

临床研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyxh.002792

碎裂 QRS 波与急性 ST 段抬高型心肌梗死患者自主神经功能及左室重构的关系

徐艳玲, 余意君, 顾力, 吴慧君, 郑伟, 周志云

(武汉市第四医院/华中科技大学同济医学院附属普爱医院心电生理科, 武汉 430033)

【摘要】目的:探讨急性 ST 段抬高型心肌梗死(ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI)患者碎裂 QRS 波(fragmented QRS complex, fQRS)与心脏自主神经功能及左室重构的相关性。**方法:**回顾性分析华中科技大学同济医学院附属普爱医院心内科住院的 STEMI 患者 170 例, 根据心电图上是否存在 fQRS 分为 nfQRS 组 94 例和 fQRS 组 76 例。分析患者基本临床资料、24 h 动态心电图指标及超声心动图数据等, 比较 2 组患者之间的差异。**结果:**与 nfQRS 组相比, fQRS 组心率变异性(heart rate variability, HRV)指标 24 h 正常窦性 R-R 间期标准差(standard deviation of NN intervals, SDNN)、24 h 内每 5min 窦性 R-R 间期均值标准差(standard deviation of all 5-min average NN intervals, SDANN)、极低频(very low frequency, VLF)、低频(low frequency, LF)、低频与高频功率比值(ratio of low frequency to high frequency power, LF/HF)明显降低($P<0.05$); 左室功能指标左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)明显低于 nfQRS 组, 而左室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic dimension, LVEDD)、N-端脑钠肽前体(N-terminal pro brain natriuretic peptide, NT-proBNP)明显高于 nfQRS 组($P<0.01$)。多因素 logistic 回归分析, 经校正年龄、性别后, SDNN、SDANN、VLF、LF、LF/HF、LVEF 降低及 NT-proBNP 升高是 STEMI 患者发生 fQRS 的危险因素。Spearman 相关分析显示, STEMI 患者 SDNN、SDANN、VLF、LF、LF/HF、LVEF 与 fQRS 呈显著负相关, 而 LVEDD、NT-proBNP 与 fQRS 呈显著正相关($P<0.01$)。**结论:**心电图上存在 fQRS 的 STEMI 患者, 心肌缺血较严重, 心脏自主神经功能损伤明显, 左室重构显著。

【关键词】急性 ST 段抬高型心肌梗死; 碎裂 QRS 波; 心率变异性; 左室射血分数

【中图分类号】R543.3

【文献标志码】A

【收稿日期】2020-09-22

Relationship between fragmented QRS complex and autonomic nerve function and left ventricular remodeling in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction

Xu Yanling, Yu Yijun, Gu Li, Wu Huijun, Zheng Wei, Zhou Zhiyun

(Department of Electrophysiology, Wuhan Fourth Hospital, Puai Hospital, Tongji Medical College of Huazhong University of Science and Technology)

【Abstract】Objective: To investigate the association of fragmented QRS complex(fQRS) with cardiac autonomic nerve function and left ventricular remodeling in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction(STEMI). **Methods:** A retrospective analysis was performed on 170 STEMI patients hospitalized in the cardiology department of our hospital. According to the presence of fQRS on the ECG, patients were divided into nfQRS group($n=94$) and fQRS group($n=76$). Basic clinical data, 24 h dynamic ECG indicators and echocardiography data were analyzed to compare the differences between the patients of the two groups. **Results:** Compared with the nfQRS group, the values of standard deviation of NN intervals(SDNN), standard deviation of all 5-min average NN intervals(SDANN), very low frequency(VLF), low frequency(LF), ratio of low frequency to high frequency power(LF/HF) of heart rate variability(HRV) in the fQRS group were significantly decreased ($P<0.05$); the left ventricular ejection fraction(LVEF) of left ventricular function of the fQRS group was significantly lower than that of the nfQRS group, while the left ventricular end-diastolic dimension(LVEDD) and N-terminal pro brain natriuretic

