

·诊疗技术·

自主呼吸状态下光电容积脉搏波法对健康人群心率变异性的分析

丁有得, 刘 洋, 王 倩, 余锦雄, 巩萍萍

(广州医科大学基础医学院生物医学工程系, 广东 广州 511436)

摘要:目的 分析自主呼吸状态下光电容积脉搏波法对健康人群心率变异性。方法 选取 2016 年 10 月~2018 年 9 月我校本科生健康志愿者 64 名, 所有志愿者均行心电图(ECG)及光电容积脉搏波法(PPG)检测, 比较 3 min 的 ECG 与 PPG 检测 HRV 时的 RR 间期标准差(SDNN)、RR 间期差值均方根值(RMSSD)、低频功率与标准化高频功率的比值(LF/HF), 并分析 ECG 与 PPG 检测的心率变异性参数的相关性与一致性。结果 64 例志愿者 3 min 的 ECG 与 PPG 心率变异性参数比较, 差异无统计学意义($P>0.05$)。经 Pearson 相关性分析发现, PPG 检测 SDNN、RMSSD、LF/HF 与 ECG 各指标呈正相关(SDNN: $r=0.999$, $P<0.001$; RMSSD: $r=0.998$, $P<0.001$; LF/HF: $r=0.998$, $P<0.001$); 经可靠性分析发现, PPG 用于检测健康人群心率变异性与 ECG 一致性较高 (ICC=0.915, 95% CI: 0.878~0.943, $P<0.001$)。结论 健康人群自主呼吸状态下光电容积脉搏波法可用于心率变异性的检测, 临床上有较好的应用价值。

关键词:健康人群; 自主呼吸状态; 光电容积脉搏波法; 心率变异性

中图分类号: R318.04

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-1959.2019.15.055

文章编号: 1006-1959(2019)15-0163-02

Analysis of Heart Rate Variability in Healthy Population by Photoelectric Volume Pulse Wave Method under Self-breathing

DING You-de, LIU Yang, WANG Qian, SHE Jin-xiong, GONG Ping-ping

(Department of Biomedical Engineering, School of Basic Medical Sciences, Guangzhou Medical University, Guangzhou 511436, Guangdong, China)

Abstract: Objective To analyze the heart rate variability of healthy people under the photoresonance pulse wave method under spontaneous breathing. Methods From October 2016 to September 2018, 64 undergraduate health volunteers were selected. All volunteers underwent electrocardiogram (ECG) and photoplethysmography (PPG), and compared with 3 min ECG and PPG for HRV. RR interval standard deviation (SDNN), RR interval rms value (RMSSD), ratio of low frequency power to normalized high frequency power (LF/HF), and analysis of heart rate variability parameters detected by ECG and PPG Relevance and consistency. Results There were no significant differences in ECG and PPG heart rate variability parameters between the 64 volunteers for 3 min ($P>0.05$). According to Pearson correlation analysis, PPG detection of SDNN, RMSSD, LF/HF and ECG indicators were positively correlated (SDNN: $r=0.999$, $P<0.001$; RMSSD: $r=0.998$, $P<0.001$; LF/HF: $r=0.998$, $P<0.001$); according to the reliability analysis, PPG was used to detect heart rate variability and ECG consistency in healthy people (ICC=0.915, 95% CI: 0.878~0.943, $P<0.001$). Conclusion Photoelectric volume pulse wave method can be used for the detection of heart rate variability in healthy people under spontaneous breathing. It has good clinical application value.

Key words: Healthy population; Spontaneous breathing state; Photoplethysmography pulse wave method; Heart rate variability

心率变异性(heart rate variability, HRV)是指通过对心脏搏动时间间隔的微小变化进行连续分析, 以反映自主神经系统中交感神经与副交感神经活动的一项指标^[1]。心电图(electrocardiogram, ECG)主要描记的是心脏收缩及舒张过程中体表所表现的电势差, 根据心电图心脏节律探测正常窦性节律与异位节律^[2]。但心电图在测量过程中, 需专业的医护人员操作, 使其应用受到限制。而光电容积脉搏波(PPG)信号的获取主要通过光照射皮肤或组织表面, 并透过组织, 由血液吸收, 形成光能量及散射光能量, 且随着血流搏动血容量的变化而发生变化, 最终利用光电探测器探测获取透射光或散射光^[3]。光电容积

脉搏波呈现脉动性变化, 且与心脏搏动密切相关, 可有效反映心输出量、血氧饱和度、动脉顺应性、外周循环阻力等与心血管系统相关的多种状态信息; 同时, PPG 波形测量无需复杂、特殊的仪器设备, 具有无创、操作简单、适应性强、性能稳定等优势, PPG 监测只需将指套套于手指末梢, 不仅为用户提供较高的舒适性, 还方便非专业人员的操作, 广泛应用于监护及移动生理参数监测等领域中^[4]。本文主要分析自主呼吸状态下光电容积脉搏波法对健康人群心率变异性, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2016 年 10 月~2018 年 9 月广州医科大学本科生健康志愿者 64 名, 其中男 36 名, 女 28 名; 年龄 19~37 岁, 平均年龄(28.14±3.26)岁, 所有志愿者均无心血管、循环系统等相关疾病。

1.2 方法 采用迈瑞医用监护仪(Beneview T5)及自研 PPG 监测设备进行心电、光电容积脉搏波等参数

基金项目: 1.2018 年教育部第二批产学研合作协同育人项目 (编号: 201802153173); 2.2019 广东省中医药局面上科研项目 (编号: 20191205); 3.2018 年广州医科大学教育科学规划课题 (编号: 20180118)

