的心因性再入院、再发心绞痛、再血管化治疗、心律失常、心力衰竭、急性心肌梗死发生情况。**结果:**①60 例患者均完成冠状动脉造影和 FFR 测定,FFR \geq 0.8 组与 FFR $<$ 0.8 组的一般资料比较差异无统计学意义;两组患者的冠脉狭窄程度和狭窄长度存在显著差异(P 均 $<$ 0.001),并且 FFR 与冠脉狭窄程度和长度呈显著负相关(P 均 $<$ 0.001);②FFR $<$ 0.8 组,支架置入前后 FFR 值差异有统计学意义(P $<$ 0.001),置入支架后的 FFR 值与 FFR \geq 0.8 组的 FFR 值相比无显著差异($P=0.085$);③根据不同的狭窄程度分别统计左前降支、右冠状动脉、左回旋支的病变数及 FFR 值并进行比较,结果显示狭窄程度相同的不同血管所测得的 FFR 值无统计学差异(P 均 $>$ 0.05);④随访结果显示,FFR \geq 0.8 组和 FFR $<$ 0.8 并置入支架组之间再发心绞痛、原有病变再血管化治疗、心律失常和心力衰竭的发生率比较均无显著差异(P 均 $>$ 0.05),两组均无急性心肌梗死的发生。**结论:**FFR 测值与冠状动脉狭窄的程度和长度呈显著负相关,狭窄程度越重,狭窄病变越长,对冠状动脉血流的功能学影响越明显。FFR 测定能够有效指导支架的置入。

[关键词] 血流储备分数;冠状动脉造影;狭窄程度;狭窄长度

[中图分类号] R541.4

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2016)11-1351-05

doi:10.7655/NYDXBNS20161114

Factors affect on fractional flow reserve and the value in guiding stenting

Sun Jingyu¹, Li Xun², Qian Xuesong¹, Sheng Yufeng¹, Zhu Minghui¹, Meng Liqing¹, Jiao Nianfang¹, Zhou Yong^{1*}

(¹Department of Cardiology, the First People's Hospital of Zhangjiagang City, Zhangjiagang 215600; ²Department of Cardiology, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215000, China)

[Abstract] **Objective:** To investigate the factors affect on fractional flow reserve (FFR), and to evaluate the value of FFR in guiding stenting. **Methods:** Sixty patients with coronary heart disease and hospitalized in the department of cardiology of the First People's Hospital of Zhangjiagang City from February 2012 to January 2015 were retrospectively enrolled, including patients with chest tightness and chest pains, suffered acute myocardial infarction and those who underwent coronary angiography again after stenting. General data such as age, gender, smoking history and the levels of low-density lipoprotein-cholesterol (LDL-C), total cholesterol (TC), triglyceride (TG) and blood glucose (BG) were recorded. All patients underwent coronary angiography and FFR measurement. The degree of stenosis and length were recorded. Patients were divided into two groups: FFR \geq 0.8 and FFR $<$ 0.8. General data were compared between the two groups, and the correlations with FFR were analyzed. Stents were implanted only when the FFR $<$ 0.80, and FFR were measured again when stenting were finished. We compared FFR before and after stenting. The numbers of readmission for cardiac causes, a new episode of angina, revascularization of the target lesion, arrhythmia, heart failure and acute myocardial infarction were recorded and compared between the two groups in the first year. **Results:** ① All of the 60 patients had completed coronary angiography and FFR measurement. There were no differences of general data between the FFR \geq 0.8 group and the FFR $<$ 0.8 group. There

[基金项目] 苏州市青年科研项目(KJXW2014040)

*通信作者 (Corresponding author), E-mail: 13706228216@163.com

were significant differences of degree of stenosis and the length of stenosis between the two groups (both $P < 0.001$), and there were significant negative correlations between FFR and degree of stenosis and the length of stenosis ($P < 0.001$). ②In patients with $FFR < 0.8$, there were significant differences in FFR before and after stenting ($P < 0.001$). There was no difference of FFR between patients after stenting in the $FFR < 0.8$ group and those in the $FFR \geq 0.8$ group ($P = 0.085$). ③The numbers of LAD, RCA and LCX belonged to different degree of stenosis were calculated, and there were no differences of FFR in the same degree of stenosis in different coronary artery ($P > 0.05$). ④During one-year follow-up, there was no difference of a new episode of angina, revascularization of the target lesion, arrhythmia and heart failure between two groups ($P > 0.05$). There was no acute myocardial infarctions event at 1 year in both groups. **Conclusion:** There were significant negative correlations between FFR and the degree of stenosis and the length of stenosis. This indicates that the more severe of stenosis and the longer of stenosis length, the more significant influence on the functional reperfusion of coronary. FFR measurement is useful in guiding PCI treatment and evaluating the value of stenting.

