

心电图在急性肺动脉干及左右主肺动脉 栓塞早期诊断中的价值

杨帆 张静华 赵洛沙 肖凡凯 孙同文

【摘要】目的 探讨不同部位急性肺栓塞 (pulmonary embolism, PE) 心电图的异常特点及其早期诊断的价值。**方法** 入选郑州大学第一附属医院行 64 层肺动脉 CT 血管成像 (CT angiography, CTA) 检查确诊 PE 的住院患者 147 例, 根据栓塞部位分为肺动脉干/左右主肺动脉 (main pulmonary artery, MPA) 栓塞组 (A 组) 和叶肺动脉和 (或) 远端分支栓塞组 (B 组), 采集完善心电图、D-二聚体、BNP 及 cTnT 等检查, 统计心电图异常情况, 比较不同部位 PE 与心电图异常数目及右心室肥大 (right ventricular hypertrophy, RVH) 心电图的关系。**结果** 两组症状 (呼吸困难、晕厥发生率)、住院病死率及临床指标 cTnT、BNP 比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。A 组与 B 组心电图比较, S I Q III T III, 右束支阻滞 (Right bundle branch block, RBBB), V_1-V_3/V_6 导联 T 波倒置 (negative T waves, NTW), III、aVF 导联 ST 段压低 (ST-segment depression, STD), aVR 导联 ST 段抬高 (ST-segment elevation, STE), III、aVF 导联 NTW, V_1-V_3/V_6 STD, V_1-V_3 导联 STE 合并 V_4-V_6 导联 STD 的发生率差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。心电图诊断 RVH 的比例两组差异有统计学意义。相关分析表明 A 组与心电图异常数目显著相关 ($r = 0.782, t = -7.086, P < 0.05$)。**结论** 急性 PE 发生在肺动脉干以及左右 MPA 的患者, 心电图出现异常的种类增多, RVH 也更严重; 早期识别心电图异常对诊断急性肺动脉干以及左右 MPA 栓塞的价值更大。

【关键词】 肺栓塞; 心电图; 肺动脉干; 主肺动脉

The early diagnosis value of electrocardiographic characteristics in acute embolism in the pulmonary trunk and the main pulmonary arteries Yang Fan, Zhang Jinghua, Zhao Luosha, Xiao Fankai, Sun Tongwen

Department of Cardiology (Yang F, Zhang JH, Zhao LS), Henan Key Laboratory of Esophageal Cancer (Xiao FK), Department of Integrated ICU (Sun TW), The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

Corresponding author: Sun Tongwen, Email: suntongwen@163.com; Xiao Fankai, Email: xfkw@hotmail.com

【Abstract】Objective To investigate the abnormal characteristics of electrocardiogram and its early diagnostic value in acute pulmonary embolism (PE) of different positions. **Methods** A total of 147 hospitalized patients of acute PE diagnosed by the pulmonary artery CT angiography (CTA) were enrolled in this study and divided into the following two groups; pulmonary trunk or main pulmonary artery (MPA) embolism (group A) and lobar artery or remote branch embolism (group B). ECG, D-dimer, BNP, cTnT were collected and determined, the varieties of abnormal ECG were counted. Then, the relationships between the severities of the PEs at different positions and the corresponding ECG abnormalities as well as the degree of right ventricular hypertrophy (RVH) were analyzed. **Results** There were significant differences in dyspnea, syncope, in-hospital mortality and the level of cTnT, BNP between the two groups

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2017.07.014

作者单位: 450052 郑州, 郑州大学第一附属医院心内科 (杨帆、张静华、赵洛沙), 河南省食管癌重点开放实验室 (肖凡凯), 综合 ICU (孙同文)

通信作者: 孙同文, Email: suntongwen@163.com; 肖凡凯, Email: xfkw@hotmail.com

($P < 0.05$)。There were significant differences in the occurrence of SIQ III T III, right bundle branch block (RBBB), ST segment depression (STD) in leads III and aVF, ST segment elevation (STE) in lead aVR, negative T waves (NTWs) in leads III and aVF, STD in leads V_1 - V_3 / V_6 , and STE in leads V_1 - V_3 in combination with STD in leads V_4 - V_6 between the two groups ($P < 0.05$)。The proportion of RVH diagnosed via ECG has significantly different between the two groups. The result of correlation analysis showed that the incidence of pulmonary trunk or MPA embolism was significantly related to the number of ECG abnormalities ($r = 0.782$, $t = -7.086$, $P < 0.05$)。Conclusions The number of abnormal ECGs increase and the RVH is more serious when PE occurring in pulmonary trunk as well as in the MPA, early recognition of electrocardiographic abnormalities is of greater value in the diagnosis of acute pulmonary trunk and MPA embolism.

