

# 碎裂QRS波在室性心律失常中的研究进展

朱璐, 吕娜, 黄艳, 肖春霞, 范咏梅

湖南省人民医院(湖南师范大学附属第一医院)马王堆院区功能科, 湖南 长沙

收稿日期: 2022年3月18日; 录用日期: 2022年4月12日; 发布日期: 2022年4月21日

## 摘要

碎裂QRS波(fragmented QRS complexes, fQRS波)是新的心电无创指标, 可通过常规体表心电图获得。目前已有大量研究表明fQRS波与冠心病、心力衰竭、心肌病等疾病关系密切。本文就fQRS波在室性心律失常中的研究现状进行综述。

## 关键词

碎裂QRS波, 室性心律失常, 主要心血管不良事件, 冠心病, 预测价值, 危险分层

# Research Advances in Relationship between Fragmented QRS Complexes and Ventricular Arrhythmia

Lu Zhu, Na Lv, Yan Huang, Chunxia Xiao, Yongmei Fan

Department of Function, Mawangdui Courtyard, Hunan Provincial People's Hospital (The First Affiliated Hospital of Hunan Normal University), Changsha Hunan

Received: Mar. 18<sup>th</sup>, 2022; accepted: Apr. 12<sup>th</sup>, 2022; published: Apr. 21<sup>st</sup>, 2022

## Abstract

Fragmented QRS complexes (fQRS) is a new non-invasive ECG index, which is achieved by conventional surface ECG. At present, many studies have shown that fQRS is related to coronary atherosclerotic heart disease, heart failure, cardiomyopathy and other diseases. This paper reviews research advances in relationship between fQRS and ventricular arrhythmia.

## Keywords

Fragmented QRS Complexes, Ventricular Arrhythmia, Major Adverse Cardiovascular Events,

## Coronary Atherosclerotic Heart Disease, Predictive Value, Risk Stratification

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

### 1. 引言

得益于经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)的发展, 心肌梗死后冠状动脉病变血管的开通越来越及时, 病理性 Q 波的出现率明显下降, 且对于非 ST 段抬高型和非 Q 波型心肌梗死的诊断, 病理性 Q 波存在局限性, 而这类型的心梗发生率逐年上升, 诊断价值更高的心电图指标被探索发现, fQRS 波是等位性 Q 波样改变, 最初研究表明: 在陈旧性心梗的诊断上 fQRS 波明显优于病理性 Q 波, 随后大量研究表明 fQRS 波与冠心病、心力衰竭、心肌病、心律失常、先天性心血管病、心脏瓣膜病等疾病同样关系密切。本文就 fQRS 波在室性心律失常中的研究现状作如下综述, 旨在为进一步研究提供借鉴。

### 2. fQRS 波的定义及发生机制

fQRS 波最初定义为在冠心病心肌梗死患者心电图冠状动脉供血区域连续相邻 2 个及以上导联新出现或已经存在 QRS 波的三相波(RSR')或多相波, 并排除了完全性或不完全性束支阻滞, QRS 波时限 < 120 ms (常称为窄 fQRS 波) [1]。随着对 fQRS 波深入研究, Das 等对 fQRS 波的定义进行了补充, 将 QRS 波时限  $\geq 120$  ms 的 fQRS 波称为宽 fQRS 波, 包括束支传导阻滞、室性期前收缩、起搏心律中的 fQRS 波[2]。目前 fQRS 波的发生机制并不十分清楚, 主要包括 5 种学说: 梗死区内阻滞、梗死区周围阻滞、多灶性梗死、局部心肌瘢痕理论、细胞间阻抗[3]。目前主流学说为局部心肌瘢痕理论, 该理论认为非透壁性心梗或散在梗死灶在电除极活动中出现延迟、不完全, QRS 波振幅降低, 同时心肌瘢痕区域电活动完全丧失, 心室内除极方向变化, 从而形成 fQRS 波, 此时心室内容易形成折返激动, 折返激动是室性心律失常发生的机制之一, 由此设想 fQRS 波与室性心律失常相关?