作者介绍: 徐艳玲, Email: xuruan-2007@163.com,

研究方向: 心电生理学。

通信作者: 余意君, Email: yu_yijun88@sina.com。

基金项目: 武汉市卫计委科研基金资助项目(编号: WX18Q36)。

优先出版: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20210413.0951.004.html>

(2021-04-13)

peptide (NT-proBNP) values were significantly higher than those of nfQRS group ($P < 0.01$). Multiple logistic regression analysis showed that after adjusting for age and gender, reduced SDNN, SDANN, VLF, LF, LF/HF, LVEF and increased NT-proBNP were risk factors for fQRS in STEMI patients. Spearman correlation analysis showed that SDNN, SDANN, VLF, LF, LF/HF, LVEF were significantly negatively correlated with fQRS in STEMI patients, while LVEDD, NT-proBNP were significantly positively correlated with fQRS ($P < 0.01$). **Conclusion:** In STEMI patients with fQRS on ECG, myocardial ischemia is serious, cardiac autonomic nerve function damage is obvious, and left ventricular remodeling is significant.

[Key words] ST-segment elevation myocardial infarction; fragmented QRS complex; heart rate variability; left ventricular ejection fraction

急性 ST 段抬高型心肌梗死 (ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI) 是冠状动脉急性、持续性缺血缺氧所引起的心肌坏死, 严重威胁患者生命。心电图是心梗患者早期必不可少的一项确诊检查, 碎裂 QRS 波 (fragmented QRS complex, fQRS) 作为心电图上的一种无创性心电指标成为近些年研究心脏性疾病的热点^[1-4], 特别是在急性冠状动脉综合征 (acute coronary syndrome, ACS) 中的应用越来越受到人们的关注^[5-7]。本研究旨在探讨 STEMI 患者发生 fQRS 与其心脏自主神经功能及左室重构之间的关系, 为临床早期发现高危患者提供依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取 2018 年 8 月至 2019 年 11 月在华中科技大学同济医学院附属普爱医院内科住院的 STEMI 患者 170 例, 根据患者入院后 12 通道静息心电图上相邻 2 个及以上导联是否存在 fQRS, 分为无 fQRS 组 (nfQRS 组) 94 例, 有 fQRS 组 (fQRS 组) 76 例。排除标准: 完全性及不完全性束支阻滞以及室内传导阻滞、植入永久性起搏器、预激综合征、心肌病、原发性心脏瓣膜病、严重电解质紊乱、严重的肝肾功能不全以及服用抗心律失常药物者。

1.2 研究方法

1.2.1 血生化指标检测 心肌肌钙蛋白 I (cardiac troponin I, cTn I)、肌酸激酶 (creatinine kinase, CK)、肌酸激酶同工酶 (creatinine kinase isoenzyme-MB, CK-MB) 等心梗相关指标采用急诊时第 1 份血清或抗凝血浆样本。其他临床指标采集患者入院后第 2 天清晨空腹静脉血进行检测。其中 cTn I、N-端脑钠肽前体 (N-terminal pro brain natriuretic peptide, NT-proBNP) 经化学发光法测定, 前者采用美国强生 VITROS ECIQ 免疫分析系统及其配套试剂; 后者采用罗氏 Cobase411 全自动

免疫分析仪。其他生化指标采用美国雅培公司 ARCHITECT 8000 自动生化分析仪以分光光度法进行检测。

1.2.2 心电图及动态心电图检查 12 通道静息心电图检查采用美国 GE MAC800 心电图机, 参数设置: 100 Hz, 25 mm/s, 10 mm/mV。动态心电图采用美国 GE 公司 24 h 动态心电图仪进行监测, 对患者 HRV 进行时域和频域分析, 其中时域指标主要参数为: 24 h 正常窦性 R-R 间期标准差 (standard deviation of NN intervals, SDNN)、24 h 内每 5 min 窦性 R-R 间期均值标准差 (standard deviation of all 5-minute average NN intervals, SDANN)、24 h 内正常窦性 R-R 间期差值的均方根 (square root of mean of the sum of squares of successive NN interval differences, rMSSD)、24 h 内相邻 R-R 间期差 > 50 ms 心率数占所分析信息间内心率数的百分比 (number of successive NN intervals differing by > 50 ms divided by the total number of successive NN intervals, pNN50)。频域指标为: 极低频谱功率 (very low frequency, VLF)、低频谱功率 (low frequency, LF)、高频谱功率 (high frequency, HF) 及低频与高频功率比值 (ratio of low frequency to high frequency power, LF/HF)。

