

动态血压监测系统血压测量模块的研制

田辉勇, 邓亲恺

(第一军医大学生物医学工程系, 广东 广州 510515)

摘要: 本文是动态血压监测系统研究课题的系列论文之一, 介绍血压测量模块的设计。通过对传统的示波法测量技术的改进, 大大减小了测量系统的功耗和体积, 解决了动态血压监测的关键技术。临床实验表明, 该血压测量系统具有功耗低、体积小、测量时间短、个体适应范围大等优点。

关键词: 动态血压监测; 示波法

中图分类号: R318.6

文献标识码: A

文章编号: 1005-202X(2002)03-0190-03

引言 近年来, 高血压在中老年人群中的发病率不断上升。动态血压监测是一种全天 24 小时每隔 15~30 分钟或任选间隔时间进行的自动的无创性血压测量及记录的方法。和偶测血压相比, 动态血压监测的优点是反映了患者全天的血压波动水平和趋势, 对高血压和心血管功能的评估提供了极有价值的信息。

我们开发的动态血压监测系统, 是“全军九五”重点攻关课题“多参数生理监护仪”的子课题及其自然延伸, 目前已经成功研制了动态血压监测实验样机, 全信息动态血压分析系统, 并在此基础上进行了多例 24 h 动态血压监测的临床实验研究。其中, 动态血压监测仪包括血压测量模块, 中央处理模块, 电源管理模块, FLASH 存储模块, 日历时钟模块, 串行通讯模块, 液晶显示模块等^[1]。本文重点介绍动态血压监测仪的血压测量模块。

基于动态血压监测微型化、低功耗的设计要求, 本文通过对血压测量原理的深入分析及大量的临床实验研究, 对示波法测量技术做了改进, 克服了传统数字血压计功耗大, 个体适应性差的缺点, 从而使测量时间更快(15~30 s), 个体适应性更好(小孩、老人), 整机体积小、功耗低(小于 20 mA)的特点。

1 测量原理

如图 1, 在压力增加过程中, 检测静压力和袖套内气体的振荡波, 振荡波起源于血管壁的搏动。压力较小时, 在袖套静压力小于舒张压 P_d 之前, 动脉管壁在舒张期已充分扩展, 管壁刚性增加, 因而波幅维持在较小的水平。随着压力的增加, 当袖套

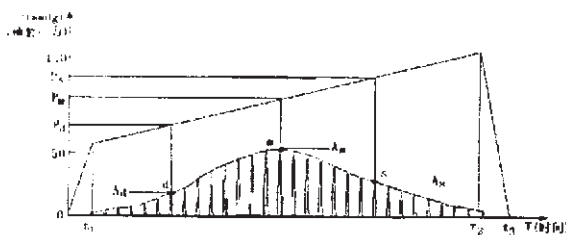


图 1 基于充气的示波法测量原理

静压力高于收缩压 P_s 时, 动脉被压闭, 此时因近端脉搏的冲击而呈现细小的振荡波; 当袖套静压等于平均压时, 动脉管壁处于去负荷状态, 波幅达到最大值; 振荡波的包络线所对应的袖套静压力就间接地反映了动脉血压^[2]。

脉搏波包络线的 m, s, d 点的幅度 A_m, A_s, A_d 存在如下关系 $A_s/A_m=C_1, A_d/A_m=C_2$, 其中 C_1, C_2 均为常数^[3], 因此只要测出 A_m , 每个脉冲的幅度 A_i 和与之对应的静压力 P_i , 就可以计算出 P_s 和 P_d 。

基于模糊控制的自适应充气测量存在一个充气速度识别和控制的过程。脉搏波产生之前, 气泵开始快速充气(大于 10 mmHg/s), 并开始识别充气速度; 当第一个脉搏波产生时, 根据识别到的充气速度, 智能调整充气速度(2~3 mmHg/s), 以获取足够的脉搏波, 其工作流程见图 2。不同个体充气速度是不一样的($t_1 \sim t_2$)段充气速度由(0~ t_1)段的充气速度模糊控制。实验表明, 这种充气速度依个体特性而动态改变, 血压测量具有良好的个体适应性^[4]。