### 3. fQRS 波与室性心律失常的关系

#### 3.1. fQRS 波与冠心病患者发生室性心律失常的关系

室性心律失常主要包括室性早搏、室性心动过速、心室扑动和心室颤动, 是比较常见的心律失常, 多发生在有基础心脏疾病的患者中, 但健康人中也可见。大量研究表明 fQRS 波与冠心病患者发生室性心律失常相关。研究发现急性冠脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)患者出现 fQRS 波与室性心律失常密切相关[4]。Podolecki 等[5]研究发现急性 ST 段抬高型心肌梗死(acute ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI)患者住院及随访期间有 10.91% (476/4363)发生了室性心律失常。一项对 6 个不同国家 2218 例 STEMI 患者的荟萃分析[6]显示, 终点为室性快速型心律失常(室性心动过速和室颤), fQRS 波与室性快速型心律失常(ventricular tachyarrhythmias, VTA)风险增加有关。LVEF  $\leq 50\%$  或 < 60 岁且在心电图上出现 fQRS 波的 STEMI 患者更容易发生 VTA。对于 < 60 岁的 STEMI 患者, 有 fQRS 波者发生 VTA 的风险增加三倍。Attachaipanich 等[7]回顾性研究 2009~2012 年在 Siriraj 医院(泰国曼谷)诊断和治疗过的 452 名 STEMI 患者, 主要结局为威胁生命的心律失常事件, 包括持续性室性心动过速和室颤。96 例(21.2%)

有 fQRS 波, fQRS 波组威胁生命的心律失常事件明显多于非 fQRS 波组(22.9% vs 4.5%,  $P < 0.001$ )。在 fQRS 波组中, 如果在入院后 24、48 和 72 小时进行心律检查, 则可能在 16 (72.7%), 18 (81.8%)和 19 (86.4%)患者中检测到危及生命的心律失常。在非 fQRS 波组患者中, 如果在 24、48 和 72 小时进行心脏节律监测, 则可能在 14 (87.5%), 15 (93.8%)和 16 (100%)患者中检测到危及生命的心律失常。这表明, 有 fQRS 波患者可能需要在入院后监测心律超过 24~48 小时。目前建议针对 STEMI 患者监测心律的持续时间至少为 24~48 小时, 中高危患者的持续时间更长[8]。

有部分研究报道 fQRS 波与非 ST 段抬高型心肌梗死(non-ST segment elevation myocardial infarction, NSTEMI)有关, 这可能与 fQRS 波患者冠脉狭窄更严重, 导致心脏不良事件发生率升高相关。在一项包括 513 例 NSTEMI 患者的回顾性队列研究显示 fQRS 波与发生主要心血管不良事件(major adverse cardiovascular events, MACE)显著相关[9]。

### 3.2. fQRS 波与非缺血性心肌病患者发生室性心律失常的关系

Sha 等[10]研究表明, 心电图上存在 fQRS 波提示扩张型心肌病患者发生 VTA 及死亡事件的风险较高。Kyohei 等[11]对 290 名射血分数 $\leq 40\%$ 的特发性扩张型心肌病进行研究, 在平均 3.8 年的随访期间, fQRS 波 $\geq 2$  个导联是发生远期心脏不良事件的预测因子。一项针对肥厚型心肌病的回顾性研究发现室性心律失常事件更常发生在有 fQRS 波的患者[12]。

Hiroshi 等[13]通过分析 471 例 Brugada 综合征(Brugada syndrome, Brs)患者发生心室颤动(ventricular fibrillation, VF)的心电指标, 单变量分析显示, 自发性 1 型 Brs、Tpe 间期、高 ST 水平和 fQRS 波是无症状 Brs 组和有症状 Brs 组 VF 的常见预测因子。也有研究表明, 在 Brs 患者中, 右心前区导联上的 fQRS 波与 VF 的发生有关。Kataoka 等[14]对 Brs 患者(均装有 ICD)的研究发现, 右心室心律起搏出现 fQRS 波可能与 Brs 患者的自发性心室颤动相关。

### 3.3. fQRS 波与心力衰竭患者发生室性心律失常的关系

一项包含 10 项研究涉及 3885 名心力衰竭患者的荟萃分析显示[15] fQRS 波与室性心律失常和全因死亡率有关, fQRS 波组发生室性心律失常的机率增加 1.5 倍(1.51 [1.02, 2.25],  $P = 0.04$ )。Miyako 等[16]研究表明在因心衰接受心脏再同步化治疗(cardiac resynchronization therapy, CRT)的非缺血性心肌病患者中, CRT 植入后 fQRS 波与心脏性猝死(sudden cardiac death, SCD)或室性心律失常事件独立相关。