1.2.3 超声心动图检查 超声心动图采用 Philips Sonos 5500 彩色多普勒超声诊断仪, 探头频率设置为 2~4 MHz, 协助患者取左侧卧位, 常规检查记录心脏各腔室大小、室壁厚度等, 取胸骨旁左室长轴切面 M 型曲线测得收缩功能, 重点探测分析左室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)、左室舒张末期内径 (left ventricular end-diastolic dimension, LVEDD) 等相关指标。

1.2.4 fQRS 的诊断 ① QRS 波呈 3 相或多相波, 典型者呈 RSR_x 型, 但也有多种变异, 多相波常由 R 波或 S 波的多个顿挫或切迹形成, S 波切迹以 S 波底部多见。② 伴或不伴有 Q 波, Q 波可存在单个或多个切迹或顿挫, 可形成 QR 型或 Qr 型 QRS 波。③ QRS 波时限多数 < 120 ms。④ 除外完全性或不完全性束支传导阻滞及室内阻滞。⑤ 3 相或多相 fQRS 波常出现在冠状动脉供血区域所对应的 2 个或 2 个以上的导联。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^[8] (图 1、图 2)。

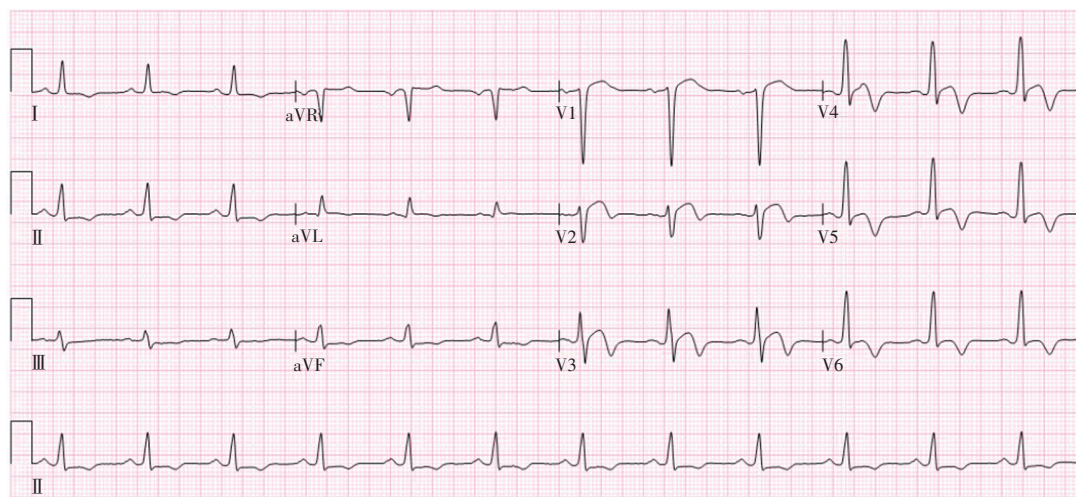


图 1 无 fQRS 的 STEMI 心电图

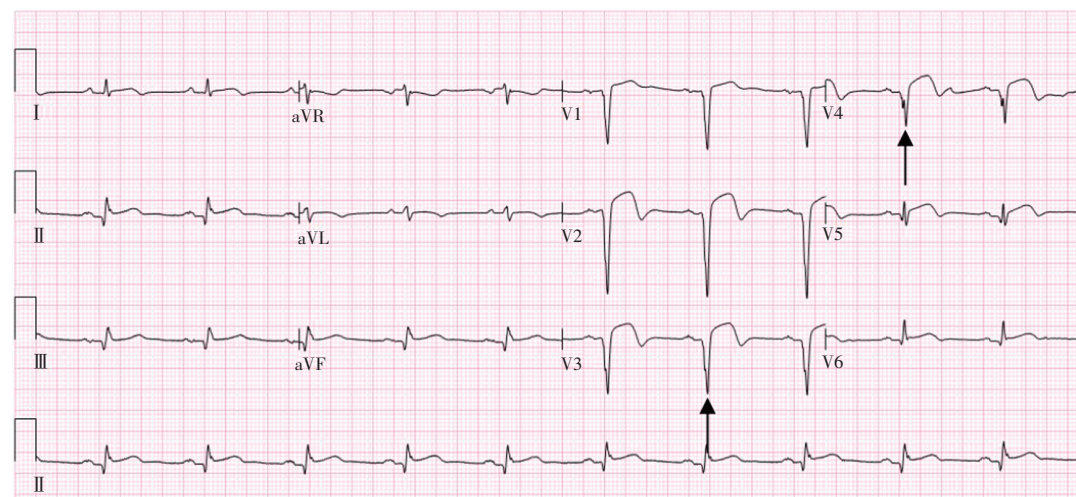


图 2 存在 fQRS 的 STEMI 心电图

1.3 统计学处理

所有资料采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。经 Kolmogorov-Smirnov 正态检验,正态分布计量资料用均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,组间比较采用 t 检验。非正态分布资料用 $M_d(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较用双尾 Man-Whitney U 检验。计数资料用例(百分比)表示,组间比较采用卡方检验。多因素 logistic 回归分析 STEMI 患者发生 fQRS 的危险因素。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 2 组患者一般临床资料比较

