

fQRS 波对冠状动脉慢性完全闭塞患者侧枝循环分级及 PCI 术后心功能改善的预测价值

杨天贵, 付鹏, 陈洁, 牛铁生

(中国医科大学附属盛京医院, 辽宁省沈阳市 110000)

[关键词] 冠状动脉慢性完全闭塞; 碎裂 QRS 波; 侧枝循环分级; 心功能; 冠状动脉介入治疗

[摘要] **目的** 观察冠状动脉慢性完全闭塞病变患者碎裂 QRS 波(fQRS)与冠状动脉侧枝循环分级及接受冠状动脉介入治疗(PCI)术后心功能改善情况的关系。**方法** 纳入 2013 年 1 月至 2016 年 12 月在中国医科大学盛京医院住院的冠状动脉完全闭塞病变患者 245 例,统计患者生物化学指标、心电图、介入手术资料、侧枝循环 Rentrop 分级、术前术后心功能指标。根据心电图有无碎裂 QRS 波分为碎裂 QRS 波组(fQRS 组, $n=108$)和无碎裂 QRS 波组(nfQRS 组, $n=137$),分析两组患者 fQRS 波与侧枝循环分级、PCI 术后 6 个月及术后 1 年的心功能改善情况。**结果** 有 fQRS 波的患者侧枝循环等级比 nfQRS 组高,两组患者 PCI 术后左心室射血分数、6 min 步行试验距离均有增加,左心室舒张末容积指数、脑钠肽均有下降,fQRS 组与 nfQRS 组相比以上指标改变更加明显,且侧枝循环分级与心功能改善程度呈正相关。**结论** 冠状动脉慢性完全闭塞患者心电图出现 fQRS 波与侧枝循环分级呈正相关,冠状动脉介入治疗能够改善慢性完全闭塞患者的心功能,合并 fQRS 波的患者心功能改善更加明显。

[中图分类号] R5

[文献标识码] A

Predictive value of fQRS in classification of collateral circulation and improvement of heart function after PCI in patients with chronic total occlusion

YANG Tianguai, FU Peng, CHEN Jie, NIU Tiesheng

(Shengjing Hospital Affiliated to China Medical University, Shenyang, Liaoning 110000, China)

[KEY WORDS] chronic total occlusion; fragmented QRS wave; classification of collateral circulation; heart function; percutaneous coronary intervention

[ABSTRACT] **Aim** To investigate the relationship between fragmented QRS wave (fQRS) of the classification of coronary collateral circulation and the improvement of heart function after percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with chronic total occlusion. **Methods** 245 cases of occlusion patients were included from January 2013 to December 2016 in Shengjing Hospital of China Medical University, to statistically analyse the biochemical indexes, electrocardiogram, interventional data, Rentrop classification of collateral circulation, preoperative and postoperative heart function.

Patients were divided into fragmented QRS group (fQRS group, $n=108$) and no fragmentation of QRS group (nfQRS group, $n=137$) according to the state QRS wave in electrocardiogram, to analyse the difference of fQRS wave, classification of collateral circulation, and the improvement of heart function in 6 month and 1 year after the operation in the two groups. **Results** The level of collateral circulation in patients of fQRS wave was higher than the nfQRS group, the ventricular ejection fraction and 6 minutes walk test distance were increased after PCI treatment in the two groups of patients, but the left ventricular end diastolic volume index and the brain natriuretic peptide were decreased, the above index change more significantly in fQRS group compared to nfQRS group, the difference was statistically significant, and the collateral circulation classification and the improvement of heart function were positively correlated. **Conclusion** In coronary chronic total occlusion patients, fQRS was positively related to classification of collateral circulation, percutaneous coronary interventional therapy can improve heart function in patients with chronic total occlusion, and the heart function in patients

[收稿日期] 2018-03-09

[修回日期] 2018-03-18

[作者简介] 杨天贵, 硕士, 主治医师, 主要研究方向为冠心病及心律失常介入治疗, E-mail 为 yangtg1986@163.com。通信作者牛铁生, 博士, 主任医师, 硕士研究生导师, 主要研究方向为冠心病介入治疗、起搏器植入治疗、心脏瓣膜病介入治疗等, E-mail 为 niuts@sj-hospital.org。

with fQRS were improved obviously.

