

## · 影像与诊断 ·

## 心脏手术患者体外循环心脏复跳后心电图Ⅱ导联 QRS 波演变情况及临床意义

张军, 赵雪屏, 高文燕

**【摘要】** 背景 体外循环(CPB)是替代心脏手术患者术中心肺功能的重要方式,准确预测 CPB 心脏复跳患者心功能恢复情况至关重要。心脏复跳后心电图 QRS 波演变或与心肌细胞功能恢复有一定关系,目前国内外尚无系统研究具体分析 QRS 波演变情况对心肌功能的预测价值。目的 探讨心脏手术患者 CPB 心脏复跳后心电图Ⅱ导联 QRS 波演变情况及临床意义。方法 选取 2019 年 1 月—2020 年 8 月山西省心血管病医院心脏外科收治的 CPB 心脏手术患者 180 例,其中瓣膜置换术 108 例,瓣膜成形术 47 例,冠状动脉旁路移植术(CABG)15 例,瓣膜置换术联合 CABG 10 例。观察患者 CPB 心脏复跳后心电图Ⅱ导联 QRS 波演变情况,记录术中主动脉阻断时间。比较不同手术方式患者 CPB 心脏复跳后 15、30、>30 min 心电图Ⅱ导联 QRS 波演变发生率;比较 CPB 心脏复跳心电图Ⅱ导联 QRS 波是否演变患者的术中主动脉阻断时间;比较 QRS 波时限 < 110 ms 与 QRS 波时限 ≥ 110 ms 患者心功能指标[纽约心脏病协会(NYHA)分级、左心室射血分数(LVEF)、血清 N 末端脑钠肽前体(NT-proBNP)水平]。采用 Spearman 秩相关性分析分别探讨心脏手术患者 CPB 心脏复跳后心电图Ⅱ导联 QRS 波时限与心功能指标的相关性。结果 术前,心脏手术患者心电图Ⅱ导联 QRS 波表现为主波向下,呈 rS 型。143 例(79.44%)患者自 CPB 心脏复跳即刻自主心律和呼吸频率逐渐恢复正常,心电图Ⅱ导联 QRS 波呈 Rs 型伴增宽;CPB 心脏复跳后 15 min, QRS 波呈 rS 型伴 S 波增宽;CPB 心脏复跳后 30 min, QRS 波呈 Rs 型,时程恢复正常;CPB 心脏复跳后 35 min, QRS 波呈 Rs 型,时程缩短,而后逐渐恢复至术前形态。不同手术方式患者 CPB 心脏复跳后 15、30、>30 min 心电图Ⅱ导联 QRS 波演变发生率比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。CPB 心脏复跳后心电图Ⅱ导联 QRS 波发生演变者的主动脉阻断时间短于 CPB 心脏复跳后心电图Ⅱ导联 QRS 波未发生演变者( $P < 0.001$ )。180 例患者中, QRS 波时限 < 110 ms 者 88 例, QRS 波时限 ≥ 110 ms 者 92 例。QRS 波时限 < 110 ms 患者 NYHA 分级优于 QRS 波时限 ≥ 110 ms 患者, LVEF 高于 QRS 波时限 ≥ 110 ms 患者,血清 NT-proBNP 水平低于 QRS 波时限 ≥ 110 ms 患者( $P < 0.05$ )。Spearman 秩相关分析结果显示,心脏手术患者 CPB 心脏复跳后心电图Ⅱ导联 QRS 波时限与 LVEF 呈负相关( $r_s = -0.654, P < 0.001$ ),与 NYHA 分级、血清 NT-proBNP 水平呈正相关( $r_s$  值分别为 0.634、0.627,  $P$  值均 < 0.001)。结论 心脏手术患者 CPB 心脏复跳后自主心律和呼吸逐渐恢复,心电图Ⅱ导联 QRS 波逐渐演变为主波向下,呈 Rs 型,时程缩短,直至恢复至术前形态,术中主动脉阻断时间可能会影响患者 CPB 心脏复跳后心电图Ⅱ导联 QRS 演变情况,而 QRS 波时限越长,心功能损伤越严重,故推测心电图Ⅱ导联 QRS 波或可作为临床评估心功能的重要指标。

**【关键词】** 心脏外科手术;体外循环;心脏复跳;心电图;QRS 波;心肌功能

**【中图分类号】** R 654.2 R 654.1 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2021.00.279

张军, 赵雪屏, 高文燕. 心脏手术患者体外循环心脏复跳后心电图Ⅱ导联 QRS 波演变情况及临床意义 [J]. 实用心肺脑血管病杂志, 2021, 29( ? ): ? - ? . [ [www.syxf.net](http://www.syxf.net) ]

ZHANG J, ZHAO X P, GAO W Y. Evolution and clinical significance of QRS wave of ECG lead II after cardiopulmonary bypass cardiac repulse of patients undergoing cardiac surgery [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2021, 29( ? ): ? - ? .