【Key words】 Pulmonary embolism; Electrocardiogram; Pulmonary trunk; Main pulmonary artery

急性肺栓塞 (pulmonary embolism, PE) 是临床常见的急危重症, 具有不典型性、多变性及高致死性等特点, 由于栓子大小及其肺动脉栓塞的部位、程度、发生速度和患者心肺的基础状态差异, PE 的临床表现多种多样^[1]。临床医生对 PE 的识别和认识能力差别也较大, 漏诊率和误诊率较高。虽然肺动脉造影及肺动脉 CT 血管成像 (CT angiography, CTA) 可以确诊 PE 和评估其严重程度, 但缺点是耗时和要求专业仪器。心电图作为一种简便、无创、经济有效的检测手段在急性 PE 的早期诊断、鉴别诊断以及危险分层等方面均具有一定的参考价值^[2]。因此临床医生需要提高对急性 PE 患者心电图的认识, 特别是栓塞累及肺动脉干及左右主肺动脉 (main pulmonary artery, MPA) 的心电图判读价值更大。本研究分析急性 PE 患者心电图及相关临床资料, 探讨心电图学指标在不同栓塞部位的 PE 临床诊疗中的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集 2011 年 3 月至 2015 年 4 月在郑州大学第一附属医院住院的经 64 层肺动脉 CTA 检查确诊的急性 PE 患者 147 例, 年龄 (56.36 ± 15.0) 岁, 女性 86 例, 男性 61 例。入选标准符合《急性肺血栓栓塞症诊断与治疗中国专家共识》^[3]; 排除标准: 重度慢性阻塞性肺病、心肌病、心脏瓣膜病、急性冠脉综合征、急性感染、急性脑血管疾病、慢性肺栓塞。所有患者均于入院 24 h 内行心电图检查及肺动脉 64 层 CTA 检查, 并详细记录其他临床资料: 如发病时症状、体征, 完善 D-二聚体、BNP 及 cTnT 等指标。根据肺动脉干及左右 MPA 是否发生栓塞将入选患者分为肺动脉干/左右 MPA 栓塞组 (A 组,

58 例) 和叶肺动脉和 (或) 远端分支栓塞组 (B 组, 89 例)。

1.2 心电图分析

常规 12 导联心电图走纸速度为 25 mm/s, 标准电压为 10 mV。与急性 PE 有关的心电图变化包括: (1) SIQ III T III, (2) 完全性或不完全性右束支阻滞 (right bundle branch block, RBBB), (3) 肢体导联 QRS 波低电压, (4) 窦性心动过速, (5) 室上性心律失常, (6) QTc 间期延长, (7) 右心室肥大 (right ventricular hypertrophy, RVH), (8) III、aVF、 V_1 至 V_3 / V_4 导联 T 波倒置 (negative T waves, NTW), (9) 发生 NTW 的导联个数, (10) V_1 至 V_6 导联 ST 段压低 (ST-segment depression, STD), (11) aVR、III、 V_1 - V_3 / V_4 导联 ST 段抬高 (ST-segment elevation, STE), (12) PR 段压低。SIQ III T III 定义为 I 导联 S 波及 III 导联 Q 波振幅 ≥ 1.5 mm, III 导联出现 NTW。完全性或不完全性右束支阻滞与传统的诊断标准一致。肢体导联 QRS 波低电压定义为所有肢体导联 QRS 波振幅 < 5 mm, 窦性心动过速定义为窦性节律 > 100 次/min, NTW 诊断条件是除了 aVR 或 aVL 导联, 其他导联 NTW 的深度 > 0.5 mm。室上性心律失常包括房性早搏、心房扑动、心房颤动, QTC 间期延长定义为 QTc ≥ 440 ms, RVH 诊断标准为轻度: (1) QRS 电轴轻度右偏, (2) V_1 导联呈 rS 或 rsR', V_5 导联呈 RS 或 Rs 型, 或 V_1 - V_6 导联均呈 rS 或 QS 型; 中度: (1) QRS 电轴中度右偏, (2) V_1 导联呈 Rs 或 RS, V_4 - V_6 导联呈 RS 或 Rs 型; 重度: (1) QRS 电轴重度右偏, (2) V_1 导联呈 qR 型或 R 型, V_4 - V_6 导联呈 rS 或 QS 型。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 19.0 统计软件包进行数据分析, 计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 符合正态分

