

# 窦性心律失常心电序列的可视化研究

冷莉华 郑智捷

(云南大学软件学院 昆明 650504)

**摘要** 对心电信号序列与心血管疾病之间存在关系的探索是研究心脏病临床诊断的一类经典论题。心电图是检测心脏病的重要工具,目前已采集到长期的批量数据,对其进行处理和判别具有实际意义。利用变值心电测量系统,对窦性心律 T 波改变这一特殊心电数据和正常心电序列进行处理形成 2D 散点图谱,以可视化的形式展示这两类心电信号的分布特征和异同<sup>[1]</sup>,与传统心电图相比,所提方法具有直观透明易懂的特点;同时也列举了不同测量变量值情况下的心电序列可视化结果。

**关键词** 变值心电测量,可视化方法,2D 图谱

中图分类号 TP3 文献标识码 A

## Visualization Research of ECG Sequence in Sinus Arrhythmia

LENG Li-hua ZHENG Zhi-jie

(School of Software, Yunnan University, Kunming 650504, China)

**Abstract** The research on the relationship between ECG sequence and angiocardopathy is a classical topic in the study of the clinical diagnosis of heart disease. ECG is an important tool for the detection of heart disease, and long-term volume datas have been collected, so it has practical significance to deal with it. In this paper, we used the variable value ECG measurement system to dispose two types of ECG data, T wave change in sinus rhythm and normal ECG sequence to form 2D scatter map. The distribution characteristics and similarities and differences of the two types of ECG signals are displayed in a visual form. Compared with the traditional ECG, it has the characteristics of being intuitive and easy to understand, and the visualization results of the ECG sequences with different measurement variables are also listed in this paper.

**Keywords** Variable value ECG measurement, Visualization method, 2D map

### 1 引言

随着社会的发展和生活水平的不断提高,人类对自身的健康状况也越来越重视。其中心血管疾病作为一类严重威胁人体健康的常见病,具有高患病率和高死亡率的特点<sup>[2]</sup>,目前我国由于心血管疾病所导致的死亡率仍在持续增加。生命体蕴藏着丰富的生物电信息,心电信号是生物电信息之一,可经人体组织传到体表,在体表产生电位差<sup>[3]</sup>,这种电位差可通过各种仪器描绘成各种心电信息学图形,也就是我们常见的心电图,如图 3 所示。心电图作为检测心脏病的常见工具,在研究心血管疾病中具有十分重要的地位。

心电散点图是对动态心电图中的 RR 间期序列进行再处理得到的散点图形,是非线性分析方法、计算机技术与心电学理论相结合的产物<sup>[3]</sup>,也称 Lorenz 图或 Poincare 图。其不仅提供了一种不需阅读原始心电波形就可判断心律失常的可能性,又将长时程心电信号连续、集中地绘制在一张图形上,属于数据高密度、信号可视化的表达方法,使数据分析过程变得直观透明和更加可控。目前,利用图示化处理方法来解决问题的最典型代表是基于近代混沌的理论和法国科学家彭加勒 100 年前提出的图示化处理方法。

T 波代表快速心室复极时的电位改变,是 ST 段后出现的一个钝圆而较大且占时较长的波<sup>[4]</sup>。T 波的方向大多与

QRS 主波的方向一致,在 I、II、V4—V6 导联向上,aVR 向下,III、aVL、aVF、V1—V3 导联可以向上、双向或向下<sup>[5]</sup>。从互联网上引用的一个正常人体心电信号波形图如图 1 所示。

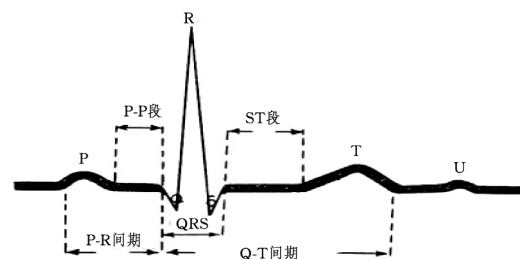


图 1 正常人体心电信号波形图

目前各界针对心血管疾病的发病原因和治疗方法做出了很多有效成绩,但是在对心电信号的检测方面所做的研究屈指可数。本文提出了一种变值心电测量方法来对心电序列进行处理以形成 2D 散点图谱,以可视化的形式展示心电信号的分布特征。文中所涉及到的心电数据均来自云南省第一人民医院,经医生确诊后分为正常和异常心电数据。利用变值心电测量系统,对窦性心律 T 波改变这一特殊心律失常<sup>[6]</sup>心电数据和正常心电序列进行处理形成 2D 散点图谱,以可视化的形式输出这两类心电信号的分布特征并分析它们之间存在的特殊差别。