冠状动脉完全闭塞是冠心病中治疗相对困难的一种严重病变,当冠状动脉完全闭塞后,会导致心肌长时间缺血,因此部分心肌出现坏死或处于冬眠状态,在相当部分冠心病患者中,冠状动脉造影发现有 ≥ 1 支冠状动脉呈慢性完全闭塞性病变,诸多因素可促进冠状动脉形成侧枝循环^[1-2],冠状动脉侧枝循环是冠状动脉高度狭窄的征象,可减少患者因心肌缺血造成的损伤。冠状动脉慢性完全闭塞患者中,大部分患者会合并心功能不全,其中左心室收缩功能障碍较为常见,是心力衰竭的重要生理改变及评价的关键指标^[3-4],碎裂 QRS (fQRS) 波可代表局部心肌组织有瘢痕形成,反映心肌缺血纤维化,具有评价冠状动脉侧枝循环及提示左心室收缩功能障碍的价值,但 fQRS 波与慢性完全闭塞性病变患者接受冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)术后心功能改善情况的关系尚无定论,且有侧枝循环的慢性完全闭塞性病变患者行 PCI 可否改善心功能尚不明确。本研究旨在探讨 fQRS 波对冠状动脉慢性完全闭塞患者的侧枝循环分级以及接受 PCI 后心功能改善的预测价值。

1 资料和方法

1.1 一般资料

纳入 2013 年 1 月至 2016 年 12 月在中国医科大学盛京医院住院的冠状动脉慢性完全闭塞患者共 245 例。根据心电图 QRS 波形态分为碎裂 QRS 波组 (fQRS 组, $n=108$) 和无碎裂 QRS 波组 (nfQRS 组, $n=137$), 其中 nfQRS 组排除心电图上有病理性 Q 波的患者。统计患者生化指标、心电图、介入手术资料、侧

枝循环 Rentrop 分级、术前术后心功能指标。

纳入标准:所有纳入患者均为冠状动脉慢性完全闭塞病例,且行 PCI 术,能够配合完成随访;排除标准:①1 个月内发生急性心肌梗死;②心源性休克、恶性心律失常、风湿性心脏病、心肌病、心肌炎、先天性心脏病、血液系统疾病、恶性肿瘤、严重肝肾疾病;③近 6 个月内无脑卒中史,近 3 个月内无外伤、感染、手术史;④不能完成随访复查者。

1.2 PCI 术及血管再通标准

所有患者在 PCI 术前服用常规剂量的阿司匹林、替格瑞洛、氯吡格雷等药物抗血小板聚集,口服他汀类降脂稳定斑块药物;对患者进行球囊扩张及支架置入术,结果由两名及以上经验丰富的医师进行判定。血管再通标准:球囊扩张术后靶血管处直径残余狭窄 $<50\%$,或冠状动脉支架术后靶血管处残余狭窄 $<20\%$,向前血流达到 TIMI 3 级,并且无严重并发症(包括严重冠状动脉夹层、主要分支受压或闭塞、心源性休克、急性血栓形成)。术后常规继续抗血小板降脂稳定斑块治疗。

1.3 相关定义

碎裂 QRS 波是指冠心病心肌梗死患者心电图新出现或已经存在 QRS 波的三相波或多相波^[5],有如下基本特征:①QRS 波呈三相波或多相波,部分典型者呈 RSR' 型,其中多相波常由 R 波或 S 波的多个顿挫或切迹形成;②伴或不伴 Q 波,可形成 QR 或 Qr 型;③QRS 波时限多数 <120 ms;④除外完全或不完全型束支阻滞及室内传导阻滞;⑤三相或多相碎裂 QRS 波常出现在冠状动脉供血区域对应的 2 个或 2 个以上导联;⑥同一患者同次心电图的不同导联碎裂 QRS 波可表现为不同形态。如图 1 所示。