### 3.4. fQRS 波与其他心血管疾病患者发生室性心律失常的关系

fQRS 波与原发高血压患者发生复杂性室性心律失常有关[17]。这可能与 fQRS 波是高血压性心脏病心肌纤维化的标志有关[18]。Rogier 等[19]对 358 名先天性心脏病回顾性病例对照研究表明, fQRS 波可作为临床实践中识别室速的指标。fQRS 波与二尖瓣脱垂患者发生复杂的室性心律失常有关[20]。

### 3.5. fQRS 波与其他疾病患者发生室性心律失常的关系

糖尿病患者中往往也能发现室性心律失常。据报道糖尿病患者心律失常风险显著增加, 与普通人群相比[21] [22]。Hayati 等[23]研究表明 fQRS 波可能与糖尿病患者发生复杂性室性心律失常有关。目前认为糖尿病继发糖尿病心肌病引发心肌纤维化是产生 fQRS 波和发生室性心律失常的理论基础。fQRS 可预测严重肾功能不全患者非心脏手术后发生 MACE 的风险[24]。FinGesture 研究[25] 1998 年~2012 年芬兰北部 3989 例心源性猝死, 发现与休息时心源性猝死的患者相比, 体育运动时 V1-V3 导联中至少 2 个连续导联中的 fQRS 波更为常见, 该研究表明前壁导联 fQRS 波与体育运动期间心源性猝死风险增加有关。

### 3.6. fQRS 波与健康人群发生室性心律失常的关系

少数健康人亦可记录到 fQRS 波,但其 QRS 的碎裂化轻,而且常见于电轴左偏时的下壁导联或者胸前 QRS 移行区域的导联[26]。那是否这类健康人群发生室性心律失常风险升高?还需要进一步研究。

### 4. fQRS 波在心血管疾病并发室性心律失常中的预测价值

fQRS 波可预测冠心病远期再发心血管事件。Dinakrisma [27]等研究发现在 ACS 患者中, fQRS 波组 MACE 发生率明显高于非 fQRS 波组(15.8% vs 5.8%)。双变量分析显示 fQRS 波组 ACS 患者 30 天内 MACE 发生率显著高于非 fQRS 波组(RR = 2.72, 95% CI = 1.30~5.7; P = 0.008), fQRS 波可作为 ACS 患者 30 天内发生 MACE 的预测指标。在急性心肌梗死患者中, fQRS 波与预后有关,是恶性心律失常等不良心血管事件的独立预测标志物。回顾性研究[28]显示心肌梗死患者中 fQRS 波组 MACE 发生率显著高于非 fQRS 波组,多因素分析显示在 6 个月的随访期间 fQRS 波是 MACE 最强预测因子(OR = 5.929; 95% CI = 3.620~9.709; P < 0.001)。回顾性研究[29]针对 GRACE 评分 > 140 分, EF < 35% 的 STEMI 患者, fQRS 波预测心脏不良事件具有较大潜力。

PCI 术能改善心肌梗死组织中存活心肌的血液再灌注情况,使部分存活心肌恢复功能。但 PCI 术后仍有一部分心梗患者发生 MACE。尹先犁[30]等研究结果表明 STEMI 患者 PCI 术后新发 fQRS 波与院内 MACE 有关,可作为预测 MACE 的指标。

有研究表明窄 fQRS 波可预测失代偿性收缩性心衰(EF < 35%)患者心血管死亡率[31]。Serkan 等[32]研究表明 fQRS 波可能是非致密性心肌病(nondense cardiomyopathy, NCC)患者心律失常和心血管死亡的预测因子。最近有研究表明 fQRS 波可预测早期复极综合征(early repolarization syndrome, ERS)患者 VF 的复发[33]。

在一项包括 407 例植入 ICD (implantable cardioverter defibrillator, ICD)的前瞻性研究表明,特定冠状动脉区域的 fQRS 波可预测心律失常与死亡风险[34]。下壁的 fQRS 波是早期心律失常的预测指标,而后壁的 fQRS 波与死亡率有关。