本文受国家自然科学基金(61362014)资助。

冷莉华(1992—),女,硕士生,主要研究方向为心电信号的可视化研究,E-mail:970194088@qq.com;郑智捷(1956—),男,博士,教授,主要研究方向为变值逻辑、量子基础、量子密码等。

## 2 变值心电测量系统

### 2.1 变值心电测量模型

图 2 所示为本实验的变值心电测量模型,其中 ECG 数据是云南省第一人民医院所提供的真实检测数据,实验分别对正常心电和异常心电(窦性心律 T 波改变)两种心电数据进行测试, $w$  为滑动窗口值, $R$  为稳态区间值, $m$  为分段段长;局部计算包括基础值计算、范围值计算和区间值计算<sup>[7]</sup>。

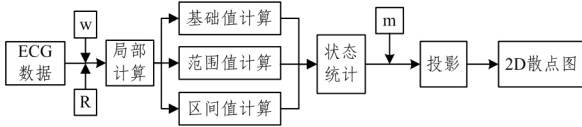


图 2 变值心电测量模型

由变值心电测量模型可知,系统从输入到输出的过程中主要有 3 个可变参数:滑动窗口值  $w$ ,稳态区间值  $R$  和分段段长  $m$ ,本实验通过改变 3 个参数从而形成不同的对应结果<sup>[7]</sup>。大量实验发现,滑动窗口值  $w$  的变化主要影响 2D 散点图的分布坐标;稳态区间值  $R$  的变化主要影响结果的分布形状;段长  $m$  的变化主要影响散点图的密集和松散程度。

### 2.2 变值心电测量原理

从原始心电数据到最终的 2D 散点图主要经过以下步骤:数据分类、数据处理和数据可视化。

由于最初获得的数据是十分庞大和杂乱的心电数据,因此需要从中筛选出实验所需数据;数据的处理主要是通过变值心电测量模型来进行,根据局部计算模型将心电序列转换

成区间取值序列;由区间的范围进一步将区间取值序列转换成生物学上的 4 个碱基 A,G,C,T 组成的伪 DNA 序列,再通过状态统计模型将伪 DNA 序列转换成计算机可识别的 0-1 序列,依据分段段长的大小将 0-1 序列转换成逻辑空间的四元符号,最后计算 4 个基元的概率测度。对原始数据进行处理后,得到的是由原始心电序列转化成的 4 个基元向量,根据基元在坐标轴上的分布概率,对其进行投影即形成最终的心电散点图。

## 3 可视化结果

图 3 所示为传统心电图,上方是正常心电图,下方是窦性心律 T 波改变在 II 段的心电图。



图 3 原始心电图

由于获得的各类心电数据的数量参差不齐,因此以少数作为基准,本实验测量数据均为 7834 个真实独立的个体数据。分别比较在相同波、相同测量变量值情况下的输出结果,可视化结果如图 4、图 5 所示。