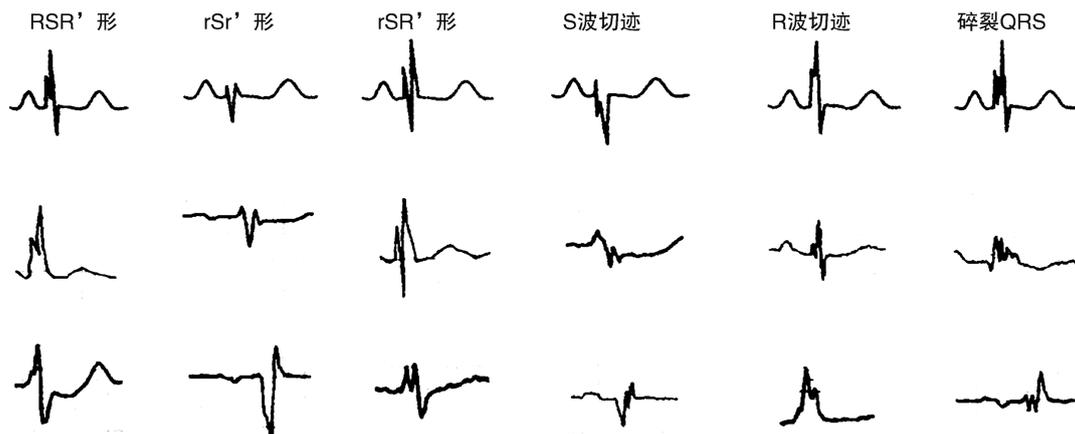


图 1. 碎裂 QRS 波的各种形态

Figure 1. Various forms of fragmentation QRS waves

侧枝循环 Rentrop 分级^[6]:冠状动脉侧枝循环是指心脏血管的吻合网,起到关联心脏不同部位血供的作用,冠状动脉侧枝循环存在于心脏病患者和健康人的心脏的表层及深层。通过冠状动脉造影对侧支循环进行分级:0 级为不透光的区域,即梗死远端血管无造影剂填充;1 级为阻塞的冠状动脉旁有侧枝血流灌注,但心外膜节段不可见侧枝;2 级为部分心外膜下节段被侧枝所充盈;3 级为心外膜下节段全部被侧枝循环充盈。

1.4 随访及观察指标

所有患者均于 PCI 术前及术后 6 个月、术后 1 年抽血检测脑钠肽,行超声心动图检查,并计算出左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)及左心室舒张期末容积指数(left ventricular end diastolic volume index, LVEDVI)。6 min 步行试验评估方法:嘱患者在 6 min 内完成最远步行距离,运动试验前后监测生命体征,出现明显的症状,如头晕、心绞痛、气短等立即停止试验。6 min 时终止试验,测量并记录步行距离。如有下列情况则立即中止实验:①脚痛;②冒虚汗;③步履蹒跚;④下肢痉挛;⑤难以忍受的呼吸困难;⑥面色苍白;⑦其他无法完成试验的症状。

1.5 统计学分析

采用 SPSS 22.0 统计软件进行实验数据处理,双尾 $P < 0.05$ 时认为差异有统计学意义。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用独立样本 t 检验;计数资料以频数和百分比表示,采用 χ^2 检验,采用重复测量方差分析法对同一因素不同时间点测量的结果进行统计分析。

2 结果

2.1 两组患者基本资料比较

两组患者的基本资料、术前诊断、基本用药情况、主要生化指标、病变血管数、介入靶血管之间无明显差异($P > 0.05$),基线水平相当。而 fQRS 组与 nfQRS 组侧枝循环分级存在明显区别($P < 0.01$;表 1 和表 2)。

2.2 fQRS 波与侧枝循环分级的关系

有 fQRS 波的患者侧枝循环形成更充分,分级更高,而 nfQRS 波患者侧枝循环分级低(图 2)。

2.3 PCI 手术前后心功能变化

两组患者 LVEF、6 min 步行试验均升高,LVEDVI 及 BNP 均下降,通过重复测量方差分析显示,fQRS 组以上指标改变更明显($P < 0.05$;表 3 和图 3)。