布采用成组 t 检验, 非正态分布采用 Friedman 秩和检验; 计数资料采用 χ^2 检验; 相关分析采用 Pearson 相关; 采用 Logistic 回归分析不同部位 PE 与心电图异常数目及 RVH 程度的关系。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

入选患者 147 例, 其中 A 组 58 例, B 组 89 例。两组间年龄、性别比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 患者症状中呼吸困难发生率最高 (42.2%); 其中呼吸困难、晕厥发生率两组比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。两组间住院病死率比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。两组间 D-二聚体、cTnT 及 BNP 指标比较, 其中 cTnT 及 BNP 值差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 1。

2.2 所有入选患者心电图异常情况

A 组与 B 组比较, S I Q III T III、RBBB 的

率差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。A 组 V_1-V_3/V_6 导联 NTW 的发生率高达 70.7%, 明显高于 B 组 21.4% 的发生率 ($P < 0.05$)。两组间 III、aVF 导联 STD, aVR 导联 STE, III、aVF 导联 NTW, V_1-V_3/V_6 STD, V_1-V_3 导联 STE 合并 V_4-V_6 导联 STD 的发生差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。另外, A 组的 NTW 个数显著多于 B 组 ($P < 0.05$)。QT 间期延长的发生率 A 组高于 B 组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。A 组 PR 段压低的发生率也明显高于 B 组 ($P < 0.05$), 见表 2。

急性 PE 患者中, 窦性心动过速的发生率为 29.9%, A 组发生率明显高于 B 组 ($P < 0.05$); 房性心律失常的发生情况在两组中差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 2。

心电图诊断 RVH 的患者共有 26 例, 其中 A 组心电图诊断 RVH 的比例明显高于 B 组 ($P < 0.05$), (表 2)。而且两组中度、重度 RVH 的发生情况差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 3。

表 1 两组患者的临床资料比较

Table 1 Comparison of general parameters between two groups

指标	总体 ($n=147$)	A 组 ($n=58$)	B 组 ($n=89$)	t/χ^2 值	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	56.4 ± 15.0	55.4 ± 16.2	57.2 ± 11.2	0.771	0.441
男性 (例, %)	61 (41.5)	29 (50.0)	32 (36.0)	2.853	0.091
症状 (例, %)					
呼吸困难	62 (42.2)	43 (74.1)	19 (21.3)	40.126	0.000 ^a
胸痛	22 (15.0)	9 (15.5)	13 (14.6)	0.023	0.880
咯血	12 (8.2)	5 (8.6)	7 (7.9)	0.027	0.870
咳嗽	39 (26.5)	15 (25.9)	24 (27.0)	0.022	0.882
晕厥	12 (8.2)	8 (13.8) ^a	4 (4.5)	4.050	0.044 ^a
住院病死率 (例, %)	6 (4.08)	6 (10.3) ^a	0 (0)	9.599	0.002 ^a
D-二聚体 (mg/L, $\bar{x} \pm s$)	9.6 ± 2.9	10.6 ± 3.4	8.6 ± 2.1	1.636	0.119
cTnT (ng/mL, $\bar{x} \pm s$)	1.0 ± 0.5	1.3 ± 0.6	0.8 ± 0.4	2.307	0.033 ^a
BNP (pg/mL, $\bar{x} \pm s$)	398.3 ± 179.9	547.0 ± 113.9	249.6 ± 78.8	6.789	0.000 ^a