**Evolution and Clinical Significance of QRS Wave of ECG Lead II after Cardiopulmonary Bypass Cardiac Repulse of Patients Undergoing Cardiac Surgery** ZHANG Jun, ZHAO Xueping, GAO Wenyan

Department of Cardiopulmonary Bypass, Shanxi Cardiovascular Hospital, Taiyuan 030024, China

Corresponding author: ZHANG Jun, E-mail: 13834236808@163.com

**【Abstract】** **【Background】** Cardiopulmonary bypass (CPB) is an important way to replace the pulmonary function of patients undergoing cardiac surgery, and it is very important to accurately predict the recovery of cardiac function of patients with CPB cardiac repulse. The evolution of QRS wave in ECG after cardiac repulse may be related to the recovery of myocardial cell

030024 山西省太原市, 山西省心血管病医院体外循环科

通信作者: 张军, E-mail: 13834236808@163.com



function. At present, there is no systematic study to specifically analyze the predictive value of QRS wave evolution on myocardial function at home and abroad.

**Objective** To discuss the evolution and clinical significance of QRS wave of ECG lead II after CPB cardiac repulse of patients undergoing cardiac surgery.

**Methods** A total of 180 patients who underwent cardiac surgery under CPB in Cardiac Surgery Department, Shanxi Cardiovascular Hospital from January 2019 to August 2020 were selected, among them, there were 108 cases of valve replacement, 47 cases of valvuloplasty, 15 cases of coronary artery bypass grafting (CABG) and 10 cases of valve replacement combined with CABG. Observed the evolution of QRS wave in lead II of ECG after CPB cardiac repulse, and recorded the intraoperative aortic occlusion time. Incidence of QRS wave evolution in lead II of ECG at 15, 30 and >30 min after CPB cardiac repulse were compared of patients with different operation methods; intraoperative aortic occlusion time were compared between the patients with QRS wave evolution or not of ECG lead II after CPB cardiac repulse; and the cardiac function indexes [New York Heart Association (NYHA) grade, left ventricular ejection fraction (LVEF), N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP)] were compared of patients with QRS wave duration <110 ms and patients with QRS wave duration  $\geq 110$  ms. Spearman rank correlation analysis was used to explore the correlation between QRS time limit in lead II of ECG and cardiac function indexes after CPB cardiac repulse of patients underwent cardiac surgery.

**Results** Before operation, the QRS wave in lead II of ECG of patients undergoing cardiac surgery showed the main wave downward, showing RS; 43 cases (79.44%) of spontaneous heart rhythm and respiratory rate gradually returned to normal immediately after the CPB cardiac repulse again, and the QRS wave in lead II of ECG showed RS type with widening; 15 min after CPB cardiac repulse, QRS wave showed RS type with S wave widening; 30 min after CPB cardiac repulse, QRS wave showed RS type and the time course returned to normal; 35 min after CPB cardiac repulse, the QRS wave showed RS type, the time course was shortened, and then gradually returned to the preoperative shape. There was no significant difference in incidence of QRS wave evolution in lead II of ECG at 15, 30 and >30 min after CPB cardiac repulse of patients with different operation methods ( $P > 0.05$ ). Intraoperative aortic occlusion time of patients with QRS wave evolution of ECG lead II after CPB cardiac repulse was shorter than that of patients without QRS wave evolution ( $P < 0.05$ ). Of 180 cases of patients, 88 cases for QRS wave time limit <110 ms, 92 cases for QRS wave time limit  $\geq 110$  ms. NYHA grade of patients with QRS wave time limit <110 ms was better than that of patients of QRS wave time limit  $\geq 110$  ms, LVEF was higher than that of patients of QRS wave time limit  $\geq 110$  ms, serum NT-proBNP level was lower than that of patients of QRS wave time limit ( $P < 0.05$ ). Spearman rank correlation analysis showed that, QRS wave time limit of lead II of ECG was negatively correlated with LVEF ( $r_s = -0.654$ ,  $P < 0.001$ ), and was positively correlated with NYHA grade and serum NT-proBNP level of patients after CPB cardiac repulse, respectively ( $r_s$  value was 0.634, 0.627, respectively;  $P$  value < 0.001).