表 1. 两组患者基本临床资料比较

Table 1. Comparison of basic clinical data of patients in the two groups

项目	fQRS 组 (n=108)	nfQRS 组 (n=137)	P 值
年龄>65 岁[例(%)]	60(55.6)	70(51.1)	0.286
男性[例(%)]	59(54.6)	69(50.4)	0.397
吸烟史[例(%)]	70(64.8)	82(59.8)	0.477
高血压[例(%)]	58(53.7)	72(52.6)	0.480
高血压病程(年)	9.89±3.73	10.21±3.75	0.523
糖尿病[例(%)]	58(53.7)	69(50.4)	0.348
糖尿病病程(年)	5.32±2.63	6.01±2.63	0.126
脑血管病[例(%)]	59(54.6)	68(49.6)	0.259
心率(次/分)	76.28±11.86	74.56±8.38	0.168
体质量(kg)	66.48±9.85	68.14±10.17	0.234
BMI(kg/m ²)	22.75±8.65	21.45±8.78	0.689
术前诊断[例(%)]			
陈旧性心肌梗死	49(45.4)	63(46.0)	0.513
不稳定型心绞痛	45(41.7)	57(41.6)	0.548
稳定型心绞痛	10(9.3)	13(9.5)	0.566
无症状性心肌缺血	4(3.7)	4(2.9)	0.081
用药情况[例(%)]			
β受体阻滞剂	91(84.3)	118(86.1)	0.408
利尿剂	52(48.1)	68(49.6)	0.459
洋地黄类	52(48.1)	67(48.9)	0.504
ACEI	89(82.4)	114(83.2)	0.500
阿司匹林	108(100)	137(100)	1
氯吡格雷	88(81.5)	112(81.8)	0.543
替格瑞洛	20(18.5)	25(18.2)	0.542
他汀	108(100)	137(100)	1
总胆固醇(mmol/L)	4.711±1.332	4.632±1.087	0.569
TG(mmol/L)	2.094±0.474	1.901±0.367	0.651
LDL(mmol/L)	2.919±0.932	2.928±0.917	0.939
糖化血红蛋白(%)	7.283±5.400	6.720±2.220	0.239
FPG(mmol/L)	7.053±2.702	6.992±2.672	0.860

表 2. 两组患者介入治疗相关指标比较[例(%)]

Table 2. Comparison of interventional therapy indicators of patients in the two groups[Case(%)]

项目	fQRS 组 (n=108)	nfQRS 组 (n=137)	P 值
病变血管数			
单支	19(17.6)	23(16.8)	0.500
双支	35(32.4)	48(35.0)	0.384
多支	54(50.0)	66(48.2)	0.438
侧枝循环分级			
0 级	15(13.9)	43(31.4)	0.001
1 级	22(20.4)	48(35.0)	<0.001
2 级	35(32.4)	22(16.1)	0.004
3 级	36(33.3)	24(17.5)	0.006
介入治疗靶血管			
左前降支	34(31.5)	48(35.0)	0.327
其中对角支	4(3.7)	5(3.6)	0.526
左回旋支	37(34.3)	42(30.7)	0.322
其中钝缘支	10(9.2)	13(9.4)	0.489
右冠状动脉支	35(32.7)	46(33.6)	0.499
其中左室后支	1(0.9)	1(0.7)	0.125
其中后降支	3(2.7)	5(3.6)	0.075

表 3. fQRS 波与心功能的关系($\bar{x}\pm s$)

Table 3. The relationship between fQRS wave and cardiac function($\bar{x}\pm s$)

分组	LVEF (%)	LVEDVI(mL/m ²)	6 min 步行试验(m)	BNP(μg/L)
fQRS 组(n=108)				
术前	53.00±10.74	80.59±5.35	364.37±70.46	367.45±167.09
术后 6 个月	55.77±8.87 ^{ab}	78.37±6.17 ^{ab}	408.75±66.88 ^{ab}	249.82±130.93 ^{ab}
术后 1 年	57.58±8.52 ^{abc}	76.48±6.74 ^{abc}	421.13±70.33 ^{abc}	185.62±63.15 ^{abc}
nfQRS 组(n=137)				
术前	49.21±10.65	81.35±5.38	354.82±65.04	284.83±160.82
术后 6 个月	52.42±8.05 ^b	79.89±4.98 ^b	386.28±69.49 ^b	255.58±189.62 ^b
术后 1 年	53.02±7.79 ^b	79.51±5.32 ^b	389.36±69.01 ^{bc}	232.46±75.43 ^{bc}