### 5. fQRS 波用于心血管疾病并发室性心律失常危险分层

疾病的危险分层对于指导治疗是非常重要的。现阶段越来越多研究者把 fQRS 波纳入疾病危险分层指标之一,以及联合危险分层评分系统,探索 fQRS 波在疾病危险分层中的临床价值,为疾病的治疗提供理论依据。在 ACS 患者中, fQRS 波是患者恶性心律失常、心源性猝死的独立预测因子,提示 fQRS 波在 ACS 危险分层中有一定的作用。fQRS 波可作为心肌梗死危险分层指标。Sheng 等[35]研究表明 fQRS 波联合 TIMI 危险评分可提高急性心肌梗死患者恶性心律失常的敏感度和特异度。有 fQRS 波的心梗患者早期行血运重建可降低心血管事件的发生率。fQRS 波可作为 TIMI 评分 < 4 分早期干预治疗的指标。fQRS 波可作为心力衰竭患者植入 ICD 行一级预防的危险分层指标[15]。Sinem 等[36]研究表明 fQRS 波与肥厚型心肌病患者 5 年心脏性猝死的预测风险评分有关。

## 6. 小结

综上所述, fQRS 波作为容易获得的心电学指标,越来越受到临床医生的青睐,同时它的价值也在被不断地开发。大量研究表明 fQRS 波与室性心律失常联系紧密,不仅可预警心血管疾病不良事件,而且可作为心血管疾病危险分层指标,指导治疗。但是目前绝大多数研究集中在 fQRS 波与 MACE (包括全因死亡率、再发心肌梗死、恶性心律失常等)的研究, fQRS 波与室性早搏的关系知之甚少, fQRS 波发生的导联部位是否能提示心血管疾病发生室性心律失常的起源部位? fQRS 波切迹数目是否与心血管疾病发