2 组患者在年龄、性别、吸烟、高血压、糖尿病及脑梗死方面无明显差别。fQRS 组患者生化指标 cTn I、CK、CK-MB、乳酸盐脱氢酶(lactate dehydrogenase, LDH)、总胆固醇(total cholesterol, T-Chol)、甘油三酯(triglyceride, TG)、低密度脂蛋

白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-c)、血清肌酐(serum creatinine, Scr)、尿素氮(urea, UA)、超敏反应 C 蛋白(high sensitivity C-reactive protein, hs-CRP)与 nfQRS 组相比明显增高,而高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-c)明显降低($P<0.05$, $P<0.01$)(表 1)。

2.2 2 组患者动态心电图指标 HRV 参数比较

fQRS 组 HRV 指标 SDNN、SDANN、VLF、LF、LF/HF 值明显低于 nfQRS 组($P<0.05$),而 rMSSD、pNN50、HF 值在 2 组间无明显差异(表 2)。

2.3 2 组患者左室功能比较

左室功能相比较,fQRS 组患者 LVEF 值明显低于 nfQRS 组,而 LVEDD、NT-proBNP 值明显高于 nfQRS 组($P<0.01$)(表 3)。

2.4 STEMI 患者发生 fQRS 的危险因素 logistic 回归分析

经校正年龄、性别后,多因素 logistic 回归分析显示,SDNN、SDANN、VLF、LF、LF/HF、LVEF 降低以及 NT-proBNP 升高是 STEMI 患者发生 fQRS 的危险因素(表 4)。

表 1 2 组患者一般临床资料比较[$n, \%, \bar{x} \pm s, M_d(P_{25}, P_{75})$]