a 为 P<0.05,与 nfQRS 组比较;b 为 P<0.05,与治疗前比较;c 为 P<0.05,与术后 6 个月比较。

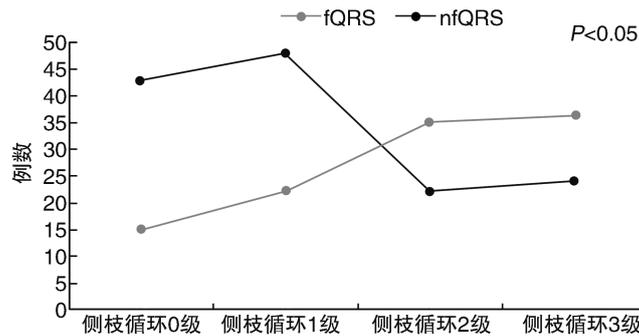


图 2. fQRS 波与侧枝循环分级的关系折线图

Figure 2. The relationship between fQRS wave and grade of collateral circulation

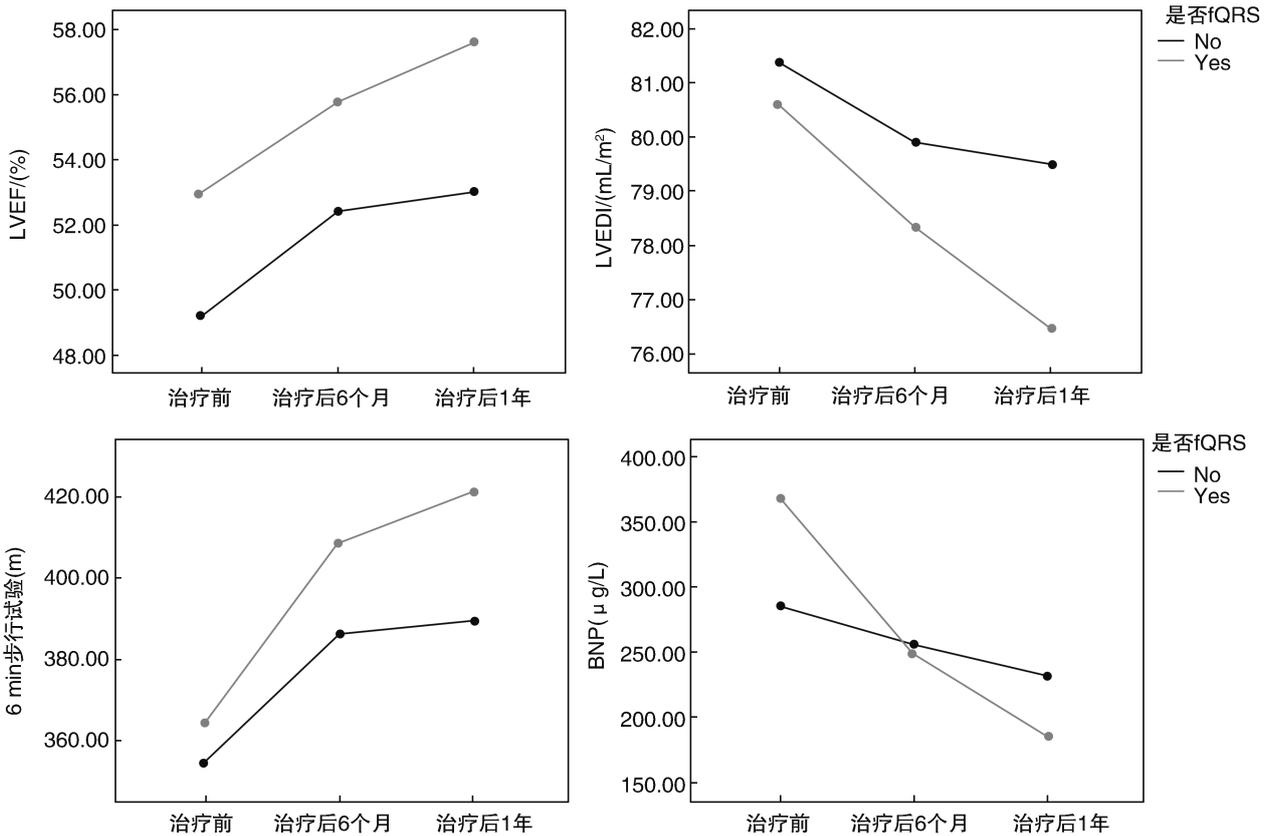


图 3. 3 个不同时间节点心功能指标重复测量方差分析结果

Figure 3. Repeated measurement analysis of variance of cardiac function indexes at different times

