

手指脉搏波的星座图法分析*

林德衡 杨明生 余德权
(无线电电子学系)

摘要 本文根据近百例临床监测的指脉搏波信号进行综合分析,提出用10项参数指标表征指脉搏波的形态。对正常人及患有不同程度心血管疾病病员两组指脉搏波信号,用星座图法进行分析并直接打印结果,表明星座位置及其变化与心血管功能状态有明显对应关系。

关键词 手指脉搏波,波形形态参数,星座图

1 引言

动脉搏动是人体血循环系统功能活动的一个重要信息,它反映心脏的功能以及血管系统的生理特点^[1]。借助光电传感器从人体手指检测指端血流容积脉动变化的指脉搏波信号,具有无损伤和无需卧床监测等优点。同时,指脉搏波信号抗干扰能力强,重复性好,便于临床推广使用。1986年日本Kyorin医学院的Shimazu等人用透射式红外光电传感器监测手指动脉顺应性;1989年他们又通过控制手指加压指套的压力,用振荡法测定手指动脉的收缩压和舒张压^[2]。应用这种血压测定方法研制的一种新型电子血压计也已投放市场。1989年日本一家公司还推出一台基于指脉搏波分析的用以评定人体血循环状况的监测仪器。在指脉搏波的信号分析方面,除了频谱分析法、模型辨识和特征点识别之外,也有采用谐波分析法^[3]。总之,指脉搏波以其更能反映心脏射血的血流量变化情况和便于临床应用等重要特色,在医疗监护和诊断中越来越受重视。本文根据近百例临床监测获取的指脉搏波信号进行综合分析,选取表征指脉搏波的形态参数,并采用星座图法进行信号分析。

2 指脉搏波的形态参数

典型的指脉搏波如图1所示。图中: b 为指脉搏波波谷, c 为主波波峰, g 为重搏波波谷, f 为重搏波波峰。

在本文的指脉搏波信号分析中,从更能反映心脏射血的血流量变化及血管壁弹性等功能状态出发,选取下列10个参数值来表征指脉搏波的形态。

本文1991年6月28日收到

* 中山大学科研基金资助项目

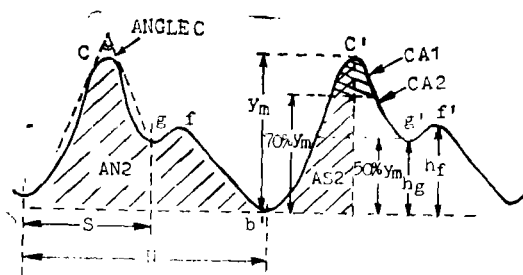


图 1 典型指脉搏波图及其形态参数
Fig.1 Typical pulse shape in human finger for different pattern parameters

ANGLEC: 指脉搏波主波峰的夹角。

S/N: b点到g点的时间s与指脉搏波周期N的比值。

AS2/AN2: b点到c点的脉搏波面积AS2与一个脉搏波总面积AN2的比值。

CA2/AN2: 以主波峰高 y_m 的50%处为界的脉搏波峰顶面积CA2与脉搏波总面积为AN2的比值。

K: $K = (P_m - P_d) / (P_s - P_d)$, 脉搏压力的脉动分量平均值($P_m - P_d$)与脉动分量最大值($P_s - P_d$)的比值。其中, $P_m = \int_0^T P^{(t)} dt / T$ 为平均脉压, P_s 为收缩压, P_d 为舒张压。

CA1: 以主波峰高 y_m 的70%为界的脉搏波峰顶面积。

MF: h_f 对 y_m 的归一化高度。

DMFG: ($h_f - h_g$)对 y_m 的归一化高度。

DFG: f点与g点时间差的归一化时间间隔。

DFC: f点与c点时间差的归一化时间间隔。

临床检测到的指脉搏波图, 通常含有多个搏波, 每个搏波一般由几百个采集数据组成。借助计算机工具, 可根据波形变化趋势以及判断最大值和最小值, 即可把单个指脉搏波图分离出来。再计算出上述10个参数值, 便可采用星座图法进行信号分析。

3 指脉搏波信号的星座图法分析

星座图分析法是多变量样本的一种图分析法。按照星座图的作图规则^[1], 一个指脉搏波样本对应于星座图中一颗星。样本的每一形态参数用一段路径来表征。这样, 星的最终位置就是相应样本的各段路径的矢量和。而对于同一个形态参数在不同样本之间的差别, 则转化为用同一长度路径与水平方向夹角的大小表示出来。

设有n个样本 X_1, X_2, \dots, X_n , 各有p个变量 x_1, x_2, \dots, x_p , 用原始数据 X_{kl} 表示第k个样本的第l个变量的值。 $k = 1, 2, \dots, n; l = 1, 2, \dots, p$ 。