注: A 组与 B 组比较, ^a $P < 0.05$

2.3 相关性分析

参考表 2 显示的 17 种心电图异常变化, 将每位 PE 患者心电图异常的数目加和 (表 4), 以此作为心电图变化严重程度的量化指标。并分别与 A 组和 B 组进行相关性分析, 结果显示 A 组与心电图异常数目显著相关 ($r = 0.782$, $t = -7.086$, $P < 0.05$), 而 B 组与心电图变化的异常数目相关性不显著 ($r = 0.012$, $t = 1.438$, $P > 0.05$)。

2.4 回归分析

2.4.1 不同部位 PE 与心电图异常数目的回归分析 同样参考上述 17 种心电图异常变化, 对不同

部位 PE 患者的心电图异常数目 (表 4) 进行单因素 Logistic 回归分析, 结果显示, 心电图异常个数对是否发生肺动脉干/MPA 栓塞的灵敏度为 5.276, 也就是说心电图异常个数每增加 1 个, 肺动脉干/MPA 栓塞发生的概率增加为原来的 5.276 倍 ($P < 0.05$, 95% CI: -6.57 ~ -3.97)。

2.4.2 不同部位 PE 与 RVH 程度的心电图回归分析 对不同部位的 PE 与 RVH 程度进行单因素 Logistic 回归分析, 结果显示与 B 组的患者比较, A 组患者发生中、重度 RVH 的风险增加 16.18% ($OR = 0.162$, $P < 0.05$, 95% CI: -2.76 ~ -

0.876), 见表 3

表 2 PE 患者心电图异常的分布情况 (例,%)

Table 2 Comparison of ECG abnormalities between two groups (case,%)

心电图异常类型	总体	A 组	B 组	W 秩统计量	P 值
窦性心动过速	44 (29.9)	27 (46.6)	17 (19.1)	3 259	0.000 ^a
房性心律失常	14 (9.5)	6 (10.3)	8 (9.0)	2 474	0.720
RVH	26 (17.7)	19 (32.8)	7 (7.9)	1 841	0.000 ^a
S I Q III T III	28 (19.1)	19 (32.8)	9 (10.1)	3 123	0.000 ^a
RBBB	12 (8.5)	11 (19.0)	1 (1.1)	2 999	0.000 ^a
aVR 导联 STE	26 (17.7)	19 (32.8)	7 (7.9)	3 142	0.000 ^a
III、aVF 导联 STD	40 (27.2)	26 (44.8)	14 (15.7)	3 298	0.000 ^a
III、aVF 导联 NTW	27 (28.4)	18 (31.0)	9 (10.1)	3 078	0.001 ^a
V ₁ -V ₃ /V ₆ 导联 NTW	60 (40.8)	41 (70.7)	19 (21.4)	3 788	0.000 ^a
V ₁ -V ₃ /V ₄ 导联 STE	6 (4.1)	4 (6.9)	2 (2.3)	2 396	0.148
V ₁ -V ₃ /V ₆ 导联 STD	19 (12.9)	12 (20.7)	7 (7.9)	2 176	0.018 ^a
V ₁ -V ₃ 导联 STE 合并 V ₄ -V ₆ 导联 STD	11 (7.5)	9 (15.5)	2 (2.5)	2 171	0.002 ^a
III 导联 STE	5 (3.4)	2 (3.5)	3 (3.4)	2 526	0.944
QRS 低电压	14 (9.5)	4 (6.9)	10 (11.2)	2 390	0.322
QTC 间期延长	15 (10.2)	9 (15.5)	6 (6.7)	2 757	0.070
PR 段压低	11 (7.5)	10 (17.2)	1 (1.1)	2 942	0.000 ^a
NTW 个数	1.6 ± 2.5	2.9 ± 2.7	0.8 ± 1.9	1 414	0.000 ^a

注: A 组与 B 组比较, ^aP < 0.05

表 3 PE 患者心电图诊断不同程度的 RVH 分布 (例,%)

Table 3 The proportion of RVH diagnosed via ECG (case,%)