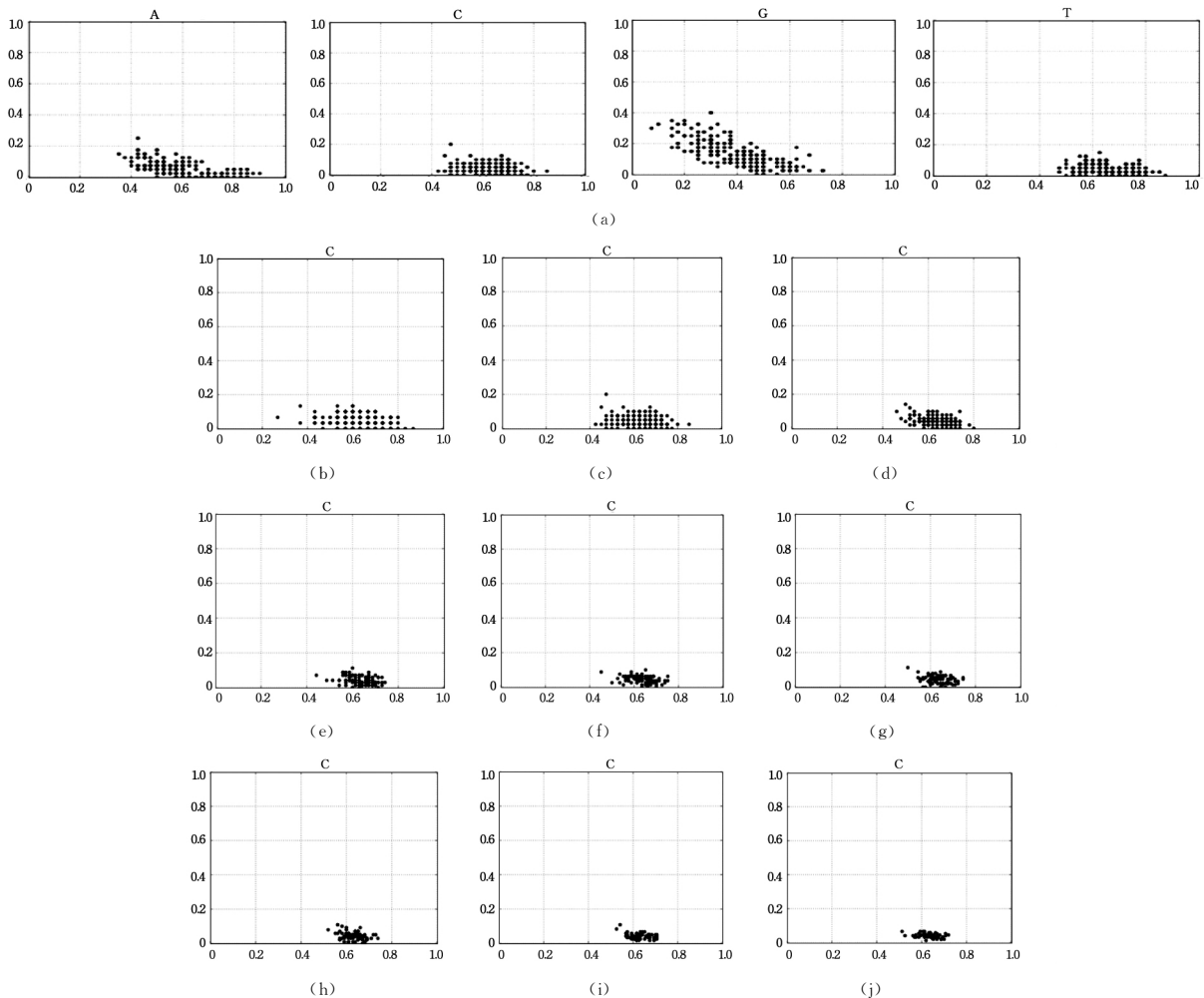


图 4 正常心电结果

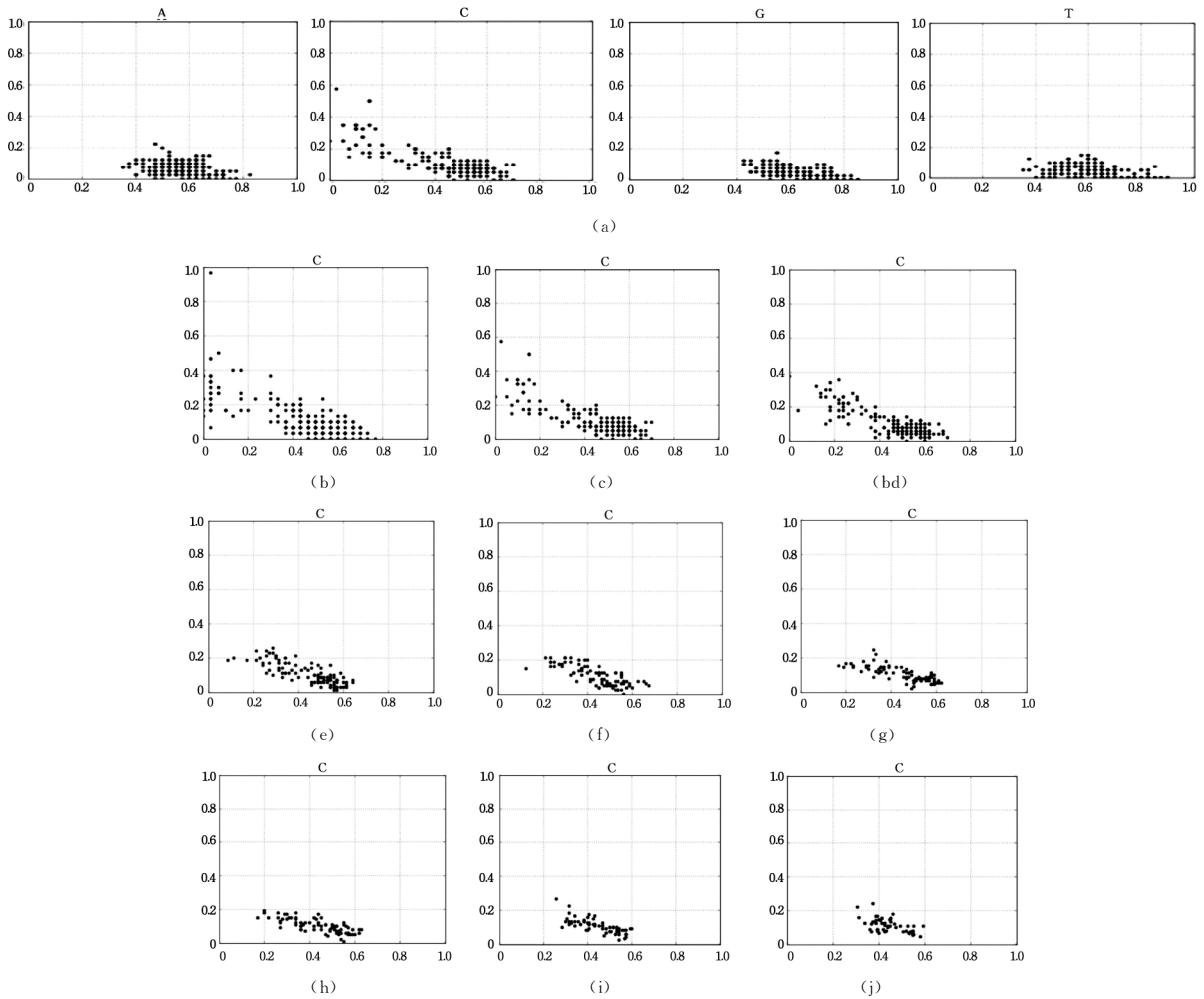


图5 异常心电图结果

#### 4 结果分析

可视化结果中,图4(a)是正常心电信号在 $\omega=30, R=0.85, m=40$ 时分别在A,C,G,T 4个碱基测度下的分布状态。为了便于对比,图5(a)也同样选取了当 $\omega=30, R=0.85, m=40$ 时异常心电的分布情况。由图可知,无论是正常心电还是异常心电,在A,C,G,T 4个碱基测度的映射下的可视化结果各不相同;同样地,基于相同碱基的正常心电和异常心电的可视化结果也各不相同。

为了进一步观察更精确的差异,实验选取C碱基下的P波在 $R=0.85, \omega=30, m=\{30, 40, 50, 70, 80, 90, 100, 120, 150\}$ 时正常心电和异常心电的可视化结果。图4(b)~图4(j)是正常心电可视化结果,图5(b)~图5(j)是异常心电可视化结果。通过对比观察,正常心电和异常心电无论是在分布空间还是在分布状态上都存在着明显差异。

**结束语** 心电信号作为一类重要的特殊随机序列,在现代医学中对心脏病的临床诊断扮演着重要的角色。本文利用变值心电测量系统,对窦性心律T波改变这一特殊窦性心律失常心电序列和正常心电序列进行处理形成2D散点图谱,与原始的心电图相比较,这种可视化方法能够更加直观地观察到正常心电和异常心电的分布特征。

通过改变稳态区间R值,对于不同的碱基可视化分布各不相同;改变段长m值,对于所有的碱基都呈现出相同的规