作者简介: 丁有得(1981.10-), 男, 山东菏泽人, 硕士, 讲师, 主要从事生物医学信号检测与处理工作

同步采集,采样频率为 100 Hz,具体过程如下:志愿者均静坐于椅子上休息 10 min,于四肢导联及右手食指连接监护设备,随后进行呼吸引导,记录自主呼吸状态下同步心电信号及光电容积脉搏波信号,持续 3 min。数据预处理:提取心电 RR 波间期及脉搏波主波波峰 PP 间期。信号采用二阶差分极大值算法对 RR 间期进行提取,随后采用在连续 RR 间期间对脉搏波极大值进行搜索,以获取连续两个脉搏波主波波峰,进而获取脉搏波周期 PP 间期。

1.3 观察指标 比较 ECG 与 PPG 检测 HRV 时的参数指标,包括 RR 间期标准差(SDNN)及 RR 间期差值均方根值(RMSSD)及低频功率与标准化高频功率的比值(LF/HF),以及分析 ECG 与 PPG 检测的心率变异性参数的相关性一致性。

表 1 PPG 与 ECG 检测心率变异性参数比较($\bar{x} \pm s$)

项目	n	SDNN	RMSSD	LF/HF
ECG	64	46.37±16.23	34.38±15.26	1.74±0.82
PPG	64	47.12±15.45	35.29±15.41	1.58±0.76
t		0.268	0.336	1.145
P		0.789	0.738	0.254

表 2 PPG 与 ECG 检测心率变异性相关性分析

指标	r	P
SDNN	0.999	<0.05
RMSSD	0.998	<0.05
LF/HF	0.996	<0.05

2.3 PPG 与 ECG 检测心率变异性一致性分析 PPG 用于检测健康人群心率变异性与 ECG 一致性(ICC=0.915,95%CI:0.878~0.943, $P<0.05$)。ICC>0.75,PPG 与 ECG 有较高一致性。

3 讨论

光电容积脉搏波信号与心脏搏动紧密相关,可用来监测血氧饱和度、检测和反映心输出量、外周循环阻力、动脉顺应性等心血管系统相关参数,操作简便、性能稳定、具有无创和适应性强等优点,在临床监护和移动生理参数监测等领域获得了广泛应用。心电监测心率变异性有诸多限制和不便,如受到高频电磁场的干扰,而 PPG 信号的获取是基于光透射原理,不受环境影响,有利于扩大心率变异性检测范围。李静等^[9]研究表明,利用光电容积脉搏波法分析正常成年人短时心率变异性与心电图具有一致性,光电容积脉搏波法可行性较高。LF 用于反映交感神经与迷走神经的共同作用,HF 用于反映迷走神经的张力,LF/HF 可有效反应高、低频功率的相对比值,是临床上常用的反映自主神经系统平衡性及均衡性的量化参数,可最大程度减小数据长度、建模方法、个体差异等因素对 HRV 参数所产生的影响。

本研究结果显示,64 名志愿者 3 min 的 ECG 与 PPG 心率变异性参数对比,差异无统计学意义($P>$

1.4 统计学方法 采用 SPSS 18.0 统计学软件进行数据分析。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 t 检验;ECG 与 PPG 检测的心率变异性参数相关性采用双变量 Pearson 相关性检验,PPG 与 ECG 检测心率变异性一致性采用度量可靠性分析检验, $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 PPG 与 ECG 检测心率变异性参数比较 64 名志愿者 3 min 的 ECG 与 PPG 心率变异性参数对比,差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1。

2.2 PPG 与 ECG 检测心率变异性相关性分析 经 Pearson 相关性分析结果显示,PPG 检测 SDNN、RMSSD、LF/HF 与 ECG 各指标均有较高的相关性($P<0.05$),见表 2。

0.05)。其中通过 PPG 方法获得的 LF/HF 指标较小,可能是呼吸导致胸阻抗变化,进而导致外周循环阻力变化,而 PPG 波形、特征点都随之改变,从而改变心率;同时,由于神经调节作用呼吸会通过呼吸窦性心律不齐作用于心率,导致 PPG 信号受呼吸的双重影响,从而使得 PPG 信号相比心电的 LF/HF 参数要偏小一些,但 ECG 与 PPG 心率变异性参数无差异。ECG 与 PPG 检测心率变异性参数经 Pearson 相关性分析发现,PPG 检测 SDNN、RMSSD、LF/HF 与 ECG 各指标呈正相关,经度量可靠性分析发现,PPG 用于检测健康人群心率变异性与 ECG 一致性较高,表明 ECG 与 PPG 两种方法计算心率变异性具有一致性。

综上所述,健康人群自主呼吸状态下光电容积脉搏波法可用于心率变异性的检测,临床上有较好的应用价值。

参考文献:

- [1]石磊,孙朋,庞宇,等.基于光电容积脉搏波描记法的心率变异性分析系统前端装置设计[J].生物医学工程学杂志,2016,33(1):14-17.
- [2]范哲意,王跃俊,王群.基于光电容积脉搏波的呼吸频率监测[J].北京生物医学工程,2016,35(2):180-184.
- [3]裴飞霸,陈维平,徐力,等.基于光电容积脉搏波法血氧饱和度测量系统研究[J].工业仪表与自动化装置,2015,45(5):14-16.
- [4]李浩,吴综,陈真诚,等.基于 Android 平台的心率变异性检测系统[J].航天医学与医学工程,2017,30(2):98-102.
- [5]李静,王步青,王卫东.两种计算正常成年人短时心率变异性方法的比较研究[J].北京生物医学工程,2017,36(5):502-506.

收稿日期:2019-3-21;修回日期:2019-4-2

编辑/杜帆