

• 论 著 • DOI:10. 3969/j. issn. 1672-9455. 2024. 03. 014

ST-T 段改变患者心电瀑布图形态特征及其对心血管疾病的预测价值

王 芬, 蔺军芳[△], 张录兴, 王文龙, 张 荣
陕西省西安国际医学中心医院心电检查中心, 陕西西安 710010

摘 要:**目的** 探讨 ST-T 段改变患者心电瀑布图形态特征及其对心血管疾病的预测价值。**方法** 选择 2020 年 6 月 1 日至 2022 年 6 月 1 日在该院进行心电瀑布图及传统心电图检查的疑似心脏病患者 970 例作为研究对象, 根据 24 h 动态心电图分为 ST-T 段改变 216 例及正常心电图 754 例。分析心电图 ST 段下降、ST 段抬高、T 波低平、T 波负向、T 波正向、T 波双向波长中心电瀑布图形态特征; 采用一致性检验法检测心电瀑布图、常规心电图与 24 h 动态心电图诊断 ST-T 段改变的一致性; 采用四格表法检测心电瀑布图、常规心电图诊断 ST-T 段改变的灵敏度、特异度。**结果** 正常心电图受检者心电图波及波群 TP 带、P 峰带、PR 峰、QPS 带、ST 带、T 峰带、TP 带心电瀑布图特征主要表现浅蓝色、亮蓝色、蓝色、红色/黄色/橙色、蓝色、蓝色/亮蓝色、浅蓝色。216 例 ST-T 段改变患者中, 156 例患者心电图显示为 ST 段下降, 其中 68 例患者为 T 波负向, 心电瀑布图表现为深蓝色 62 例(91.18%)、蓝黑色 6 例(8.82%); 73 例患者为 T 波正向, 心电瀑布图表现为蓝黑色 66 例(90.41%)、深蓝色 7 例(9.59%)。60 例患者心电图显示为 ST 段抬高, 其中 51 例患者为 T 波正向, 心电瀑布图表现为亮蓝色 43 例(84.31%)、深蓝色 6 例(11.76%)、淡黄色 2 例(3.92%)。74 例患者存在 T 波负向, 心电瀑布图表现为蓝黑色; 124 例患者存在 T 波正向, 心电瀑布图随 T 波幅度呈浅蓝-亮蓝-黄-红改变; 12 例存在 T 波低平, 心电瀑布图上方随 T 波幅度呈浅蓝-亮蓝-黄-红改变, 下方主要表现为蓝黑色。心电瀑布图诊断 ST-T 段改变的灵敏度、特异度、准确度分别为 96.30%、88.73%、90.41%, 常规心电图诊断 ST-T 段改变的灵敏度、特异度、准确度分别为 83.33%、72.68%、75.05%。一致性检验结果显示, 心电瀑布图与 24 h 动态心电图诊断 ST-T 段改变的一致性极强, 常规心电图与 24 h 动态心电图诊断 ST-T 段改变的一致性较好。**结论** ST-T 改变患者心电瀑布图具有明显特征性改变, 其在诊断心血管疾病方面的价值优于常规心电图, 可推广应用。

关键词: ST-T 改变; 心电瀑布图; 形态特征; 预测价值

中图分类号: R541.7+6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9455(2024)03-0346-04

Morphological characteristics of electrocardiographic waterfall and its predictive value in patients with cardiovascular disease

WANG Fen, LIN Junfang[△], ZHANG Luxing, WANG Wenlong, ZHANG Rong
ECG Examination Center, Xi'an International Medical Center Hospital,
Xi'an, Shaanxi 710010, China

Abstract:**Objective** To investigate the morphological characteristics of electrocardiogram (ECG) waterfall in patients with ST-T changes and its predictive value in patients with cardiovascular disease. **Methods** A total of 970 patients with suspected heart disease who both performed ECG waterfall and conventional ECG in the hospital from June 1st 2020 to June 1st 2022 were selected as observation subjects. 216 patients with ST-T segment alteration and 754 patients with normal ECG were classified according to 24 h dynamic ECG. The morphological characteristics of ECG ST-segment decrease, ST-segment elevation, T-wave hypoplasia, T-wave negative, T-wave positive and T-wave bidirectional wavelength centered ECG waterfall were analyzed. The consistency test was used to detect the consistency of ST-T segment changes in the ECG waterfall, conventional mode and 24 h ambulatory ECG diagnosis. The sensitivity and specificity of ST-T segment changes diagnosed by ECG waterfall and conventional methods were examined by the four-frame table method. **Results** The waterfall features of TP band, P-peak band, PR-peak, QPS band, ST band, T-peak band, TP band ECG of normal ECG subjects with ECG wave and wave groups mainly showed light blue, bright blue, blue, red/yellow/orange, blue, blue/bright blue, light blue. Among 216 patients with ST-T segment alteration, 156 patients had ST-segment drop, of which 68 patients had negative T waves, with ECG waterfall mainly showing dark blue in 62 cases (91.18%) and blue-black in 6 cases (8.82%), while 73 patients had positive T wave, with ECG waterfall showing blue-black in 66 cases (90.41%) and dark blue in 7 cases (9.59%). The ECG of 60 patients showed