将数据 X_{kl} 作一线性变换, 变换后的数据 ξ_{kl} 落到 $[0, \pi]$ 内, 通常取

$$\xi_{kl} = \frac{X_{kl} - X_{\min l}}{X_{\max l} - X_{\min l}} \cdot \pi$$

其中 $X_{\min l} = \min_{1 \leq k \leq n} X_{kl}$,

$$X_{\max l} = \max_{1 \leq k \leq n} X_{kl}$$

故样本位置为

$$Z_k = \sum_{l=1}^p W_l \cdot e^{j\xi_{kl}} \quad k=1, 2, \dots, n$$

其中, W_l 为加权因子, 满足条件: $\sum_{l=1}^p W_l = 1$

如果取等权, 则有 $W_1 = W_2 = \dots = W_p = 1/p$, 样本路径为

$$Z_k(m) = \sum_{l=1}^m W_l \cdot e^{j\xi_{kl}}$$

$Z_k(m)$ 表示第 k 个样本第 m 步的坐标. 即 $Z_k(m) = [X_k(m), Y_k(m)]$

其中, $X_k(m) = \sum_{l=1}^m W_l \cos \xi_{kl}$, $Y_k(m) = \sum_{l=1}^m W_l \sin \xi_{kl}$

在本文的临床试应用中, 取用10个指脉搏波样本, 如图2所示, 用星座图法进行信号分析. 其中指脉搏波图编号2, 4, 7, 14, 21是正常青年人的指脉搏波样本, 组成第I类; 指脉搏波图编号8, 11, 13, 16, 19是患有不同程度心血管疾病病员的指脉搏波样本, 组成第II类. 其中, dd8: 冠心病, dd11: 高血压, dd13: 肺心病, dd16: 前壁心肌梗塞, dd19: 病症未明.

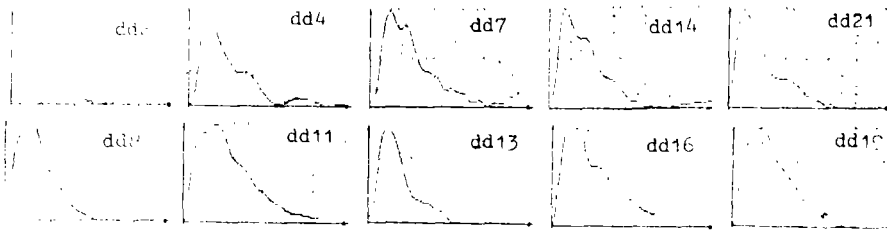


图2 指脉搏波样本

Fig.2 The samples of pulse wave in human fingers

10个指脉搏波样本相应的星座图, 由计算机直接打印的结果, 如图3所示,

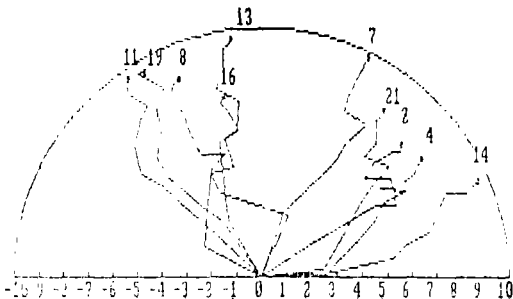


图3 星座图法分析的结果

Fig.3 The analytic results of constellation figgres

对照图 2, 不难看出, 在一个心动周期中, 正常青年人心脏收缩力强, 血管弹性好, 血液流阻小, 指脉搏波图表现为陡直型。而心血管病患者, 心脏收缩能力减弱, 血管壁由于沉积物积累增多, 血流受阻, 引起血管壁硬化, 外周阻力增加, 脉搏波的波峰普遍后移, 且主波峰多呈圆顶型。尤其是高血压患者, 脉搏波更呈现上升和下降缓慢。本文正是基于心动周期中, 血管壁的扩张和回缩弹性两个方面, 正确选择指脉搏波的形态参数, 使第 I 类样本与第 II 类样本的星座明显分隔开。在星座图分析的临床应用中, 还可以根据医学诊断、医疗监护或疾病防治研究的需要, 通过修改样本不同变量的权重 W_p , 或任意安排各变量的先后次序, 使星座各路径轨迹与心血管系统功能状态的对应关系更加明显。星座图分析法作为多变量样本的一种图分析法, 非常便于在微计算机上实现, 使用简便, 对促进医学诊断和疾病防治研究的智能化是有意义的。

4 结 语

指脉搏波信号能较好地反映心脏射血的血流量变化情况及心动周期中血管壁的扩张和回缩弹性。对指脉搏波信号的分析, 关键是正确选择波形形态参数。用星座图法分析, 直观简便, 医务人员容易理解掌握, 便于临床应用。

参 考 文 献

- 1 温宗嫒, 王德汉主编. 人体心血管功能状态, 北京: 人民军医出版社, 1988
- 2 Shimazu H, Ito H Kawarad H *et al.* Med & Biol & Comput, 1989, 27: 130~136
- 3 Sherebrin M H, Sherebrin R Z. IEEE Trans Biomed Eng, 1990, 37(3): 313~317
- 4 钟春香, 雷宜武, 伍小明. 华中理工大学学报, 1989, 17(4): 59~63

Constellation Figure Analysis of Human Finger Pulse Wave

Lin Deheng Yang Mingshen Yu Dequan*

Abstract Human finger pulse waves from 100 clinical trials are studied and 10 parameters are used to describe the pattern of the pulse waves. Two types of pulse waves from the persons with normal or abnormal cardiovascular system are analysed using constellation figures. The advantages of the analysis method are presented

Keywords pulse wave in human fingers, pattern parameters of the wave, constellation figure analysis

* Department of Radio and Electronics