	nfQRS 组 ($n=94$)	fQRS 组 ($n=76$)	χ^2/t 值	P 值
年龄/岁	64.51 $\pm$ 9.66	65.75 $\pm$ 10.59	0.797	0.343
性别(男)	63 (67.02)	52 (68.42)	0.038	0.846
吸烟	48 (51.06)	38 (50.00)	0.019	0.890
高血压	65 (69.15)	54 (71.05)	0.073	0.788
糖尿病	27 (28.72)	20 (26.32)	0.122	0.727
脑梗死	17 (18.09)	13 (17.11)	0.028	0.868
cTn I/($\text{ng} \cdot \text{mL}^{-1}$)	0.59 (0.13, 3.51)	10.04 (1.42, 35.73)	6.243	<0.000 1
CK/($\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$)	136.50 (95.00, 244.75)	345 (223, 621)	4.264	<0.000 1
CK-MB/($\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$)	18.50 (12.00, 28.25)	33 (25, 75)	4.378	<0.000 1
LDH/($\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$)	186.00 (152.00, 224.25)	293.00 (239.25, 368.50)	6.735	<0.000 1
T-Chol/($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	4.10 $\pm$ 0.92	4.83 $\pm$ 1.12	4.680	<0.000 1
TG/($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	1.38 (1.00, 1.96)	1.83 (1.38, 2.50)	4.117	0.020
HDL-c/($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.99 (0.84, 1.16)	0.79 (0.70, 0.93)	6.252	<0.000 1
LDL-c/($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	2.43 $\pm$ 0.86	3.11 $\pm$ 0.90	5.042	<0.000 1
ALT/($\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$)	21 (15, 29)	23.50 (16.00, 32.75)	1.117	0.190
AST/($\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$)	28.50 (21.00, 44.75)	30.00 (22.25, 63.50)	1.870	0.170
r-GT/($\text{U} \cdot \text{L}^{-1}$)	26.00 (20.00, 37.75)	26.00 (20.00, 40.50)	0.617	0.889
BUN/($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	5.60 (4.88, 6.77)	6.27 (4.84, 7.43)	2.053	0.083
Scr/($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	71.95 (57.90, 90.75)	83.55 (67.95, 106.80)	3.434	0.001
UA/($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	353.90 $\pm$ 101.05	393.30 $\pm$ 107.18	2.460	0.016
hs-CRP/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	2.57 (1.16, 6.18)	8.76 (2.75, 22.40)	4.053	<0.000 1

表 2 2 组患者动态心电图指标 HRV 参数相比[$\bar{x} \pm s, M_d(P_{25}, P_{75})$]

	nfQRS 组 ($n=94$)	fQRS 组 ($n=76$)	χ^2/t 值	P 值
SDNN/ms	88.00 (75.75, 111.00)	71.50 (57.25, 85.75)	6.081	<0.000 1
SDANN/ms	69.00 (55.00, 88.75)	55.50 (42.00, 74.75)	4.451	<0.000 1
rMSSD/ms	27 (21, 35)	25 (18, 33)	1.439	0.267
pNN50/%	6.40 (2.08, 16.55)	5.51 (2.13, 10.93)	1.508	0.338
VLF/ms	28.31 $\pm$ 13.10	20.71 $\pm$ 9.79	4.323	<0.000 1
LF/ms	14.00 (10.23, 20.64)	10.30 (7.36, 15.39)	3.797	<0.000 1
HF/ms	9.90 (7.22, 13.95)	9.23 (6.20, 11.68)	1.889	0.700
LF/HF	1.34 (1.13, 1.66)	1.22 (1.02, 1.44)	3.438	0.001

表 3 2 组患者左室功能比较[$M_d(P_{25}, P_{75})$]

	nfQRS 组 ($n=94$)	fQRS 组 ($n=76$)	χ^2/t 值	P 值
LVEF/%	60 (56, 61)	53 (47, 58)	6.675	<0.000 1
LVEDD/cm	4.55 (4.30, 4.90)	5.10 (4.90, 5.30)	9.863	<0.000 1
NT-proBNP/($\text{pg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	251.70 (65.74, 589.60)	969.10 (274.48, 3 182.00)	3.954	<0.000 1