ST-segment elevation, of which 51 patients had positive T waves, with ECG waterfall mainly showing bright blue in 43 cases (84.31%), dark blue in 6 cases (11.76%) and light yellow in 2 cases (3.92%). 74 patients had negative T waves, mainly showing blue-black; T-wave was positive in 124 patients, with light blue-bright blue-yellow-red changed with T-wave amplitude; T-wave was low in 12 patients, with light blue-bright blue-yellow-red changed with T-wave amplitude above and blue-black below. The sensitivity, specificity and accuracy of diagnosing ST-T segment changed by ECG waterfall were 96.30%, 88.73% and 90.41% respectively, and 83.33%, 72.68% and 75.05% respectively, by conventional ECG. The results of the consistency examination showed that the agreement between the ECG waterfall and 24 h dynamic ECG for the diagnosis of ST-T segment alteration was extremely strong, and the agreement between the traditional ECG and 24 h dynamic ECG for the diagnosis of ST-T segment alteration was better. **Conclusion** The ECG waterfall in patients with ST-T alterations has obvious characteristic changes, and its value in diagnosing cardiovascular disease is better than that of the conventional modality, so it is worthy of promotion and application.

Key words: ST-T alteration; electrocardiogram waterfall; morphological characteristics; predictive value

ST-T 段改变是心电图症状之一,包括 ST 段下降、ST 段抬高及 T 波低平等,一般因心肌缺血导致,常见于心肌损伤、肥厚型心肌病及高血压等疾病,ST-T 段改变已被认为是一些疾病鉴别、诊断的指标之一^[1-2],因此在健康体检、临床检查中早期发现 ST-T 段改变有助于早期诊断及指导治疗方案。临床检查 ST-T 段改变的主要方式为常规心电图检查,具有价格低廉、检查速度快等优点^[3-4],但 ST-T 段改变检出率相对偏低,无法满足目前临床需求。心电瀑布图是近年新兴的心电图技术,其将动态心电图片段高度纵向压缩为 P-QRS-T 波群的宏观图像,以色谱颜色变化反映各波群幅度高低变化,且心电瀑布图可实时同步显示心电信息,在诊断多种心律失常中发挥重要作用^[5],马芷琴等^[6]研究认为,心电瀑布图可直观显示房室关系,与心电散点图联合可快速判断房室关系,优势明显。本研究选择进行心电瀑布图及传统心电图检查的 970 例疑似心脏病患者作为研究对象,分析了 ST-T 段改变患者心电瀑布图形态特征及其预测价值。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2020 年 6 月 1 日至 2022 年 6 月 1 日在本院进行心电瀑布图及传统心电图检查的疑似心脏病患者 970 例作为研究对象,纳入标准:(1)均进行心电瀑布图及传统心电图检查;(2)受检者意识清晰,可配合检查及治疗;(3)临床资料完整。排除标准:(1)伴重要器官严重功能障碍;(2)合并恶性肿瘤;(3)合并神经系统或精神疾病;(4)妊娠或哺乳期妇女;(5)近期服用过影响心率或自主神经系统的药物。根据 24 h 动态心电图分为 ST-T 段改变 216 例和正常心电图 754 例,其中 ST-T 段改变受检者中共 216 例,男 116 例、女 100 例,平均年龄 (29.85 ± 3.85) 岁;正常心电图受检者中男 424 例、女 330 例,平均年龄 (30.02 ± 5.45) 岁。ST-T 段改变和正常心电图受检者年龄、性别比较,差异均无统计学意义($P >$

0.05),具有可比性。本研究经本院医院伦理委员会批准同意(审批号:20210068)。所有受检者或其家属均知情,并签署知情同意书。

1.2 方法 采用心电瀑布图分析系统及心电图机进行心电检查,指导患者取仰卧位,充分暴露胸前部位及手腕脚踝部位,采用酒精擦拭清理电极片相应位置皮肤,连接电极片及导线,安装导联,进行心电瀑布图及常规心电图检查。