**Conclusion** The spontaneous rhythm and breathing of CPB cardiac repulse patients after cardiac surgery gradually recovered, and the QRS wave in lead II of ECG gradually evolved into the main wave downward, showing RS type, and the time course is shortened until it returned to the preoperative shape. Intraoperative aortic occlusion time may affect the QRS evolution in lead II of ECG after CPB cardiac repulse. The longer the QRS wave time limit, the more serious the damage of cardiac function. Therefore, it is speculated that QRS wave in lead II of ECG may be an important index for clinical evaluation of cardiac function.

**【Key words】** Cardiac surgical procedures; Extracorporeal circulation; Cardiopulmonary bypass; Electrocardiogram; QRS wave; Myocardial function

全球每年有超百万患者接受心脏手术, 体外循环 (cardiopulmonary bypass, CPB) 是替代心脏手术患者术中心肺功能的重要方式。心脏手术需在心脏停跳的情况下进行, 极易因心肌缺血和再灌注损伤而导致心肌细胞功能恢复缓慢<sup>[1]</sup>, 但如何准确地评价 CPB 心脏复跳患者心肌功能恢复情况尚缺乏客观的参考指标。QRS 波是心室除极的整体波, 代表室间隔、左心室和右心室的除极电位, 心电图表现为高而尖的偏折波群<sup>[2-3]</sup>, 第 1 个负向偏折波被称为 Q 波, 第 1 个正向偏折波被称为 R 波, 正向波后的负向偏折波称为 S 波, 合称为 QRS 波<sup>[4]</sup>。临床研究表明, CPB 心脏复跳患者心电图 QRS 波变化或与心肌细胞功能恢复有一定关系<sup>[5]</sup>。但目前国内外尚无系统研究具体分析 QRS 波对心肌功能的预测价值。基于此, 本研究旨在探讨心脏手术患者 CPB 心脏复跳后心电图 II 导联 QRS 波演变情况及临床意义, 现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选取 2019 年 1 月—2020 年 8 月山西省心血管病医院心脏外科行 CPB 心脏手术患者 180 例。纳入标准: (1) 年龄 18~75 岁; (2) 窦性心律; (3) 接受 CPB 心脏手术, 且术后接受心电监测; (4) 自愿参与本研究, 并签署知情同意书。排除标准: (1) 术前存在房室传导阻滞、束支传导阻滞、旁路传导或起搏心律者; (2) 心房颤动者; (3) 严重肝肾功能衰竭或严重感染者; (4) 临床资料不完整者。所有患者中, 男 96 例, 女 84 例; 年龄 24~74 岁, 平均  $(56.4 \pm 12.4)$  岁; 合并症: 高血压 68 例, 高脂血症 46 例, 糖尿病 52 例; 手术方式: 瓣膜置换术 108 例, 瓣膜成形术 47 例, 冠状动脉旁路移植术 (coronary artery bypass grafting, CABG) 15 例, 瓣膜置换联合 CABG 10 例。本研究经山西省心血管病医院伦理委员会审核批准, 患者对本研究知情并签署知情同意书。



1.2 方法 患者麻醉前 30 min 肌肉注射东莨菪碱 0.05 mg/kg、吗啡 0.1 mg/kg；患者进入手术室后，予以面罩吸氧，应用多功能监护仪动态监测其脉搏血氧饱和度及无创血压，并静脉注射地西洋 0.10 mg/kg、依托咪酯 0.15 mg/kg、芬太尼 20  $\mu$ g/kg 和哌库溴铵 0.1 mg/kg 行麻醉诱导，而后予以气管插管行机械通气，设置潮气量为 8~10 ml，呼吸频率为 12~15 次/min，动脉血二氧化碳分压为 4.6~6.0 kPa；术中，静脉予以泵注芬太尼 70~100  $\mu$ g/kg、异丙酚 100  $\mu$ g/kg 以维持麻醉。