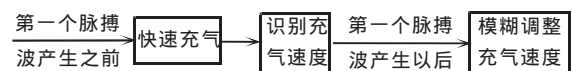


图 2 充气测量模糊控制的流程图

2 硬件设计

基于充气测量的动态血压监测仪的血压部分主要由中央处理模块、血压检测模块、液晶显示模块、电源管理模块、气泵气阀控制模块和串行通讯模块组成, 如图 3 所示。

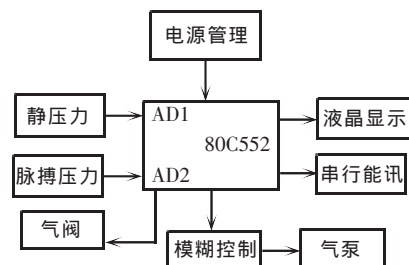


图 3 血压测量模块图

收稿日期 2002-07-03

作者简介: 田辉勇(1976-), 男, 湖北蕲春人, 硕士, 第一军医大学生物医学工程系, 从事多参数生理信号检测与处理研究。

在充气测量过程中, 有效的提取脉搏波信号, 是血压测量的关键。图 4 是压力检测的模块图。

由于是充气测量, 气泵的振动和电源噪音, 导致脉搏波信

号受到很大的高频噪声干扰。解决的措施：一是选择合适的充气速度，实验表明，干扰的大小和频率和充气速度密切相关；二是严格的低通滤波，我们选择巴特沃兹低通滤波，频率为8Hz，不仅有效的滤掉了电源的干扰，而且脉搏信号衰减很小，从而能有效的提取脉搏信号。

血压在充气过程中进行测量，对放气没有特别的要求，所以采用单气阀即可。这种基于单气阀的设计大大减小了血压测量模块的功耗和体积，是便携式24h动态血压监测仪的关键技术。

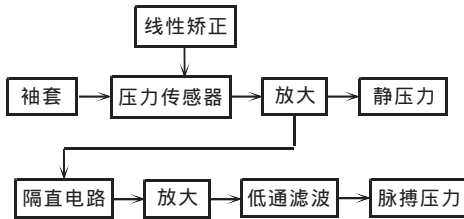


图4 血压信号检测的模块图

3 软件设计

本血压测量的软件流程图如图5。

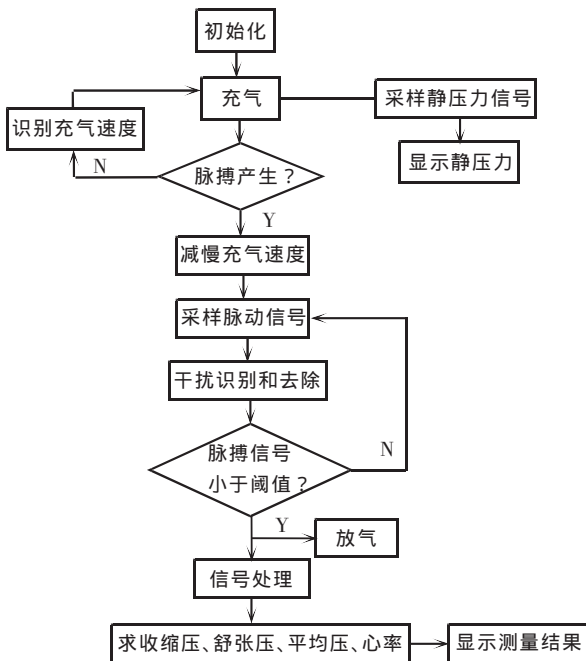


图5 血压测量软件流程图

本软件设计中，信号处理主要采用移动平均，频域滤波等技术。移动平均算法能有效的降低测量中的噪声的干扰，而频域滤波能改善脉搏波的包络线^[5]，从而可以提高血压测量的精度和抗干扰能力。

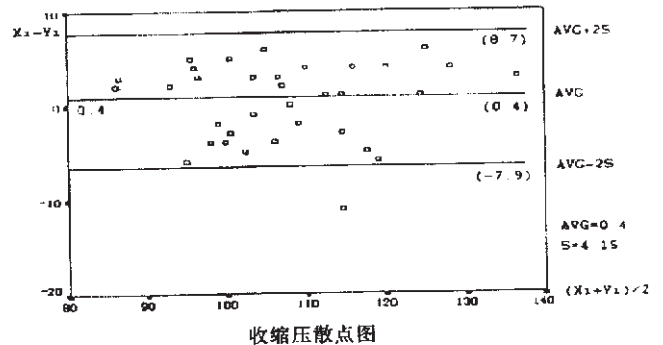
4 临床实验

用该动态血压监测仪和水银血压计对35例测量者进行了对比实验，统计结果表明，收缩压的相关性为0.938，舒张压的相关性为0.916，二者具有良好的相关性。舒张压的相关性较收