3 讨论

本研究入选患者均为慢性完全闭塞患者,根据入院时心电图分为 fQRS 组及 nfQRS 组,通过对比两组患者基本临床资料、冠状动脉侧枝循环分级、PCI 术前、术后 6 个月及术后 1 年的心功能指标,得出:①冠状动脉慢性完全闭塞患者心电图出现 fQRS 波与侧枝循环分级呈正相关,有 fQRS 波的患者侧枝循环形成更充分,分级更高;②PCI 能够改善慢性完全闭塞患者的心功能,且合并 fQRS 波的患者心功能改善更加明显。

碎裂 QRS 波是指冠心病患者心电图上新出现或已存在 QRS 波呈三相波(RSR'型)或多相波,并除外束支阻滞。fQRS 波的出现可以提示心肌缺血或存在缺血心肌,其发生机制主要有如下学说^[7]:梗死区内阻滞、梗死区周阻滞、多灶性梗死、局部心肌瘢痕理论、细胞间阻抗的变化,其病理生理机制是:①心肌梗死后梗死区残留的部分存活心肌会因缺血而出现传导缓慢,由于局部心室肌电活动的改变必将影响整个心室的去极化向量,从而使心室电活动不同步^[8]。②无论通过心内膜标测还是采用核素心血管造影负荷实验,均显示在心肌瘢痕周围的大片区域内存在碎裂电位,心肌纤维化瘢痕可使心肌去极化的连续性中断,从而改变心室的去极化过程及方向,导致 fQRS 波的形成^[9]。③研究认为 fQRS 波是心肌瘢痕和心肌缺血致心室肌不均匀激活所致,因为有岛状存活心肌存在于心肌瘢痕区域内,存活的岛状心肌处于缺血状态,除极将发生延迟和传导缓慢,形成 S 波的切迹或顿挫,从而形成形态不规整的 fQRS 波^[10]。冠状动脉侧枝循环是指沟通不同冠状动脉或同一动脉不同部分的微小血管。侧枝循环形成有如下条件^[11]:促血管生长因子受体的激活以及抑制物的下调。侧枝血管形成有三种形式^[12]:①扩张和重塑:原有的侧枝血管扩张、开放,使无功能侧枝发展到有功能侧枝血管;②增粗:表现为血管壁细胞分裂、增殖以及血管口径的增大;③血管新生:血管壁细胞高度增生,生成新的侧枝循环。缺血或梗死是局部心肌形成侧枝循环的一个启动因子,侧枝循环形成进一步补偿心肌血供的不足,但不足以达到正常心肌供血供氧的需求,具体机制仍有待研究。研究发现,侧枝循环形成是判断慢性完全闭塞病变存在存活心肌的重要依据^[13]。

本研究发现,fQRS 波与冠状动脉侧枝循环呈相关性:有 fQRS 波的患者冠状动脉侧枝循环形成更

充分,分级更高,这是因为在侧枝循环形成过程中,长期慢性的心肌缺血起到非常重要的作用,当冠状动脉发生进行性狭窄至完全闭塞时,心肌的缺血保护机制会促使侧枝循环形成,主要通过心肌缺血再灌注损伤机制、心肌细胞保护机制、心肌缺血预处理机制、各种生长因子分泌产生增加机制等来实现^[14]。缺血心肌的存在是 fQRS 波与侧枝循环形成之间的直接联系。侧枝循环形成一方面可减轻心肌缺血程度,限制梗死范围的扩大,另一方面由于室壁节段运动和射血分数的提高,使左心室功能恢复,有助于运动耐量的提高^[15]。但是由于侧枝循环的血流量、血供方式和效率偏低,使得这一代偿程度的定量不清楚,目前尚无定论。