应用德国 Stockert III 型人工心肺机、德国 Stockert III 型变温器配合 Terumo 膜式氧合器进行中低温（28~32  $^{\circ}$ C）非搏动 CPB 灌注，患者平均动脉压为 50~80 mm Hg（1 mm Hg=0.133 kPa），故设置灌注压力为 180~220 mm Hg，在此期间采用冷血液停跳液进行心肌灌注，使心脏在停跳期间也能进行有氧代谢，以减轻心肌缺血及再灌注损伤。

### 1.3 观察指标

1.3.1 心电图 II 导联 QRS 波形态、主波方向演变 应用 GE 多功能监护仪监测患者心电情况，以心脏恢复节律规整的自主心律为起点，连续观察患者 CPB 心脏复跳后心电图 II 导联 QRS 波变化情况，包括 QRS 波形态、主波方向变化。比较不同手术方式患者 CPB 心脏复跳后 15、30、> 30 min QRS 波演变发生率，记录患者术中主动脉阻断时间。将 QRS 波由异常形态向正常形态变化视为 QRS 波发生演变，时间段的选择参考文献<sup>[6]</sup>。

由专业诊断医师通过人工加全自动选择 QRS 波时限最长的导联测量，均测量 3 个 QRS 波取平均值。

1.3.2 心功能指标 比较 QRS 波时限 < 110 ms 与 QRS 波时限  $\geq$  110 ms 患者心功能指标，包括纽约心脏病协会（New York Heart Association, NYHA）分级〔I 级：无明显心力衰竭或心功能不全的临床表现及症状；II 级：出现左心衰竭症状，肺部啰音范围 < 50% 肺野，静脉压升高；III 级：出现明显心力衰竭或心功能不全症状及体征，肺部啰音范围  $\geq$  50% 肺野；IV 级：并发低血压或心源性休克，并伴不同程度血流动力学改变〕、左心室射血分数（left ventricular ejection fraction, LVEF）、血清 N 末端脑钠肽前体（N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP）水平，其中 LVEF 是应用 Philips-IU22 彩色多普勒超声诊断仪测得。抽取患者空腹肘静脉血 5 ml，3 500 r/min 离心 10 min（离心半径为 13.5 cm），取上清液；采用酶联免疫吸附试验检测血清 NT-proBNP 水平。QRS 波时限指 QRS 波起点到终点的时程，参考范围为 60~100 ms，最多不超过 110 ms<sup>[7]</sup>。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 20.0 统计学软件进行数据处理。计数资料以相对数表示，组间比较采用  $\chi^2$  检验，等级资料比较采用秩和检验；计量资料以（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，组间比较采用两独立样本  $t$  检验；采用 Spearman 秩相关性分析分别探讨心脏手术患者 CPB 心脏复跳后心电图 II 导联 QRS 波时限与心功能指标的相关性。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 心脏手术患者 CPB 心脏复跳后心电图 II 导联 QRS 波形态演变情况 术前，心脏手术患者心电图 II 导联 QRS 波表现

为主波向下，呈 rS 型。143 例（79.44%）患者自 CPB 心脏复跳即刻自主心律和呼吸频率逐渐恢复正常，QRS 波呈 Rs 型伴增宽；CPB 心脏复跳后 15 min，QRS 波呈 rS 型伴 S 波增宽；CPB 心脏复跳后 30 min，QRS 波呈 Rs 型，时程恢复正常；CPB 心脏复跳后 35 min，QRS 波呈 Rs 型，时程缩短，而后逐渐恢复至术前形态。不同手术方式患者 CPB 心脏复跳后 15、30、> 30 min QRS 波演变发生率比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ），见表 1。

表 1 不同手术方式患者 CPB 心脏复跳后不同时间点心电图 II 导联 QRS 波演变发生率比较〔n（%）〕

Table 1 Comparison of QRS evolution rate of ECG lead II at different time points after CPB cardiac repulse in patients with different surgical methods

手术方式	例数	CPB 心脏复跳后 15 min	CPB 心脏复跳后 30 min	CPB 心脏复跳后 > 30 min
瓣膜置换术	108	27 (25.00)	41 (37.96)	20 (18.52)
瓣膜成形术	47	10 (21.28)	17 (36.17)	9 (19.15)
CABG	15	4 (26.67)	6 (40.00)	2 (13.33)
瓣膜置换术联合 CABG	10	3 (30.00)	3 (30.00)	1 (10.00)
$\chi^2$ 值		0.481	0.320	0.718
P 值		0.923	0.956	0.869