[Key words] fractional flow reserve; coronary angiography; the degree of stenosis; the length of stenosis

[Acta Univ Med Nanjing, 2016, 36(11):1351-1355, 1367]

目前,冠脉造影术仍为诊断冠心病的“金标准”,但即使是“金标准”,冠脉造影也仍然无法对该狭窄病变是否确实引起其远端心肌组织缺血作出评价。冠脉血流储备分数(fractional flow reserve, FFR)是指狭窄冠脉支配区域心肌最大血流量与理论上同一支冠脉无狭窄时心肌所能获得的最大血流量的比值。2009年Tonio等^[1]的研究奠定了FFR指导临床冠脉介入及支架置入的地位。但是冠脉造影结果和FFR测值之间并不总能保持一致,国外有研究者发现FFR的测值受临床及冠脉具体病变等多种因素影响^[2-4],对狭窄直径及最小管腔直径和FFR之间的相关性存在争议^[3,5],而国内对于FFR的可能影响因素研究较少。本研究选取行冠脉造影及FFR测定的冠心病患者,旨在探讨冠心病患者FFR测值与血脂、血糖及冠脉狭窄程度与长度之间的相关性及其对疗效评价的价值。

1 对象和方法

1.1 对象

选择2012年2月—2015年1月在张家港市第一人民医院心内科住院的冠心病患者60例(男46例,女14例),年龄45~84岁,平均年龄(66.85 ± 8.52)岁。

入选冠脉造影标准:有反复胸闷胸痛病史者,包括典型的心绞痛症状及疑似心绞痛症状者;符合人民卫生出版社第6版《内科学》中急性心肌梗死诊断标准者;既往曾行支架植入术治疗,此次复查冠脉造影者。入选FFR测定标准:冠脉造影发现存在50%~75%的狭窄病变,包括心肌梗死患者的非罪犯血管中存在的50%~75%的狭窄病变。排除标准:

血流动力学不稳定的患者;有凝血功能障碍、恶性肿瘤、严重肝肾肺功能不全者。

1.2 方法

1.2.1 血脂、血糖测定

所有患者空腹8h以上于入院后次日清晨安静平卧状态下抽取右上臂肘正中静脉血3mL,送检验科测定总胆固醇(total cholesterol, TC)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein-cholesterol, LDL-C)、甘油三酯(triglyceride, TG)及血糖(blood glucose, BG)。

1.2.2 冠脉造影术

所有患者口服负荷量的阿司匹林和波立维(长期口服阿司匹林和氯吡格雷的患者在术前服用阿司匹林和波立维各300mg,未服用过阿司匹林和氯吡格雷的患者于术前1d睡前及手术当天术前口服阿司匹林和波立维各300mg),3h后行冠脉造影术。术中首选右侧桡动脉采用Judkins法或Terumo法穿刺,如穿刺不成功或血管畸形无法置入造影导管,则改用右侧肱动脉或右侧股动脉入路。穿刺成功后静脉推注“鸡尾酒”(含硝酸甘油160 μ g、维拉帕米40 μ g、肝素2000U),然后分别行左、右冠状动脉造影检查。由3位经验丰富的医师通过目测法判断狭窄程度及长度,取其平均值作为最终结果。对冠状动脉狭窄的判断采用国际通用的直径法[血管狭窄程度=($D1-D2$)/ $D1 \times 100\%$],其中D1指狭窄病变近端正常血管直径(实验选择 $D1 \geq 2$ mm的冠脉),D2指狭窄处血管直径。以任何1支或以上冠状动脉狭窄 $\geq 50\%$ 诊断为冠心病。对冠脉狭窄程度在50%~75%的病变记录狭窄长度和是否存在钙化。