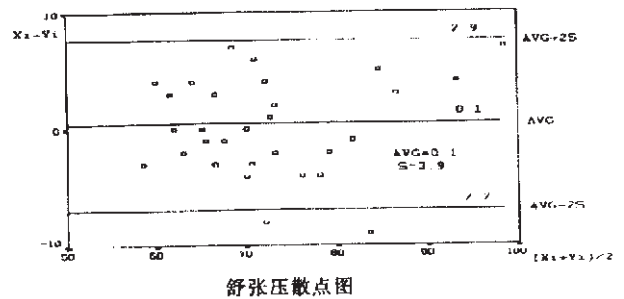
缩压差的原因可能与柯氏音法对舒张压的判断误差较大有关。

我们采用Bland和Altman提出两种医学仪器一致性比较的标准差-平均差方法，绘制出收缩压差值和舒张压差值的散点图，如图6。从散点图可以看出，该血压测量系统与水银血压计具有一致性。

临床实验表明，该系统测量精度达到AAMI标准和BHS标准。另外，测量的重复性好，特别是对不同年龄的测量者具有良好的个体适应性。



收缩压散点图



舒张压散点图

图6 两种血压测量仪器差值散点图

5 小结

我们研制的动态血压监测仪，在国内首次采用自适应的充气血压测量技术，具有测量个体适应性更好，测量精度更高，测量时间更短，测量系统更简单更智能化的特点，特别是能有效的降低功耗和体积^[6]，解决了动态血压监测的关键技术。适合在临床诊断监测、家庭医疗保健中大力推广和应用。

参考文献：

- [1] 邓亲恺,陈亚明,等.便携式多参数生理监测仪的系统结构研究[J].中国医疗器械杂志,199815(3):174-175.
- [2] 齐颂扬.医学仪器(上册)[M].高等教育出版社.
- [3] Mauro ursino, Cristina Cristalli. A mathe-matical study of some biomechanical factors affecting the oscillometric blood pressure measurement[J].IEEE Trans Biomed Eng,1996,43.
- [4] K.G.NG & C.F.Small:Changes in oscillometric pulse amplitude envelope with cuff size:implications for blood pressure measurement criteria and cuff size selection[J]. J.Biomed.Eng,1993,22.
- [5] 谭小丹,邓亲恺,等.数字血压计的软件系统研制[J].中国医学物理学杂志,200017(3):150-151.
- [6] Xu Huai-xiang ,Fang Xing-ye.The Present status and Development of Oscillometric Blood Pressure Measurement.Space medicine & medical Engineering,2000,13(3):231-234.

The development of the blood pressure measurement module of ABPM system

TIAN Hui-yong, DENG Qin-kai

(the First Military Medical University, Guangzhou 510515, China)

Abstract: The paper is one of a series of studies on ambulatory blood pressure monitoring system, and introduced the development of the blood pressure measurement module of ABPM. By improving traditional oscillometric method, the paper put forward and accomplished a new way. It has been proved to more energy-saving, less measuring time, more stable for individual. And it is the key technology of ABPM.

Key words: ambulatory blood pressure monitoring; oscillometric method

(上接第 189 页)

[6] Lukaski HC, et al. Assessment of fat mass using bioelectric impedance measurements of the human body [J].Am J Clin Nutr. 1985;4:1810.

Research of the new method on measuring body fat

SHI Ya-jun, DENG Qin-kai

(the First Military Medical University, Guangzhou 510515, China)

Abstract: This paper is one of a series of studies on the new method of physical fitness measurement. In this paper we research and demonstrate the feasibility, validity and practicability of the improved impedance method that is used to measure the body fat. According to the improved impedance method we designed an instrument that can be used to measure the body fat. 55 adults aged 19~21, male 40, female 15, were chosen for measuring body fat using the instrument we designed and other instruments that were designed by other methods such as underwater weighting density method, etc. Then the results were compared and analyzed. Results from the improved impedance method and the underwater weighting density method possessed very significant relativity, the correlation coefficient was 0.974 ($P < 0.01$). The improved impedance method can be used to measure the body fat. The method is quick, easy, accurate, electrode-saving compared to the whole body tetrapolar method and the segmental six-electrode method.

Key words: bioelectric impedance; body fat; underwater weighting system