注：CPB= 体外循环，CABG= 冠状动脉旁路移植术

2.2 心脏手术患者 CPB 心脏复跳后心电图 II 导联 QRS 波演变情况与术中主动脉阻断时间的关系 所有患者中，143 例 CPB 心脏复跳后心电图 II 导联 QRS 波发生演变者的主动脉阻断时间为（24.55  $\pm$  2.48）min，短于 37 例 CPB 心脏复跳后心电图 II 导联 QRS 波未发生演变者的（105.28  $\pm$  12.45）min，差异有统计学意义（ $t=72.691$ ， $P < 0.001$ ）。

2.3 心脏手术患者 CPB 心脏复跳后心电图 II 导联 QRS 波时限与心功能指标的关系 180 例患者中，QRS 波时限 < 110 ms 者 88 例，QRS 波时限  $\geq$  110 ms 者 92 例。QRS 波时限 < 110 ms 患者 NYHA 分级优于 QRS 波时限  $\geq$  110 ms 患者，LVEF 高于 QRS 波时限  $\geq$  110 ms 患者，血清 NT-proBNP 水平低于 QRS 波时限  $\geq$  110 ms 患者，差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ），见表 2。Spearman 秩相关分析结果显示，心脏手术患者 CPB 心脏复跳后心电图 II 导联 QRS 波时限与 LVEF 呈负相关（ $r_s=-0.654$ ， $P < 0.001$ ），与 NYHA 分级、血清 NT-proBNP 水平呈正相关（ $r_s$  值分别为 0.634、0.627， $P$  值均 < 0.001）。

## 3 讨论

心脏的重要功能是泵血，心脏规律的机械过程有赖于心肌细胞规律的电位变化。心电图检查是通过在人体不同部位放置电极，通过导联线与心电图机电流计的正负极相连，记录心脏每个心动周期所产生的电活动变化图形<sup>[8-9]</sup>。心电图作为临床评估患者心脏电生理检查，多用于心律失常、心肌缺血患者的无创性检查，可提高临床诊断准确率；此外，心电图还常用于辅助导管消融技术治疗心律失常<sup>[10-12]</sup>，但目前鲜有研究探讨心电图与心肌功能的关系。

刘红军等<sup>[13]</sup>认为，心电图作为简易的无创性检查工具，



表2 心脏手术患者CPB心脏复跳后心电图Ⅱ导联QRS波时限<110 ms与QRS波时限≥110 ms者心功能指标比较

Table 2 Comparison of cardiac function indexes between patients with QRS duration < 110 ms and those with QRS duration ≥ 110 ms of ECG lead II

QRS波时限	例数	NYHA 分级 [n (%)]			LVEF ( $\bar{x} \pm s$ , %)	NT-proBNP ( $\bar{x} \pm s$ , ng/L)
		Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级		
< 110 ms	88	44 (50.00)	24 (27.27)	20 (22.73)	38.25 ± 5.46	1388.80 ± 354.65
≥ 110 ms	92	26 (28.26)	26 (28.26)	40 (43.48)	34.21 ± 4.52	2028.97 ± 520.43
$u(t)$ 值			3.350		5.417 <sup>a</sup>	9.602 <sup>a</sup>
$P$ 值			0.001		< 0.001	< 0.001