1.2.3 FFR测定

对冠脉狭窄程度在50%~75%的病变进行FFR

测定。FFR 测定前首先校零,均衡主动脉压和压力导丝压力,接着将压力感受器放到尽可能远的位置,待基准压力读数稳定,通过造影导管在冠脉内推注三磷酸腺苷(ATP),剂量为 1.4~1.8 mg/(kg·min),按“REC”键,待血压下降约 20%时,停止测定 FFR 值,FFR 测定仪会自动显示所测得的 FFR 最低值。随后分析冠脉狭窄程度和长度对 FFR 测值的影响。

1.2.4 分组和随访

根据测得的 FFR 值将患者分为 FFR \geq 0.8 组(32 例)与 FFR $<$ 0.8 组(28 例),比较两组间年龄、性别、吸烟史、LDL-C、TC、TG 和 BG 的差异。对涉及的共 80 个病变也按照 FFR 值分为 FFR \geq 0.8 组(45 个)与 FFR $<$ 0.8 组(35 个),分析狭窄程度、狭窄长度和钙化的差异。所有患者术后 1 年通过电话进行随访,内容包括是否再次出现心绞痛发作和进行再血管化治疗、是否发生心衰和心律失常。对 1 年内再次接受冠脉造影的患者需记录再次冠脉造影的结果,部分患者进行 FFR 复测,并与既往记录比较。随访期间主要的终点事件包括:心源性死亡或不明原因死亡、非致死性急性心肌梗死、原有冠脉病变血运重建。

1.3 统计学方法

采用 SPSS19.0 统计软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,非正态分布资料的组间均数比较采用中位数和四分位数间距描述。正态分布资料的组间均数比较采用 *t* 检验,非正态分布资料的组间均数比较采用非参数检验。两变量相关性采用二元线性相关分析。随访结果的构成比资料比较采用卡方检验。 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 FFR \geq 0.8 组与 FFR $<$ 0.8 组患者一般资料比较

对 FFR \geq 0.8 组和 FFR $<$ 0.8 组的性别、吸烟史无明显差异(表 1)。对 FFR \geq 0.8 组和 FFR $<$ 0.8 组的 LDL-C、TC、TG 和 BG 进行比较,差异均无统计学意义(P 均 $>$ 0.05,表 2)。

2.2 冠脉狭窄程度和长度与 FFR 的相关性

本研究涉及冠脉病变共 80 处,包括左前降支(LAD)病变 36 处,右冠状动脉(RCA)病变 23 处,左回旋支(LCX)病变 14 处,第一钝缘支(OM1)病变 2 处,第一对角支(D1)病变 3 处,第二对角支(D2)病变 2 处(表 3)。

对冠脉狭窄程度与 FFR 之间的相关性分析显示两者间的相关系数为 -0.465 , $P < 0.001$;对冠脉狭

表 1 FFR \geq 0.8 组与 FFR $<$ 0.8 组间性别、吸烟史的比较

Table 1 Comparison of gender and smoking history between the FFR \geq 0.8 group and the FFR $<$ 0.8 group

指标	FFR \geq 0.8 组($n=32$)	FFR $<$ 0.8 组($n=28$)	P 值
男性比例	80.0	71.4	0.374
吸烟史	71.4	75.6	0.679

表 2 FFR \geq 0.8 组与 FFR $<$ 0.8 组 LDL-C、TC、TG 和 BG 的比较

Table 2 Comparison of LDL-C,TC,TG and BG between the FFR \geq 0.8 group and the FFR $<$ 0.8 group

指标	FFR \geq 0.8 组($n=32$)		FFR $<$ 0.8 组($n=28$)		P 值
	中位数	四分位数间距	中位数	四分位数间距	
年龄(岁)	68	13	67	16	0.577
LDL-C(mmol/L)	1.98	0.85	2.30	17.20	0.182
TC(mmol/L)	4.50	1.70	4.52	2.16	0.426
TG(mmol/L)	1.77	0.80	1.51	0.63	0.106
BG(mmol/L)	5.83	1.33	5.61	1.29	0.764