1.3 观察指标 采用美国 DMS12.5.0076a 版动态心电图及心电瀑布图分析系统观察评价 ST-T 段改变及正常心电受检者心电瀑布图形态特征。ST 段改变诊断标准:(1)心电图 2 个或以上 J 点后 0.06~0.08 S 处 ST 段压低 >0.05 mV 为 ST 段下移;(2)2 个及以上肢导联 J 点后 0.06~0.08 S 处 ST 段抬高 ≥ 0.1 mV,右胸导联 ≥ 0.25 mV,左胸导联 >0.10 mV 为 ST 段抬高。T 波改变诊断标准:(1)T 波 $<1/10$ R 波;(2)以 R 波占优势的导联 T 波低平、双向或倒置;(3)T 波异常升高变尖以 24 h 动态心电图为金标准。评估心电瀑布图及常规心电图检查诊断 ST-T 段改变的价值。

1.4 统计学处理 采用 SPSS20.0 统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验;计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用一致性检验法检测心电瀑布图、常规心电图与 24 h 动态心电图诊断 ST-T 段改变的一致性,其中内部一致性系数(Kappa 值) ≥ 0.75 表示二者一致性较好。采用四格表法检测心电瀑布图、常规心电图诊断 ST-T 段改变的灵敏度、特异度。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 正常心电图受检者心电瀑布图特征 正常心电图受检者心电图波及波群 TP 带、P 峰带、PR 峰、QPS 带、ST 带、T 峰带、TP 带心电瀑布图特征主要表现浅蓝色、亮蓝色、蓝色、红色/黄色/橙色、蓝色、蓝色/亮

蓝色、浅蓝色。

2.2 ST 段下移患者心电瀑布图特征分析 216 例 ST-T 段改变患者中,156 例患者心电图显示为 ST 段下移,其中 68 例患者为 T 波负向,心电瀑布图表现为深蓝色 62 例(91.18%)、蓝黑色 6 例(8.82%);73 例患者为 T 波正向,心电瀑布图表现为蓝黑色 66 例(90.41%)、深蓝色 7 例(9.59%);12 例患者为 T 波低平,心电瀑布图表现为蓝黑色 6 例(50.00%)、深蓝色 6 例(50.00%);3 例患者为 T 波双向,心电瀑布图均表现为深蓝色(100.00%)。见表 1。

表 1 ST 段下移患者心电瀑布图特征分析			
ST 段下移	<i>n</i>	下移范围(mv)	心电瀑布图特征
T 波负向	62	0.05~0.30	深蓝色
	6	0.15~0.30	蓝黑色
T 波正向	66	0.05~0.30	蓝黑色
	7	0.15~0.20	深蓝色
T 波低平	6	0.05~0.15	深蓝色
	6	0.15~0.20	蓝黑色
T 波双向	3	0.10~0.15	深蓝色

2.3 ST 段抬高患者心电瀑布图特征分析 216 例 ST-T 段改变患者中,60 例患者心电图显示为 ST 段抬高,其中 6 例患者为 T 波负向,心电瀑布图表现为亮蓝色 3 例(50.00%)、淡黄色 2 例(33.33%)、黄色 1 例(16.67%);51 例患者为 T 波正向,心电瀑布图表现为亮蓝色 43 例(84.31%)、深蓝色 6 例(11.76%)、淡黄色 2 例(3.92%);3 例为 T 波双向,心电瀑布图表现为亮蓝色 2 例(66.67%)、淡黄色 1 例(33.33%)。见表 2。

表 2 ST 段抬高患者心电瀑布图特征分析			
ST 段抬高	<i>n</i>	抬高范围(mv)	心电瀑布图特征
T 波负向	3	0.15~0.30	亮蓝色
	2	0.10~0.20	淡黄色
	1	0.30	黄色
T 波正向	43	0.05~0.25	亮蓝色
	6	0.5~1.30	深蓝色
	2	0.15~0.20	淡黄色
T 波双向	2	0.05~0.15	亮蓝色
	1	0.20	淡黄色

2.4 T 波改变患者心电瀑布图特征分析 216 例 ST-T 段改变患者中,74 例患者存在 T 波负向,心电瀑布图表现为蓝黑色;124 例患者存在 T 波正向,心电瀑布图随 T 波幅度呈浅蓝-亮蓝-黄-红改变;6 例存在 T 波双向,心电瀑布图表现为浅蓝色;12 例存在 T 波低平,心电瀑布图上方随 T 波幅度呈浅蓝-亮蓝-黄-红改变,下方主要表现为蓝黑色。