注：<sup>a</sup>表示 $t$ 值；NYHA=纽约心脏病协会，LVEF=左心室射血分数，NT-proBNP=N末端脑钠肽前体

其显示的QRS波电压静态特征及动态演变特征可反映部分心脏解剖结构特征，不仅可用于诊断心肌电活动，同时对心肌、心包、心功能等心脏基础疾病及其他系统疾病的诊断和治疗具有辅助作用。本研究结果显示，143例（79.44%）患者自CPB心脏复跳即刻自主心律和呼吸频率逐渐恢复正常，QRS波呈Rs型伴增宽；CPB心脏复跳后15 min，QRS波呈rS型伴S波增宽；CPB心脏复跳后30 min，QRS波呈Rs型，时程恢复正常；CPB心脏复跳后35 min，QRS波呈Rs型，时程缩短，而后逐渐恢复至术前形态，分析患者心电活动改变或与心肌缺血再灌注有关，并提示了CPB心脏复跳可有效改善心脏手术患者心肌细胞功能。此外，不同手术方式患者CPB心脏复跳后15、30、>30 min QRS波演变发生率比较差异无统计学意义，表明心脏手术患者CPB心脏复跳后不同时间点QRS波演变与手术方式无关。QRS波主波方向改变，提示心肌除极起始向量发生改变，可引起额面电轴改变，出现异位起搏心率，且起搏位点多位于房室束分叉以下和束支传导阻滞。相关研究表明，QRS波增宽与异位起搏、心肌缺血后心肌细胞膜去极化有关<sup>[14-15]</sup>。本研究心脏手术患者在CPB心脏复跳后心电图Ⅱ导联QRS波逐渐演变为术前形态，分析原因可能与异位起搏点逐渐向房室束分叉位移有关。本研究结果还显示，CPB心脏复跳后心电图Ⅱ导联QRS波发生演变者的主动脉阻断时间短于CPB心脏复跳后心电图Ⅱ导联QRS波未发生演变者相应的主动脉阻断时间，提示心脏手术患者CPB心脏复跳后心电图Ⅱ导联QRS波演变情况与术中主动脉阻断时间可能有关。

QRS波演变是心室肌细胞除极的过程，当QRS波时限延长或形态发生异常时，则提示患者心肌电生理紊乱，可能存在心肌缺血或心功能损伤。近年有研究表明，QRS波形态与心肌缺血导致的心力衰竭患者心功能间有一定关系，即心功能越差，QRS波形态异常发生率越高，QRS波时限越长<sup>[16]</sup>。本研究结果表明，QRS波时限<110 ms患者NYHA分级优于QRS波时限≥110 ms患者，LVEF高于QRS波时限≥110 ms患者，血清NT-proBNP水平低于QRS波时限≥110 ms患者，进一步进行Spearman秩相关分析结果显示，心脏手术患者CPB心脏复跳后心电图Ⅱ导联QRS波时限与LVEF呈负相关，与血清NT-proBNP水平呈正相关，表明心脏手术患者CPB心

脏复跳后心电图Ⅱ导联QRS波时限越长，心功能损伤越严重，提示心电图Ⅱ导联QRS波时限可作为临床评估心脏手术患者CPB心脏复跳后心功能的客观指标，以指导预后评估。

综上所述，心脏手术患者CPB心脏复跳后自主心律和呼吸逐渐恢复，心电图Ⅱ导联QRS波逐渐演变为主波向下，呈Rs型，时程缩短，直至恢复至术前形态，术中主动脉阻断时间可能会影响患者CPB心脏复跳后心电图Ⅱ导联QRS演变情况，而QRS波时限越长，心功能损伤越严重，故推测心电图Ⅱ导联QRS波或可作为临床评估心功能的重要指标。但本研究仅初步探讨了CPB心脏复跳后心电图Ⅱ导联QRS波演变情况，并未深入分析心电图其他导联QRS波形态与患者心跳节律的关系；此外，本研究纳入样本量较少，且均为窦性心律人群，今后还需扩大样本量进一步深入研究证实本结论。

作者贡献：张军、赵雪屏进行文章的构思与设计；张军进行研究的实施与可行性分析；高文燕进行数据收集、整理、分析；张军、赵雪屏、高文燕进行结果分析与解释，撰写、修订论文；张军、高文燕负责文章的质量控制及审校，并对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

#### 参考文献

- [1] VARRICA A, SATRIANO A, GAVILANES A D W, et al. S100B increases in cyanotic versus noncyanotic infants undergoing heart surgery and cardiopulmonary bypass (CPB) [J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2019, 32 (7): 1117-1123. DOI: 10.1080/14767058.2017.1401604.
- [2] LEE J S, LEE S J, CHOI M, et al. QRS detection method based on fully convolutional networks for capacitive electrocardiogram [J]. Expert Syst Appl, 2019, 134: 66-78. DOI: 10.1016/j.eswa.2019.05.033.
- [3] RELJIN N, LAZARO J, HOSSAIN M B, et al. Using the redundant convolutional encoder-decoder to denoise QRS complexes in ECG signals recorded with an armband wearable device [J]. Sensors, 2020, 20 (16): 4611. DOI: 10.3390/s20164611.
- [4] LEDEZMA C A, ALTUVE M. Optimal data fusion for the improvement of QRS complex detection in multi-channel ECG recordings [J]. Med Biol Eng Comput, 2019, 57 (8): 1673-1681. DOI: 10.1007/s11517-019-01990-3.
- [5] 何涛, 罗园柳. 心电图QRS波群对心脏再同步治疗效果判断的意义 [J]. 广西医科大学学报, 2015, 32 (3): 511-513.
- [6] 刘金东, 颜铭, 丁伟, 等. 体外循环心脏复跳后心电图Ⅱ导联QRS波群主波方向演变的临床观察 [J]. 江苏临床医学杂志, 2002, 6 (5): 420-422. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2353.2002.05.012.
- LIU J D, YAN M, DING W, et al. The clinical observation on main-wave direction changes of patterns in electrocardiographic curve leads [J]. Journal of Jiangsu Clinical Medicine, 2002, 6 (5): 420-422. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2353.2002.05.012.
- [7] 王立群. QRS波时限鉴别宽QRS波心动过速 [J]. 临床心电学杂志, 2012, 21 (3): 164-165. DOI: 10.3969/j.issn.1005-0272.2012.03.003.