RVH 程度	总体	A 组	B 组
轻度	6 (4.1)	3 (5.2)	3 (3.4)
中度	9 (6.1)	7 (12.1)	2 (2.3) ^a
重度	11 (7.5)	9 (15.5)	2 (2.3) ^a
合计	26 (17.7)	19 (32.8)	7 (7.9)

注: A 组与 B 组比较, ^aP < 0.05

表 4 具有不同数目心电图异常的 PE 患者分布

Table 4 The number of abnormal ECG in patients with PE (case,%)

心电图异常数目	总体	A 组	B 组
1	24 (16.3)	8 (13.8)	16 (18.0)
2	13 (8.8)	4 (6.9)	8 (9.0)
3	9 (6.1)	6 (10.3)	3 (3.4)
4	17 (11.5)	13 (22.4)	4 (4.5)
5	11 (7.5)	6 (10.3)	5 (5.6)
6	15 (10.2)	11 (19.0)	4 (4.5)
7	5 (3.4)	3 (5.2)	2 (2.3)
8	3 (2)	3 (5.2)	0 (0.0)
9	1 (0.6)	1 (1.7)	0 (0.0)

3 讨论

本研究入选急性 PE 患者, 其中呼吸困难的临床症状发生率最高 (42.2%), 而且主要集中在肺动脉

干/左右 MPA 栓塞组, 与叶肺动脉和 (或) 远端分支栓塞组比较差异有统计学意义。晕厥发生率及住院病死率两组间差异有统计学意义, 说明栓子栓塞肺血管的范围直接影响患者的临床表现和严重程度。这与 Miniati 等^[4]研究 PE 常见临床症状报道类似。在肺动脉干/左右 MPA 栓塞患者 cTnT 及 BNP 值升高明显, 提示其与栓塞的范围有关, 与国内研究一致^[5-6]。目前国内外关于心电图异常与 PE 的关系研究不少^[7], 但按栓塞肺血管的部位分组进行系统研究还少见报道。本研究发现肺动脉干及左右 MPA 栓塞患者更易出现窦性心动过速, 中、重度 RVH, S I Q III T III 等心电图异常; V₁-V₃/V₆ 导联 NTW 的发生率较高达 70.7%, 而且 NTW 的个数也明显高于叶肺动脉和 (或) 远端分支栓塞的患者。相关性分析指出肺动脉干和左右 MPA 栓塞与心电图出现异常种类的数目显著相关, 进一步的回归分析结果显示与较小肺动脉栓塞比较, 肺动脉干和左右 MPA 栓塞后, 心电图出现异常变化的数目增多, 而且发生中、重度 RVH 的风险明显增加。这也提示心电图出现上述异常时要高度重视, 积极进行下一步检查或治疗。心电图异常对急性 PE 特别是急性肺动脉干/左右 MPA 栓塞患者诊断价值更大。

急性 PE 时由于内源性或外源性栓子导致肺动

脉急性堵塞,右心室压力骤然增加,产生肺动脉高压,右心室负荷增加,导致右心扩大等改变,栓子堵塞肺动脉干及左右 MPA 与较小肺动脉栓塞比较,右心室压力也不同,栓塞部位不同对右心功能影响不同^[8],其症状及心电图变化都有差别。心电图作为简便快速的评估指标,能初步识别不同部位 PE 心电图的特点,对早期制定临床诊疗策略有一定的价值。S I Q III T III 征是急性 PE 重要的心电图改变,但不是确诊性图形。S I Q III T III 的出现多数由大块栓塞引起,是患者出现了急性右心室扩张、QRS 波初始向量向右上偏移的结果。与 PE 有关的 RBBB 经常是一过性的,有研究指出 RBBB 是大面积 PE 引起急性右心室负荷过重的特征性心电图变化。有研究认为新发的 RBBB 是肺动脉主干完全堵塞的标志,其还被认为预测 PE 患者 30 d 发生死亡情况的独立因素^[9]。本研究结果也显示肺动脉干/左右 MPA 栓塞的患者,RBBB 的发生率较高。急性 PE 患者心电图异常发生率最高的是非特异性 ST-T 改变^[10]。关于 ST-T 改变的原因,目前仍没有明确定论。有部分学者认为肺动脉压增高致使右心室扩张,出现心肌缺血和心功能不全有关^[11-12]。上述病理生理学变化可导致心电图出现 RVH 的图形,右心室扩张的心电图变化已经被证明与肺血管阻塞的程度和急性 PE 的预后有关系^[13]。本研究结论与之类似。