表 3 冠状动脉病变分布及数量

Table 3 Distribution and numbers of coronary lesions

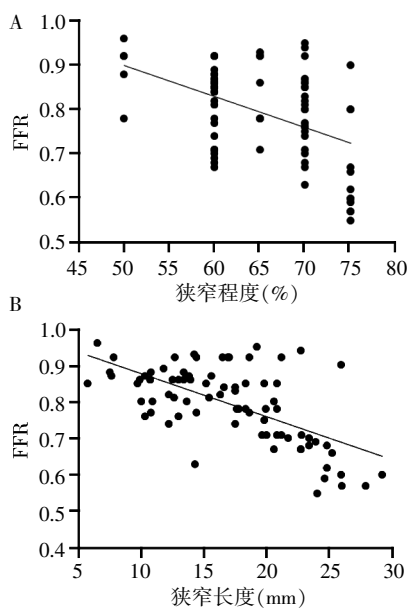
病变冠脉	病变数	百分比(%)
LAD	36	45.00
RCA	23	28.75
LCX	14	17.50
OM1	2	2.50
D1	3	1.25
D2	2	2.50

窄长度与 FFR 之间的相关性分析显示两者间的相关系数为 -0.631 , $P < 0.001$,表明冠脉狭窄程度和长度与 FFR 之间存在显著负相关(图 1)。

在纠正了患者的年龄、性别、高血压病史、糖尿病史、TC、TG 和 LDL-C 水平这些因素后,冠脉狭窄程度与 FFR 之间的相关系数为 -0.457 , $P < 0.001$,冠脉狭窄长度与 FFR 之间的相关系数为 -0.667 , $P < 0.001$,提示冠脉狭窄程度和长度与 FFR 之间仍然存在显著负相关。

2.3 FFR \geq 0.8 组与 FFR $<$ 0.8 组病变冠脉狭窄程度、狭窄长度和钙化的比较

FFR \geq 0.8 组与 FFR $<$ 0.8 组病变的狭窄程度分别为 $(63.67 \pm 6.69)\%$ 和 $(67.29 \pm 6.57)\%$,狭窄长度分别为 (14.15 ± 4.50) mm 和 (20.49 ± 4.72) mm,发现存在钙化病变例数的比例分别为 53.3%和 42.9%,两组狭窄程度和狭窄长度差异有统计学意义,而是否存在钙化则无差异(表 4)。



A:冠脉狭窄程度与 FFR 测值之间的相关性;B:冠脉狭窄长度与 FFR 测值之间的相关性。

图 1 冠脉狭窄程度、狭窄长度与 FFR 测值之间的相关性
Figure 1 Correlations between degree of stenosis and FFR, and between length of stenosis and FFR

表 4 FFR ≥ 0.8 组与 FFR < 0.8 组病变狭窄程度、狭窄长度和钙化例数的比较

Table 4 Comparison of stenosis degree, stenosis length and calcification between the FFR ≥ 0.8 group and the FFR < 0.8 group

指标	FFR ≥ 0.8 组 (n=45)	FFR < 0.8 组 (n=35)	P 值
狭窄程度 (%)	63.67 ± 6.69	67.29 ± 6.57	< 0.05
狭窄长度 (mm)	14.15 ± 4.50	20.49 ± 4.72	< 0.001
钙化 (%)	53.3	42.9	0.36

2.4 相同狭窄程度的不同血管 FFR 值的比较

根据不同的狭窄程度分别统计 LAD、RCA、LCX 的病变数 (表 5) 及 FFR 值 (OM1、D1、D2 因病变数少不列入统计, 表 6), 将冠脉狭窄程度分别在 50%、60%、65%、70%、75% 时所测得的 LAD、RCA、LCX 的 FFR 值进行比较, 提示相同狭窄程度的不同血管所测得的 FFR 值差异无统计学意义 (表 6)。

2.5 FFR 测值对疗效的评价

本研究 35 例 FFR < 0.8 的病变均接受支架置入, 术后即复测 FFR。将术前的 FFR 值 (0.696 ± 0.696) 与术后所测的 FFR 值 (0.883 ± 0.024) 进行非参数分析, 差异有统计学意义 (P < 0.001); 将术后患者的 FFR 值 (0.883 ± 0.024) 与未行支架植入患者 (即 FFR ≥ 0.8 组) 的 FFR 值 (0.870 ± 0.434) 进行非参数分析, 二者之间差异无统计学意义 (P = 0.085), 提示支架置入后患者的 FFR 值较术前明显改善。