侧枝循环能够减少和改变心肌缺血和心肌梗死面积,充分、良好的冠状动脉侧枝循环的存在已成为降低冠心病导致的不良心血管事件的重要因素^[16]。本研究通过观察 PCI 术前、术后心功能改善情况,发现有 fQRS 波、侧枝循环形成的患者,经过 PCI 手术治疗后心功能改善程度均较无 fQRS 波、无侧枝循环形成的患者改善更加明显,这是因为有 fQRS 波、侧枝循环形成表明存在瘢痕组织,特别是非透壁性瘢痕,这部分瘢痕组织含有暂时失去功能的存活心肌(包括冬眠心肌和顿抑心肌),有研究发现,心肌瘢痕组织与左心室舒张期末压、收缩期末指数、射血分数呈线性关系,心肌瘢痕大小、瘢痕位置和瘢痕透壁程度均与左心室容量、左心室射血分数显性相关^[17]。心肌瘢痕分为透壁性瘢痕和非透壁性瘢痕,与透壁性瘢痕几乎没有任何残留心肌组织而产生 Q 波或 QS 波不同,由于非透壁性瘢痕组织中存在着大量的存活心肌,存活心肌包括为冬眠心肌和(或)顿抑心肌,经过 PCI 手术血运重建后,使这些心肌得到血流再次灌注,可改善存活心肌的运动,促进心功能可部分甚至完全恢复,由此可见成功开通完全闭塞的冠状动脉不仅可缓解患者心绞痛症状,还可以稳定心肌的电活动,改善左心室功能,进而增强患者对未来冠状动脉各种不良事件的耐受能力^[18-19]。研究发现,开通 CTO 可以改善患者心功能及运动耐量^[20-21]。

fQRS 波可以一定程度反映心肌瘢痕中存活心肌的存在,但需要通过心脏核素扫描或心脏磁共振检查进行检测,可以更直观充分的反应存活心肌情况。但本研究尚有不足之处,我们无法对所有患者进行心脏核素扫描或心脏磁共振检查,只能通过心脏彩超、脑钠肽及 6 min 步行试验间接反应存活心肌情况,还需进行大规模、前瞻性研究加以证实。

由此可见,对于冠状动脉慢性完全闭塞患者,由于fQRS波、侧枝循环形成是非透壁性心肌瘢痕组织中存在存活心肌的可靠标志,完成血运重建后心功能改善的程度与存活心肌有关。因此识别非透壁性瘢痕对于评估开通完全闭塞冠状动脉血管的必要性非常重要。为了挽救不易被发现但非常重要的存活心肌,应对完全闭塞血管特别是伴fQRS波、存在良好侧枝循环的高危患者尽早完成血运重建,尽可能减少存活心肌细胞因持续缺血而发生凋亡,减缓心室重构,提升心功能,改善生活质量。

[参考文献]