2.5 心电瀑布图和常规心电图对 ST-T 段改变的预测价值 心电瀑布图诊断 ST-T 段改变的灵敏度、特异度、准确度分别为 96.30%、88.73%、90.41%;一致性检验结果显示,心电瀑布图与 24 h 动态心电图诊断 ST-T 段改变的 Kappa 值为 0.956,二者一致性极强。常规心电图诊断 ST-T 段改变的灵敏度、特异度、准确度分别为 83.33%、72.68%、75.05%,一致性检验结果显示,常规心电图与 24 h 动态心电图诊断 ST-T 段改变的 Kappa 值为 0.752,二者一致性较好。见表 3、4。

表 3 心电瀑布图和常规心电图对 ST-T 段改变的预测价值			
方法	灵敏度	特异度	准确度
心电瀑布图	96.30%	88.73%	90.41%
常规心电图	83.33%	72.68%	75.05%

表 4 心电瀑布图和常规心电图预测 ST-T 段改变 一致性分析[<i>n</i> (%)]					
分组	ST-T 段改变		合计	<i>Kappa</i>	<i>P</i>
	阳性	阴性			
心电瀑布图				0.956	<0.001
阳性	208(21.44)	85(8.76)	293(30.21)		
阴性	8(0.82)	669(68.97)	677(69.79)		
常规心电图				0.752	<0.001
阳性	180(18.56)	206(21.24)	386(39.79)		
阴性	36(3.71)	548(56.49)	584(60.21)		

3 讨 论

心血管疾病是目前全球范围内常见的慢性疾病,高血压、血脂异常及代谢综合征等都可增加心血管发病率^[7-8]。随着近年人口老龄化的加剧及不良饮食、生活习惯的变化,心血管疾病患病人数逐年增加,ST-T 改变作为心肌缺血常见症状^[9],在筛查心血管疾病中发挥重要作用。

冠心病及心房颤动是临床常见心血管疾病,临床多采用传统心电图进行筛选,操作方便、价格低廉且为无创操作,但部分心血管疾病患者发病较为隐匿,常规心电图漏诊及误诊情况较多,动态 24 h 心电图可准确评价患者心脏功能,但需大量人力物力进行分拣诊断,无法作为筛查手段^[10-11]。心电瀑布图以 QRS 波群为中心,以≥PR 间期的固定步长截取心电图片段,不同波群幅度以红、黄、蓝三色渐变显示,形成彩色图片,颜色变化可反映心电图波群变化^[12-13]。本研究分析 ST 段下移时,T 波负向情况心电瀑布图主要表现为深蓝色,ST 段一般低于 T 波幅度,呈深蓝色至蓝黑色,ST 段幅度越大、颜色越深;T 波正向时,心电瀑布图特征随 T 波幅度呈浅蓝-亮蓝-黄-红改变,ST 段一般呈蓝黑色,且幅度越大颜色越深,而 ST 段抬高时 ST 段一般呈亮蓝色-黄色渐变,且幅度越大、色彩

越呈黄红状。说明心电瀑布图整体呈颜色交替变化, 可通过颜色变化反映心电图各波群特征改变及幅度变化, 有助于准确评价 ST-T 段变化, 在降低人力、物力的同时能更加有效筛选 ST-T 段改变, 与 ROST-OFF 等^[14] 研究结果相似。

心律失常是心血管疾病的常见表现, 其中 ST-T 段反映机体心肌缺血情况, 是早期心血管疾病症状, 早期诊断 ST-T 段改变有助于早期采取治疗手段, 提高治疗效果、改善患者生活质量^[15-16]。心电瀑布图根据时间顺序横向排列心电各波长形态信息, 通过三原色渐变反映各波群改变情况, 准确度较好, 可能有助于 ST-T 段改变的早期诊断^[17-18]。本研究采用四格表法检测显示, 心电瀑布图诊断 ST-T 段改变的灵敏度、特异度、准确度分别为 96.30%、88.73%、90.41%, 一致性检验结果显示, 心电瀑布图与 24 h 动态心电图诊断 ST-T 段改变的一致性极强。说明心电瀑布图在诊断 ST-T 段改变方面具有一定价值, 准确度较高, 可有助于在临床筛查中准确诊断早期 ST-T 段改变, 指导临床治疗方案、改善患者预后情况。