本研究 60 例患者均完成随访, 无患者死亡。在随访期间, FFR ≥ 0.8 组有 5 例患者因心脏原因再入院, 其中 2 例男性患者 (1 例 58 岁, LAD 的 FFR 为

表 5 不同狭窄程度的 LAD、RCA、LCX 病变数

Table 5 Numbers of LAD, RCA, and LCX belong to different degree of stenosis (n)

狭窄程度	LAD (n=36)	RCA (n=23)	LCX (n=14)
50%	2	1	2
60%	15	8	5
65%	3	3	2
70%	9	9	4
75%	7	2	1

表 6 不同狭窄程度下 LAD、RCA、LCX 的 FFR 值

Table 6 FFR of LAD, RCA, and LCX belong to different degree of stenosis

狭窄程度	FFR 值			P 值
	LAD	RCA	LCX	
50%	0.830 ± 0.071	0.920 ± 0.000	0.940 ± 0.028	0.191
60%	0.815 ± 0.087	0.808 ± 0.082	0.844 ± 0.045	0.747
65%	0.827 ± 0.081	0.853 ± 0.124	0.820 ± 0.057	0.825
70%	0.813 ± 0.078	0.776 ± 0.110	0.798 ± 0.063	0.558
75%	0.691 ± 0.139	0.630 ± 0.424	0.570 ± 0.000	0.573

0.84; 1 例 62 岁, LCX 的 FFR 为 0.80) 分别在术后 70 d、63 d 再次出现心绞痛并行 PCI 治疗, 术中提示原有狭窄进展; 1 例男性患者 (52 岁, RCA 的 FFR 为 0.85) 因发生快速房颤入院; 2 例男性患者 (1 例 62 岁, LAD 的 FFR 为 0.83; 1 例 58 岁, LAD 的 FFR 为 0.80) 出现心衰。FFR < 0.8 组患者在随访期间有 1 例男性患者 (54 岁, LAD 的 FFR 为 0.68) 在术后 6 个

月再次出现心绞痛入院, 复查冠脉造影提示支架内再狭窄, 予以球囊扩张; 有 1 例男性患者 (73 岁, LAD 的 FFR 为 0.67) 术后因频发室早入院。所有患者在随访期间均未发生急性心肌梗死, 卡方检验显示无论是再发心绞痛行再血管化治疗还是心律失常或心衰的发生率在两组间均没有显著差异, 说明 FFR < 0.8 组患者接受支架置入治疗显著改善了预后 (表 7)。

表 7 FFR \geq 0.8 和 FFR $<$ 0.8 两组的随访情况

Table 7 Follow-up of the FFR \geq 0.8 group and the FFR $<$ 0.8 group (n)

预后情况	FFR \geq 0.8 组 (n=32)	FFR $<$ 0.8 组 (n=28)	P 值
再血管化治疗	2	1	0.551
心衰	2	0	0.280
心律失常	1	1	0.720
再发急性心肌梗死	0	0	-

3 讨 论

本研究显示,冠脉狭窄程度与长度和 FFR 之间存在明显的负相关,原因可以从流体力学能量守恒原理来理解。由于血流通过狭窄病变前后的能量是守恒的,流经狭窄病变段时阻力增大^[6],需要能量来克服经过这段狭窄病变所带来的能量损耗。正常情况下,冠脉内的血流能保持层流状态,此时黏滞力起主导作用,这时血液在冠脉内流动所消耗的能量用于克服各流层间的滑动摩擦阻力,即黏性阻力。随着冠脉内狭窄逐渐加重,流层发生波动,出现涡流,出现了惯性阻力^[7],这时血液在冠脉内的能量消耗除了用于克服黏性阻力外,还用于克服惯性阻力。因此当冠脉狭窄时,血流通过病变血管所消耗的能量增加,FFR 测值减小。