表 4 STEMI 患者发生 fQRS 的危险因素 logistic 回归分析

	B	$S.E$	$Wald$	P	$Exp(B)$	95%CI
SDNN	0.041	0.008	24.410	<0.000 1	1.042	1.026~1.059
SDANN	0.032	0.008	16.620	<0.000 1	1.032	1.016~1.048
VLF	0.060	0.016	14.044	<0.000 1	1.062	1.029~1.095
LF	0.078	0.024	10.587	0.001	1.081	1.032~1.134
LF/HF	1.413	0.447	9.970	0.002	4.115	1.709~9.901
LVEF	0.205	0.038	29.699	<0.000 1	1.227	1.140~1.321
NT-proBNP	0.001	0.000	13.282	<0.000 1	1.001	1.000~1.001

2.5 fQRS 波与 HRV、左室功能的 Spearman 相关性分析

Spearman 相关分析显示,STEMI 患者 SDNN、SDANN、VLF、LF、LF/HF、LVEF 值均与 fQRS 呈显著负相关,而 LVEDD、NT-proBNP 与 fQRS 呈显著正相关($P<0.01$)(表 5)。

表 5 fQRS 波与 HRV、左室功能的 Spearman 相关性分析

	<i>R</i>	<i>P</i>
SDNN	-0.392	<0.000 1
SDANN	-0.308	<0.000 1
rMSSD	-0.085	0.268
pNN50	-0.074	0.340
VLF	-0.275	<0.000 1
LF	-0.280	<0.000 1
HF	-0.139	0.070
LF/HF	-0.251	0.001
LVEF	-0.504	<0.000 1
LVEDD	0.623	<0.000 1
NT-proBNP	0.457	<0.000 1

3 讨 论

fQRS 是由心肌缺血或损伤时不均匀的电激活导致心室去极化受损所致,由 Das MK 等^[9]于 2006 年首次提出。急性心梗后心肌呈非均质性坏死,既有坏死心肌又存在岛状存活的心肌组织,这些心肌的除极活动因缺血导致传导缓慢或延迟,从而形成形态不完整、碎裂的 QRS 波群。研究显示,fQRS 作为心肌电活动异常的反映,是急性心梗患者大面积缺血及心肌坏死的风险评估指标,对心肌梗死的诊断、危险分成及预后等都有重要的临床价值^[10-13]。Bekler A 等^[14]发现,fQRS 组患者冠脉病变血管数目、Gensini 评分及 SYNTAX 评分与 nfQRS 组相比有明显差异,说明 fQRS 的出现提示了心肌缺血更严重、心梗面积可能更大,且 fQRS 的导联数量是高 Gensini 评分及高 SYNTAX 评分的独立预测指标。本研究中,心电图上出现 fQRS 的 STEMI 患者 cTn I、CK-MB 等值升高明显,提示 fQRS 组患者心肌缺血损伤相对较严重,心肌梗死范围大,风险性较高,跟上述研究一致。

HRV 是机体对内外环境刺激所引起的一系列生理性反射,是神经体液因素对心血管系统精细调节的结果,可反映心脏的自主神经功能。交感神经活动增加或副交感神经活动减少可降低 HRV,相反则可导致 HRV 升高^[15-16]。HRV 反映了心脏自主神经

系统对心率的调节不足,被认为对心血管疾病的预后具有负面影响^[17],因此对冠心病患者进行 HRV 检测与分析,可为临床提供可靠的诊断价值,并有助于患者的早期风险分层^[18-19]。由于出现 fQRS 的心梗患者心肌受损更重,梗死面积可能更大,因此其交感神经兴奋性更强,自主神经功能紊乱更明显。本研究中,fQRS 组患者的 HRV 反映交感神经的指标 SDNN、SDANN、VLF、LF 及 LF/HF 比 nfQRS 组降低明显,而反映迷走神经的指标 rMSSD、pNN50、HF 等 fQRS 组患者虽然低于 nfQRS 组,但无明显差别,提示心梗后心脏自主神经功能系统失衡,主要以交感神经的支配为主,这与既往研究结果一致^[20]。