综上所述, ST-T 段改变患者心电瀑布图具有明显特征性改变, 在诊断 ST-T 段改变方面的价值优于常规心电图, 可推广应用。但由于本研究时间较短、样本数量较少, 尚未分析心电瀑布图在诊断心房颤动及评价病情程度方面的价值, 未来将扩大实验对象及增加研究时间再次进行深入探究。

参考文献

- [1] SIREN M, KOIVULA K, ESKOLA M J, et al. The prognostic significance of a positive or isoelectric T wave in lead aVR in patients with acute coronary syndrome and ischemic ECG changes in the presenting ECG-Long-term follow-up data of the TACOS study[J]. J Electrocardiol, 2020, 60: 131-137.
- [2] NAKAMURA S, ISHIKAWA J, SAKURAYAMA C, et al. Minor ST-T changes on electrocardiograms are associated with reduced constructive myocardial work in hypertensive patients with a preserved ejection fraction[J]. Hypertens Res, 2022, 45(8): 1373-1381.
- [3] KHAN M S, ARIF A W, DOUKKY R. The prognostic implications of ST-segment and T-wave abnormalities in patients undergoing regadenoson stress SPECT myocardial perfusion imaging[J]. J Nucl Cardiol, 2022, 29(2): 810-821.
- [4] PESSAH M A, HUHTALA H, KOSONEN P, et al. Early ischemic ST-segment and T-wave changes during balloon angioplasty[J]. J Electrocardiol, 2022, 73: 87-95.
- [5] 景永明. 心电散点图联合心电瀑布图快速分析窦性心律合并希氏束旁起搏心律的动态心电图[J]. 实用心电学杂

- 志, 2020, 29(2): 108-112.
- [6] 马芷琴, 王长琴. 心电瀑布图联合心电散点图在快速判断房室关系中的诊断价值[J]. 中国心脏起搏与心电生理杂志, 2022, 36(5): 462-465.
- [7] DAI Z L, CAI X T, GAO W L, et al. Etomidate vs propofol in coronary heart disease patients undergoing major noncardiac surgery: a randomized clinical trial[J]. World J Clin Cases, 2021, 9(6): 1293-1303.
- [8] WANG Z S, YAP J, KOH Y L E, et al. Predicting coronary artery disease in primary care: development and validation of a diagnostic risk score for major ethnic groups in southeast Asia[J]. J Gen Intern Med, 2021, 36(6): 1514-1524.
- [9] 刘阔, 崔伟. 心电图分析方法: STQRA 分析法[J]. 中国心血管杂志, 2022, 27(5): 476-480.
- [10] YE H, QIU D, JIA F. Value of ST-T changes and heart rate variability in pulmonary heart disease during 24 h dynamic electrocardiography examination [J]. Am J Transl Res, 2021, 13(9): 10882-10890.
- [11] WINTERS L J, DHILLON R K, PANNU G K, et al. Emergent cardiac outcomes in patients with normal electrocardiograms in the emergency department[J]. Am J Emerg Med, 2022, 51: 384-387.
- [12] 张芳芳, 景永明, 李世锋, 等. 心电瀑布图诊断窦性心律合并竞争性心律失常的价值[J]. 实用心电学杂志, 2022, 31(2): 99-102.
- [13] 景永明, 向晋涛. 1:2 房室传导的心电散点图特征及其鉴别诊断[J]. 中国心脏起搏与心电生理杂志, 2020, 34(6): 599-604.
- [14] ROSTOFF P, WISNIEWSKI P, GAJOS G, et al. Electrocardiographic identification of the culprit coronary artery in acute non-ST-elevation myocardial infarction: predictive value of N-wave and T-wave precordial instability[J]. Coron Artery Dis, 2020, 31(7): 590-596.
- [15] 任岚, 韩昊, 贾玉和, 等. 致心律失常性右室心肌病与特发性右室流出道室性心律失常的心电图比较[J]. 心血管病杂志, 2022, 41(6): 615-620.
- [16] OPINC A H, MAKOWSKI M A, ŁUKASIK Z M, et al. Cardiovascular complications in patients with idiopathic inflammatory myopathies: does heart matter in idiopathic inflammatory myopathies[J]. Heart Fail Rev, 2021, 26(1): 111-125.
- [17] 崔晓娟, 李桂侠, 景永明. 心电瀑布图在快速诊断房室结双径路及文氏传导中的优势[J]. 中国心脏起搏与心电生理杂志, 2020, 34(1): 65-69.
- [18] 石衍梅, 胡有权, 魏希进. 动态心电散点图结合瀑布图快速诊断阵发性心房颤动的研究分析[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2021, 19(19): 3425-3430.