生室性心律失常严重程度有关? 这些均有待进一步研究。

## 参考文献

- [1] Das, M.K., Khan, B., Jacob, S., *et al.* (2006) Significance of a Fragmented QRS Complex versus a Q Wave in Patients with Coronary Artery Disease. *Circulation*, **113**, 2495-2501. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.595892>
- [2] Das, M., Suradi, H., Maskoun, W., *et al.* (2008) Fragmented Wide QRS on a 12-Lead ECG: A Sign of Myocardial Scar and Poor Prognosis. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*, **1**, 258-268. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.107.763284>
- [3] 郭继鸿. 碎裂QRS波[J]. 临床心电学杂志, 2008, 17(1): 60-68.
- [4] 李国草, 刘艳军, 夏云龙, 高连君, 张树龙, 杨延宗, 董颖雪, 尹晓盟, 常栋. 经皮冠状动脉介入术对急性心肌梗死碎裂QRS波的影响及预后分析[J]. 中国全科医学, 2014, 17(18): 2083-2086.
- [5] Tomasz, P., Radoslaw, L., Jacek, K., *et al.* (2018) Prognostic Significance of Complex Ventricular Arrhythmias Complicating ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *American Journal of Cardiology*, **121**, 805-809. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2017.12.036>
- [6] Xu, S.B., Yang, L.H., Hong, D.H., *et al.* (2020) Predictive Value of Fragmented QRS for Ventricular Tachyarrhythmias in Patients with Acute Myocardial Infarction: A Meta-Analysis. *European Journal of Clinical Investigation*, **50**, e13182. <https://doi.org/10.1111/eci.13182>
- [7] Tanawat, A. and Rungroj, K. (2019) Fragmented QRS as a Predictor of In-Hospital Life-Threatening Arrhythmic Complications in ST-Elevation Myocardial Infarction Patients. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, **24**, e12593. <https://doi.org/10.1111/anec.12593>
- [8] Borja, I., Stefan, J., Stefan, A., *et al.* (2018) 2017 ESC Guidelines for the Management of Acute Myocardial Infarction in Patients Presenting with ST-Segment Elevation: The Task Force for the Management of Acute Myocardial Infarction in Patients Presenting with ST-Segment Elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, **39**, 119-177. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx393>
- [9] Li, M., Wang, X., Mi, S.-H., *et al.* (2016) Short-Term Prognosis of Fragmented QRS Complex in Patients with Non-ST Elevated Acute Myocardial Infarction. *Chinese Medical Journal*, **129**, 518-522. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.176989>
- [10] Sha, J., Zhang, S., Tang, M., *et al.* (2011) Fragmented QRS Is Associated with All-Cause Mortality and Ventricular Arrhythmias in Patient with Idiopathic Dilated Cardiomyopathy. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, **16**, 270-275. <https://doi.org/10.1111/j.1542-474X.2011.00442.x>
- [11] Kyohei, M., Teruo, N., Tsukasa, K., *et al.* (2021) Prognostic Impact of Multiple Fragmented QRS on Cardiac Events in Idiopathic Dilated Cardiomyopathy. *Europace*, **23**, 287-297. <https://doi.org/10.1093/europace/euaa193>
- [12] Soichiro, O., Kazufumi, N., Hiroshi, M., *et al.* (2020) New Appearance of Fragmented QRS as a Predictor of Ventricular Arrhythmic Events in Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy. *Circulation Journal*, **84**, 487-494. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-19-0968>
- [13] Hiroshi, M., Atsuyuki, W., Satoshi, K., *et al.* (2018) Identification of Electrocardiographic Risk Markers for the Initial and Recurrent Episodes of Ventricular Fibrillation in Patients with Brugada Syndrome. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, **29**, 107-114. <https://doi.org/10.1111/jce.13349>
- [14] Naoya, K., Koichi, M., Yosuke, N., *et al.* (2016) Paced QRS Fragmentation Is Associated with Spontaneous Ventricular Fibrillation in Patients with Brugada Syndrome. *Heart Rhythm*, **13**, 1497-1503. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2016.03.050>
- [15] Nathan, E., Geoffrey, D., Kevin, N., *et al.* (2022) Fragmented QRS Is Associated with Ventricular Arrhythmias in Heart Failure Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, **27**, e12910. <https://doi.org/10.1111/anec.12910>
- [16] Miyako, I., Hiroshi, T., Hiro, Y., *et al.* (2017) Fragmented QRS Is a Novel Risk Factor for Ventricular Arrhythmic Events after Receiving Cardiac Resynchronization Therapy in Nonischemic Cardiomyopathy. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, **28**, 327-335. <https://doi.org/10.1111/jce.13139>
- [17] Lutfu, B., Macit, K., Hakan, K., *et al.* (2019) Presence of Fragmented QRS May Be Associated with Complex Ventricular Arrhythmias in Patients with Essential Hypertension. *Journal of Electrocardiology*, **55**, 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2019.04.009>
- [18] Lutfu, B., Muzaffer, K., Mucahit, Y., *et al.* (2016) Fragmented QRS Complexes Are a Marker of Myocardial Fibrosis in Hypertensive Heart Disease. *Turk Kardiyoloji Dernegi Arsivi*, **44**, 554-560.
- [19] Vogels, R.J., Teuwen, C.P., Ramdjan, T., *et al.* (2017) Usefulness of Fragmented QRS Complexes in Patients with