- [8] 沈亚萍, 殷张东. 24 h 动态心电图对起搏器植入患者心血管事件发生率诊断价值分析 [J]. 中国药物与临床, 2019, 19 (11): 146-147. DOI: 10.11655/zgywylc2019.11.074.
- [9] 李连海, 褚怀德, 刘建伟, 等. 12 导联动态心电图与常规心电图对老年冠心病病人无症状心肌缺血和心律失常的诊断价值 [J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2019, 17 (5): 787-789. DOI: 10.12102/j.issn.1672-1349.2019.05.041.
- [10] DASAGRANDE D, ARUL SALOMEE KAMALABAI R, MUTHUSWAMY A, et al. Ischemia/reperfusion injury in male Guinea pigs: an efficient model to investigate myocardial damage in cardiovascular complications [J]. Biomedicine Pharmacother, 2018, 99: 469-479. DOI: 10.1016/j.biopha.2018.01.087.
- [11] BIGLER M R, STOLLER M, PRAZ F, et al. Functional assessment of myocardial ischaemia by intracoronary ECG [J]. Open Heart, 2021, 8 (1): e001447. DOI: 10.1136/openhrt-2020-001447.
- [12] LOBEEK M, BADINGS E, LENSSEN M, et al. Diagnostic value of the electrocardiogram in the assessment of prior myocardial infarction [J]. Neth Heart J, 2021, 29 (3): 142-150. DOI: 10.1007/s12471-020-01515-w.
- [13] 刘红军, 卢建平, 卢国群, 等. 心电图 QRS 波群电压的临床意义 [J]. 实用心电图学杂志, 2016, 25 (1): 52-54. DOI: 10.13308/j.issn.2095-9354.2016.01.013.
- LIU H J, LU J P, LU G Q, et al. Clinical significance of ECG QRS wave group [J]. Journal of Practical Electrocardiology, 2016, 25 (1): 52-54. DOI: 10.13308/j.issn.2095-9354.2016.01.013.
- [14] 于万德, 程培培, 高晓飞, 等. QRS 波增宽的缺血性心脏病患者 PCI 术后 QRS 波时限及心功能变化的随访研究 [J]. 国际心血管病杂志, 2019, 46 (5): 305-308. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6583.2019.05.013.
- YU W D, CHENG P P, GAO X F, et al. The changes of cardiac function and QRS duration in ischemic cardiomyopathy patients with prolonged QRS after PCI [J]. International Journal of Cardiovascular Disease, 2019, 46 (5): 305-308. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6583.2019.05.013.
- [15] 司晓云, 周伟, 谌晶晶, 等. 希氏束起搏与右室心尖部起搏对老年患者心功能影响的对比分析 [J]. 心血管病学进展, 2019, 40 (7): 1052-1055. DOI: 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2019.07.022.
- SI XY, ZHOU W, SHEN JJ, et al. A comparative study of cardiac function between hischner bundle pacing and right ventricular apex pacing in elderly patients [J]. Advances in Cardiovascular Diseases, 2019, 40 (7): 1052-1055. DOI: 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2019.07.022.
- [16] 张国荣. 急性心肌梗死患者心电图 QRS 波群时限与血浆 N-proBNP 水平及 LVEF 的相关性研究 [J]. 现代实用医学, 2016, 28 (2): 199-200. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0800.2016.02.031.
- (收稿日期: 2021-08-06; 修回日期: 2021-11-03)  
(本文编辑: 李越娜)