- [1] Shrestha U, Botvinick EH, Yeghiazarians Y, et al. Quantitative signature of coronary steal in a patient with occluded coronary arteries supported by collateral circulation using dynamic SPECT[J]. IEEE Nucl Sci Symp Conf Rec (1997), 2014, doi: 10.1109/NSSMIC.2014.7430923.
- [2] Sim HT, Kim JW, Yoo JS, et al. Hybrid Coronary artery revascularization for Takayasu arteritis with major visceral collateral circulation from the left internal thoracic artery[J]. Korean J Thorac Cardiovasc Surg, 2017, 50(2): 105-109.
- [3] 王智, 邱林, 龚艳君, 等. 冠心病患者冠状动脉介入治疗前后血浆高敏C反应蛋白水平的变化及其与主要不良心血管事件的关系[J]. 中国动脉硬化杂志, 2016, 24(11): 1104-1108.
- [4] Christopoulos G, Kandzari DE, Yeh RW, et al. Development and validation of a novel scoring system for predicting technical success of chronic total occlusion percutaneous coronary interventions: The PROGRESS CTO (Prospective Global Registry for the Study of Chronic Total Occlusion Intervention) Score[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2016, 9(1): 1-9.
- [5] Tusun E, Ilter A, Besli F, et al. Fragmented QRS is associated with improved predictive value of exercise treadmill testing in patients with intermediate pretest likelihood of significant coronary artery disease[J]. Ann Noninvasive Electrocardiol, 2016, 21(2): 196-201.
- [6] Emet S, Elitok A, Onur I, et al. Endocan: a novel biomarker associated with well-developed coronary collateral circulation in patients with stable angina and chronic total occlusion[J]. J Thromb Thrombolysis, 2017, 43(1): 60-67.
- [7] Cetin MS, Ozcan Cetin EH, Arisoy F, et al. Fragmented QRS complex predicts in-hospital adverse events and long-term mortality in patients with acute pulmonary embolism[J]. Ann Noninvasive Electrocardiol, 2016, 21(5): 470-478.
- [8] Ma X, Duan W, Poudel P, et al. Fragmented QRS complexes have predictive value of imperfect ST-segment resolution in patients with ST-elevation myocardial infarction after primary percutaneous coronary intervention[J]. Am J Emerg Med, 2016, 34(3): 398-402.
- [9] Cho MJ, Lee JW, Lee JS, et al. Relationship between fragmented QRS complexes and cardiac status in duchenne muscular dystrophy: multimodal validation using echocardiography, magnetic resonance imaging, and holter monitoring[J]. Pediatr Cardiol, 2017, 38(5): 1042-1048.
- [10] 尹栋, 窦克非, 杨跃进, 等. 冠状动脉慢性完全闭塞病变置入 FIREBIRD 雷帕霉素洗脱支架和 TAXUS 紫杉醇洗脱支架长期有效性及安全性观察[J]. 中国循环杂志, 2013, 28(3): 172-175.
- [11] Hui C, Nan L, Ying L, et al. The role of dynamic contrast-enhanced MR in evaluating level III collateral circulation in a rat model of acute ischemic stroke [J]. Mol Neurobiol, 2017, 54(4): 2731-2738.
- [12] Cho SG, Park KS, Kang SR, et al. Correlation of angina pectoris and perfusion decrease by collateral circulation in single-vessel coronary chronic total occlusion using myocardial perfusion single-photon emission computed tomography[J]. Nucl Med Mol Imaging, 2016, 50(1): 54-62.
- [13] Elias J, Hoebbers LPC, Dongen IMV, et al. Impact of collateral circulation on survival in ST-segment elevation myocardial infarction patients undergoing primary percutaneous coronary intervention with a concomitant chronic total occlusion[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2017, 10(9): 906-914.
- [14] 刘砂, 郭敏. 慢性心力衰竭患者血尿酸水平与左室质量指数、QRS 间期相关性研究[J]. 中国医师杂志, 2017, 19(5): 721-728.
- [15] Compton G, Nield L, Dragulescu A, et al. Echocardiography as a screening test for myocardial scarring in children with hypertrophic cardiomyopathy[J]. Int J Pediatr, 2016, 2016(7): 1980636.
- [16] Marchesseau S, Seneviratna A, Sjöholm AT, et al. Hybrid PET/CT and PET/MRI imaging of vulnerable coronary plaque and myocardial scar tissue in acute myocardial infarction[J]. J Nucl Cardiol, 2017, doi: 10.1007/s12350-017-0918-8.
- [17] Kancherla K. Effect of myocardial Scar detected by cardiac magnetic resonance on perfusion time and short term outcomes after coronary artery bypass graft surgery [J]. J Cardiovasc Magn R, 2016, 18(S1): 1-2.
- [18] Romano G, Raffa G M, Licata P, et al. Can multiple previous treatment-requiring rejections affect biventricular myocardial function in heart transplant recipients? A two-dimensional speckle-tracking study[J]. Int J Cardiol, 2016, 209: 54-56.
- [19] Omori T, Kurita T, Dohi K, et al. Prognostic impact of unrecognized myocardial scar in the non-culprit territories by cardiac magnetic resonance imaging in patients with acute myocardial infarction [J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2016, 67(13): 387.
- [20] Cardona M, Martín V, Prat-Gonzalez S, et al. Benefits of chronic total coronary occlusion percutaneous intervention in patients with heart failure and reduced ejection fraction: insights from a cardiovascular magnetic resonance study [J]. J Cardiovasc Magn R, 2017, 18(1): 78-87.
- [21] 张利芸, 汪亚芸, 陈娟, 等. 开通冠状动脉慢性完全闭塞病变心脏超声应变显像与运动耐量变化[J]. 临床心血管病杂志, 2016, 32(9): 918-921.

(此文编辑 文玉珊)