- Congenital Heart Disease to Predict Ventricular Tachyarrhythmias. *American Journal of Cardiology*, **119**, 126-131. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2016.09.021>
- [20] Ülker, K. and Hayati, E. (2020) Fragmented QRS May Be Associated with Complex Ventricular Arrhythmias in Mitral Valve Prolapse. *Minerva Cardioangiologica*, **68**, 577-585. <https://doi.org/10.23736/S0026-4725.20.05123-3>
- [21] Huxley, R.R., Filion, K.B., Konety, S., et al. (2011) Meta-Analysis of Cohort and Case-Control Studies of Type 2 Diabetes Mellitus and Risk of Atrial Fibrillation. *American Journal of Cardiology*, **108**, 56-62. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2011.03.004>
- [22] Priori, S.G., Blomström-Lundqvist, C., Mazzanti, A., et al. (2015) 2015 ESC Guidelines for the Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death: The Task Force for the Management of Patients with Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC). *European Heart Journal*, **36**, 2793-2867.
- [23] Eren, H., Kaya, Ü., Öcal, L., et al. (2021) Presence of Fragmented QRS May Be Associated with Complex Ventricular Arrhythmias in Patients with Type-2 Diabetes mellitus. *Acta Cardiologica*, **76**, 67-75. <https://doi.org/10.1080/00015385.2019.1693117>
- [24] Cho, H.J., Kim, N., Kim, H.J., et al. (2021) Effectiveness of a New Cardiac Risk Scoring Model Reclassified by QRS Fragmentation as a Predictor of Postoperative Cardiac Event in Patients with Severe Renal Dysfunction. *BMC Cardiovascular Disorders*, **21**, Article No. 359. <https://doi.org/10.1186/s12872-021-02182-4>
- [25] Toukola, T., Junttila, M.J., Holmström, L.A., et al. (2018) Fragmented QRS Complex as a Predictor of Exercise-Related Sudden Cardiac Death. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, **29**, 55-60. <https://doi.org/10.1111/jce.13341>
- [26] 张颖, 刘兴鹏, 闫倩, 黎旭, 于立群, 刘小慧, 董建增, 马长生. 健康成年人群碎裂 QRS 波群的检出与意义[J]. 临床心血管病杂志, 2011, 27(4): 299-302.
- [27] Dinakrisma, A.A., Wijaya, I.P., Nasution, S.A., et al. (2019) The Role of Fragmented QRS (fQRS) as a Predictor of Major Adverse Cardiac Event within 30 Days in Acute Coronary Syndrome Patients: A Retrospective Cohort Study. *Acta Medica Indonesiana*, **51**, 3-9.
- [28] Dehghani, M.R., Shariati, A., Haghjou, A., et al. (2021) Prognostic Value of Fragmented QRS Complex in Patients with Acute Myocardial Infarction. *Herz*, **46**, 285-290. <https://doi.org/10.1007/s00059-020-04940-0>
- [29] Xia, W., Feng, X.-Y. and Fragmented, Q.R.S. (2018) (fQRS) Complex Predicts Adverse Cardiac Events of ST-Segment Elevation Myocardial Infarction Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention and Thrombolysis. *Medical Science Monitor*, **24**, 4634-4640. <https://doi.org/10.12659/MSM.908712>
- [30] 尹先犁, 严喜胜, 余志利. PCI 术后新发碎裂 QRS 波对 STEMI 患者院内主要心血管不良事件的预测价值[J]. 中南医学科学杂志, 2021, 49(5): 568-571. <https://doi.org/10.15972/j.cnki.43-1509/r.2021.05.017>
- [31] Ozcan, S., Cakmak, H.A., Ikitimur, B., et al. (2013) The Prognostic Significance of Narrow Fragmented QRS on Admission Electrocardiogram in Patients Hospitalized for Decompensated Systolic Heart Failure. *Clinical Cardiology*, **36**, 560-564. <https://doi.org/10.1002/clc.22158>
- [32] Cetin, M.S., Ozcan, C.E.H., Canpolat, U., et al. (2016) Usefulness of Fragmented QRS Complex to Predict Arrhythmic Events and Cardiovascular Mortality in Patients with Noncompaction Cardiomyopathy. *American Journal of Cardiology*, **117**, 1516-1523. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2016.02.022>
- [33] Yonezu, K., Shinohara, T., Sato, H., et al. (2021) Role of Fragmented QRS and Shanghai Score System in Recurrence of Ventricular Fibrillation in Patients with Early Repolarization Syndrome. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, **26**, e12873. <https://doi.org/10.1111/anec.12873>
- [34] Vandenberg, B., Robyns, T., Goovaerts, G., et al. (2017) Inferior and Anterior QRS Fragmentation Have Different Prognostic Value in Patients Who Received an Implantable Defibrillator in Primary Prevention of Sudden Cardiac Death. *International Journal of Cardiology*, **243**, 223-228. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.02.131>
- [35] Sheng, Q.-H., Hsu, C.C., Li, J.-P., et al. (2018) Combining Fragmented QRS and TIMI Score for Predicting In-Hospital Short-Term Prognosis after Acute Myocardial Infarction. *Journal of Zhejiang University Science B*, **19**, 349-353. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1700413>
- [36] Özyilmaz, S., Akgül, Ö., Uyarel, H., et al. (2017) Assessment of the Association between the Presence of Fragmented QRS and the Predicted Risk Score of Sudden Cardiac Death at 5 Years in Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy. *The Anatolian Journal of Cardiology*, **18**, 54-61. <https://doi.org/10.14744/AnatolJCardiol.2017.7593>