左室重构是指心梗后左心室形状、容积、室壁厚度等发生改变,表现为梗死区心肌变薄、心室腔扩大,造成梗死区域的室壁运动减弱或消失,非梗死区心肌代偿增厚。由于出现 fQRS 的患者心肌缺血更重,心梗面积更大,因此左室功能下降更明显,提示发生 fQRS 会加重患者左室结构及功能改变^[21]。Zhao Q 等^[22]通过对 216 例 STEMI 患者进行回顾性研究,发现 fQRS 与 NT-proBNP 和 LVEF 显著相关,fQRS 可以预测 STEMI 患者的左室功能,是局部心室收缩功能受损的预后标志物。Onoue Y 等^[23]研究发现,fQRS 组 B 型利尿钠肽和 cTn I 水平明显高于非 fQRS 组,心电图上存在 fQRS 是诊断左室舒张功能不全的一种工具。本研究中,fQRS 组患者 LVEF 值明显低于 nfQRS 组,而 LVEDD、NT-proBNP 值明显高于 nfQRS 组,提示发生 fQRS 的 STEMI 患者左室收缩功能较差,左心室重构更加明显。

急性心梗后心肌细胞坏死,电-机械传导异常,致使左室心肌收缩不同步,心功能下降,这些因素可导致机体神经体液内分泌系统如交感神经系统及肾素-血管紧张素-醛固酮系统等激活,产生复杂的神经体液变化,氧自由基、儿茶酚胺及各种炎症介质等大量释放,最终导致自主神经功能异常。而出现 fQRS 波的患者则预示着梗死面积更大,心肌缺血加重,进一步促进左室功能下降,炎症介质及细胞因子释放增加,自主神经损伤更严重,造成恶性循环。本研究在校正了年龄、性别后,进行多因素 logistic 回归分析,显示 SDNN、SDANN、VLF、LF、LF/HF、LVEF 降低及 NT-proBNP 升高是 STEMI 患者发生 fQRS 的危险因素。进一步进行 Spearman 相关

性分析显示,患者 fQRS 波与 SDNN、SDANN、VLF、LF、LF/HF、LVEF 值呈明显的负相关,与 LVEDD、NT-proBNP 呈明显的正相关,这表明 fQRS 与 STEMI 患者心脏自主神经功能受损及左室重构密切相关。

本研究表明,心电图上出现 fQRS 的患者由于可能存在更大范围或更重要部位的心肌梗死而具有更严重的临床症状、心功能损害及炎症反应等,进而会出现更强的机体代偿和交感兴奋。反之,交感兴奋导致的心率加快、耗氧增加及儿茶酚胺对心肌的毒性作用等会增加心肌梗死范围并加重左室不良重塑。因此 fQRS 对 STEMI 患者的病情程度有预警作用。这提示临床上可通过心电图检查快速检出高危心梗患者,对出现 fQRS 的患者及早使用 β 受体阻滞剂调节自主神经功能、减缓其恶性循环、改善预后具有积极的意义。