根据流体力学原理,在管腔存在狭窄和狭窄近端压力不变的前提下,管腔内的压力随着狭窄的延伸而递减,狭窄程度越重,狭窄病变越长,压力递减越明显。因此,狭窄长度越长,FFR 测值越低。有研究证实,狭窄长度是影响冠脉血流功能学的一个重要决定因子,FFR 与病变长度之间有着很强的相关性^[8]。

由于正常冠脉内血流能量的消耗取决于血液的黏度,即血液内部分子或颗粒间的摩擦,与血液的性质即所含的成分有关。因此,全血黏度主要取决于血细胞比容的高低。LDL-C、TC、TG 和 BG 为血浆内的蛋白、脂类、高分子物质及葡萄糖,均不足以影响 FFR 的测值^[9]。

此外,FFR 通过对狭窄病变远端与近端的压力比值来推测该狭窄病变是否确实引起其远端心肌组织缺血,FFR 值越小表明狭窄病变远端心肌缺血越严重。已有多项研究证明由 FFR 指导的 PCI 治疗策略优于冠脉造影指导的 PCI 治疗,尤其是著名的 FAME 研究,其 1 年和 2 年的随访结果表明,FFR 指导的 PCI 治疗能明显减少主要心脏不良事件的发生率^[1,10]。本研究对 FFR $<$ 0.8 的患者在行 PCI 治疗前后的 FFR 测值进行了比较,结果显示 PCI 治疗后

FFR 测值较治疗前明显增加,和 FFR \geq 0.8 组相比没有统计学差异,说明通过测定 FFR 可评价支架置入的效果,支架置入能够显著改善该狭窄病变远端的心肌血供,使原本处于缺血状态的心肌组织重新得到足够的血流供应,缓解缺血状态。

另外,在对 FFR \geq 0.8 与 FFR $<$ 0.8 两组患者进行为期 1 年的随访时发现,FFR \geq 0.8 和 FFR $<$ 0.8 两组间的再发心绞痛率和再血管化治疗的比率均很低,且两组间没有统计学差异。此前有对急性冠脉综合征(acute coronary syndrome,ACS)和静息心绞痛患者进行的研究也得出了类似结果,上述研究中经 FFR 评估后未行 PCI 治疗的患者主要心脏不良事件的发生率也非常低(仅 0.8%)^[11-12]。说明 FFR 对狭窄病变远端心肌组织血供的功能学评价较为可靠,如 FFR $>$ 0.8,无论是原本就 $>$ 0.8 或是通过支架置入后达到 $>$ 0.8,可认为狭窄病变远端心肌组织的血供充分,不至于发生急性冠脉事件。

总之,FFR 是评判狭窄冠脉是否确实引起其远端心肌组织缺血的一项有用的功能学指标,其测值与冠脉狭窄程度和长度呈显著的负相关关系,1 年的随访也证实,FFR 测定能够有效指导 PCI 治疗,经 FFR 指导的 PCI 术,其再发心绞痛率和再血管化治疗的比率均很低,说明 FFR 能对狭窄病变远端心肌组织血供的功能学作出较为可靠的评价。

[参考文献]

- [1] Tonio PA,De Bruyne B,Pijls NH,et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous intervention[J]. N Engl J Med,2009,360(3):213-224
- [2] Park SJ,Kang SJ,Ahn JM,et al. Visual-functional mismatch between coronary angiography and fractional flow reserve [J]. JACC Cardiovasc Interv,2012,5(10):1029-1036
- [3] Kristensen TS,Engstrøm T,Kelbaek H,et al. Correlation between coronary computed tomographic angiography and fractional flow reserve [J]. Int J Cardiol,2010,144(2):200-205
- [4] Kang SJ,Ahn JM,Han S,et al. Sex differences in the visual-functional mismatch between coronary angiography or intravascular ultrasound versus fractional flow reserve [J]. JACC Cardiovasc Interv,2013,6(6):562-568
- [5] Kolozsvári R,Tar B,Lugosi P,et al. Plaque volume derived from three-dimensional reconstruction of coronary angiography predicts the fractional flow reserve [J]. Int J Cardiol,2012,160(2):140-144
- [6] Murai T, Lee T, Yonetsu T, et al. Influence of microvascu- (下转第 1367 页)