总之,本研究通过心电图这种方便、快捷、廉价、无创、普及范围较广的检查手段,分析了肺动脉干/左右 MPA 栓塞患者心电图特点,充分发挥心电图在急性 PE 初筛、诊断方面的一定优势。经过临床症状和判读心电图异常后,大致对 PE 患者栓塞部位、转归判断,尽早行肺动脉 CTA 或肺动脉造影来明确诊断,有利于及时治疗,降低病死率。但本研究样本量较小,还需更大样本的临床研究进一步验证。

参考文献

- [1] Das M, Wildberger JE. Diagnostics of acute pulmonary embolism: An update [J]. *Radiologe*, 2016, 56 (6): 543-556. DOI: 10.1007/s00117-016-0100-3.
- [2] Abarca E, Baddi A, Manrique R. ECG manifestations in submassive

- and massive pulmonary embolism. Report of 4 cases and review of literature [J]. *J Electrocardiol*, 2014, 47 (1): 75-79. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2013.06.019.
- [3] 中华医学会心血管病学分会肺血管病学组,中国医师协会心血管内科医师分会. 急性肺血栓栓塞症诊断治疗中国专家共识 [J]. *中华内科杂志*, 2010, 49 (1): 74-81. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2010.01.026.
- [4] Miniati M, Cenci C, Monti S, et al. Clinical presentation of acute pulmonary embolism: survey of 800 cases [J]. *PLoS One*, 2012, 7 (2): e30891. DOI: 10.1371/journal.pone.0030891.
- [5] 史玉爽,杨媚. 心脏彩超和心肌肌钙蛋白 T 及心电图评估急性肺栓塞临床价值 [J]. *临床医药实践*, 2015, 24 (4): 270-273.
- [6] 张志忠,王国兴,谢苗荣,等. B 型尿钠肽在急性肺栓塞早期病情评估的意义 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2012, 21 (6): 638-641. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2012.06.019.
- [7] Boey E, Teo SG, Poh KK. Electrocardiographic findings in pulmonary embolism [J]. *Singapore Med J*, 2015, 56 (10): 533-537. DOI: 10.11622/smedj.2015147.
- [8] 王燕林,木合拜提·买合苏提,刘文亚,等. CT 肺动脉造影对大面积肺栓塞严重程度的评估 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2016, 24 (1): 8-11. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2016.01.003.
- [9] 陈雪薇,陈宏. 影响肺栓塞患者 30 天预后的危险因素 [J]. *临床肺科杂志*, 2017, 22 (4): 755-758. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6663.2017.04.049.
- [10] Zhang F, Qian J, Dong L, et al. Multiple ST-segment elevations in anterior and inferior leads: an unusual electrocardiographic manifestation in acute pulmonary embolism [J]. *Int J Cardiol*, 2012, 160 (2): 18-20. DOI: 10.1016/j.ijcard.2011.12.116.
- [11] Zhong-Qun Z, Chong-Quan W, Nikus KC, et al. A new electrocardiogram finding for massive pulmonary embolism: ST elevation in lead aVR with ST depression in leads I and V₄ to V₄ [J]. *Am J Emerg Med*, 2013, 31 (2): 456.e5-8. DOI: 10.1016/j.ajem.2012.08.001.
- [12] Zhong-Qun Z, Bo Y, Nikus KC, et al. Correlation Between ST-Segment Elevation and Negative T Waves in the Precordial Leads in Acute Pulmonary Embolism: insights into serial electrocardiogram changes [J]. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 2014, 19 (4): 398-405. DOI: 10.1111/ane.12115.
- [13] Stergiopoulos K, Bahrainy S, Strachan P, et al. Right ventricular strain rate predicts clinical outcomes in patients with acute pulmonary embolism [J]. *Acute Card Care*, 2011, 13 (3): 181-188. DOI: 10.3109/17482941.2011.606468.

(收稿日期: 2017-03-04)

(本文编辑: 郑辛甜)