律,即异常和正常的可视化都趋向于一定的稳态分布区间。期待能够进一步获取更多数据,并继续深入研究观察,不断完善该方法,使其能够成为心电信号的一种测量标准,应用于更多的领域。

#### 参考文献

- [1] 吉艳,郑智捷,山路.基于变值测量模型的心电信号可视化研究[J].图像与信号处理,2016,5(1):25-32
- [2] 孙明.我国心血管病防治研究进展与展望[J].临床心血管病杂志,2002,18(8):353-353
- [3] 李方洁,向晋涛.心电散点图[M].北京:人民卫生出版社,2014:3-28
- [4] 高艳,胡阳.基于数学形态学方法的心电图波形分离技术[J].生物医学工程学杂志,2001,18(1):55-59
- [5] 张开滋,刘海洋,吴杰.心电信息学[M].北京:科学技术文献出版社,1998:5-66
- [6] 聂道华.心电信号采集新技术探索与窦性心律失常分析研究[D].昆明:云南大学,2010
- [7] Jeffery Z J Z,Christian H H Z. A Framework of Variant Logic Construction for Cellular Automata[M]. Cellular Automata-Innovative Modelling for Science and Engineering,2011
- [8] Bu Qin-xian,Zheng Z J. 2D Conjugate Maps of DNA Sequences[J]. Journal of Information Security,2013,4:193-196
- [9] 郑智捷.在变值测量模拟中的条件概率统计分布[J].光子学报,2011,40(11):1662-1666