参 考 文 献

- [1] Vogels RJ, Teuwen CP, Ramdjan TT, et al. Usefulness of fragmented QRS complexes in patients with congenital heart disease to predict ventricular tachyarrhythmias[J]. *Am J Cardiol*, 2017, 119(1): 126–131.
- [2] Tanriverdi Z, Besli F, Gungoren F, et al. Frequency of fragmented QRS in patients with hypertension[J]. *Blood Press*, 2019, 28(3): 214.
- [3] Supreeth RN, Francis J. Fragmented QRS: its significance[J]. *Indian Pacing Electrophysiol J*, 2020, 20(1): 27–32.
- [4] Ollitrault P, Pellissier A, Champ-Rigot L, et al. Prevalence and significance of fragmented QRS complex in lead V1 on the surface electrocardiogram of healthy athletes[J]. *Europace*, 2020, 22(4): 649–656.
- [5] 苏海霞, 朱雅琴, 张天赋, 等. 冠状动脉粥样硬化性心脏病患者碎裂 QRS 波的分布特征及其与左心室重构的关系[J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2019, 39(10): 1162–1166.
- [6] Tanriverdi Z, Colluoglu T, Unal B, et al. The prognostic value of the combined use of QRS distortion and fragmented QRS in patients with acute STEMI undergoing primary percutaneous coronary intervention[J]. *J Electrocardiol*, 2018, 51(2): 210–217.
- [7] Cho HJ, Yoon JY, Kim N, et al. Predictive value of a fragmented QRS complex in diagnosing patients with myocardial ischemia[J]. *Clin Cardiol*, 2019, 42(3): 379–384.
- [8] 郭继鸿. 碎裂 QRS 波[J]. *临床心电学杂志*, 2008, 17(1): 60–68.
- [9] Das MK, Khan B, Jacob S, et al. Significance of a fragmented QRS complex versus a Q wave in patients with coronary artery diseases[J]. *Circulation*, 2006, 113(21): 2495–2501.
- [10] Kocaman SA, Çetin M, Kırıs T, et al. The importance of fragmented QRS complex in prediction of myocardial infarction and reperfusion parameters in patients undergoing primary intervention[J]. *Türk Kardiyol Dern Ars*, 2012, 40(3): 213–222.
- [11] Das MK, Michael MA, Suradi H, et al. Usefulness of fragmented QRS on a 12-lead electrocardiogram in acute coronary syndrome for predicting mortality[J]. *Am J Cardiol*, 2009, 104(12): 1631–1637.
- [12] Das MK, Zipes DP. Fragmented QRS: a predictor of mortality and sudden cardiac death[J]. *Heart Rhythm*, 2009, 6(3 S): S8–S14.
- [13] Akgul O, Uyarel H, Pusuroglu H, et al. Predictive value of a fragmented QRS complex in patients undergoing primary angioplasty for ST elevation myocardial infarction[J]. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 2015, 20(3): 263–272.
- [14] Bekler A, Barutcu A, Tenekecioglu E, et al. The relationship between fragmented QRS complexes and SYNTAX and Gensini scores in patients with acute coronary syndrome[J]. *Kardiol Pol*, 2015, 73(4): 246–254.
- [15] 王一萌, 王焕霞, 邱妍妍, 等. 高血压前期患者动态心电图心率减慢力、心率变异性检测及相关性分析[J]. *中华医学杂志*, 2019, 25(47): 3741–3743.
- [16] Yu YJ, Xu YL, Zhang MJ, et al. Value of assessing autonomic nervous function by heart rate variability and heart rate turbulence in hypertensive patients[J]. *Int J Hypertens*, 2018, 2018: 4067601.
- [17] Huikuri HV, Stein PK. Heart rate variability in risk stratification of cardiac patients[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2013, 56(2): 153–159.
- [18] 迟晔虹, 张明玥, 梁娟, 等. 心率变异性在散点图指标和时域指标中的对比分析[J]. *临床心血管病杂志*, 2019, 35(7): 628–630.
- [19] Casolo GC, Stroder P, Signorini C, et al. Heart rate variability during the acute phase of myocardial infarction[J]. *Circulation*, 1992, 85(6): 2073–2079.
- [20] Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction[J]. *Am J Cardiol*, 1987, 59(4): 256–262.
- [21] Zhang R, Chen S, Zhao Q, et al. Fragmented QRS complex is a prognostic marker of microvascular reperfusion and changes in LV function occur in patients with ST elevation myocardial infarction who underwent primary percutaneous coronary intervention[J]. *Exp Ther Med*, 2017, 13(6): 3231–3238.
- [22] Zhao Q, Zhang R, Hou J, et al. Relationship between fragmented QRS and NT-proBNP in patients with ST elevation myocardial infarction who underwent primary percutaneous coronary intervention[J]. *Acta Cardiol Sin*, 2018, 34(1): 13–22.
- [23] Onoue Y, Izumiya Y, Hanatani S, et al. Fragmented QRS complex is a diagnostic tool in patients with left ventricular diastolic dysfunction[J]. *Heart Vessels*, 2016, 31(4): 563–567.

(责任编辑:唐秋姗)