

文章编号: 1671-7104(2021)06-0645-05

重症监护中人工气道气囊压力智能管理系统的设计与应用

【作者】 金锦江¹, 邹瞿超¹, 刘红^{1,2}, 曾妃¹, 褚永华¹, 陈星²

1 浙江大学医学院附属第二医院, 杭州市, 310009

2 浙江大学生物传感器国家专业实验室, 杭州市, 310009

【摘要】 为了解决目前重症监护室无法连续监测和自动调节患者气囊压力的问题, 该研究设计了一种人工气道气囊压力智能管理系统, 实现气囊压力的实时监测和智能控制, 且通过串口通讯, 将实时压力数据发送至计算机上位机, 实现压力数据的显示、存储、回顾和分析, 并探讨其临床应用效果。实验表明, 该系统能实时监测气囊压力并控制压力稳定在25~30 cmH₂O (1 cmH₂O=98.1 Pa), 与对照组相比, 试验组在监测患者气囊压力的操作时间、气囊压力变化、护理操作时瞬间最高值、误吸返流例数差异有统计学意义。该系统大大减轻了医护人员的工作量, 有效地减少了患者发生误吸和返流的次数, 降低呼吸机肺炎的发生率。

【关键词】 重症监护; 气囊压力; 智能管理系统

【中图分类号】 R197.39

【文献标志码】 A

doi: 10.3969/j.issn.1671-7104.2021.06.012

Design and Application of Intelligent Management System of Artificial Airway Airbag Pressure in Intensive Care

【Writers】 JIN Jinjiang¹, ZOU Quchao¹, LIU Hong^{1,2}, ZENG Fei¹, CHU Yonghua¹, CHEN Xing²

1 The Second Affiliated Hospital of Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou, 310009

2 National Professional Laboratory of Biosensors, Zhejiang University, Hangzhou, 310009

【Abstract】 In order to solve the problem of continuous monitoring and automatic regulation of patient airbag pressure in intensive care unit, the study designed an intelligent management system of artificial airway airbag pressure. It can realize real-time monitoring and automatic control of airbag pressure. Its pressure data was sent to the PC in real time by the serial port. It can realize the display, store, review and analysis of pressure data. Its clinical application effect was discussed. Experiments showed that the system can monitor airbag pressure in real time and control the pressure to stabilize at 25~30 cmH₂O. Compared with the control group, the experimental group had a statistically significant difference in the operation time of monitoring patients' airbag pressure, changes in airbag pressure, the instantaneous maximum value during nursing operation, and the number of aspiration and reflux cases. The clinical application of the system can reduce the workload of medical staff greatly, effectively reduce the number of patients with aspiration and reflux, reduce the incidence of ventilator pneumonia.

【Key words】 intensive care, airbag pressure, intelligent management system

0 引言

医院在抢救急危重症患者时, 往往需要气管插管或气管切开来建立人工气道, 通过呼吸机进行机械通气, 纠正患者缺氧状态, 改善患者通气功能^[1]。气管导管的前端外壁设有套囊, 套囊充

气后可以封闭气道, 固定导管, 保证密闭性。理想的气囊压力即为保持有效封闭气囊与气管间隙的最小压力, 不仅能阻断气囊与气管壁间的漏气, 保证潮气量的供给, 还可以防止气囊对气管黏膜的压迫性损伤。参照《机械通气临床应用指南(2006)》推荐高容低压套囊压的标准压力范围为25~30 cmH₂O (1 cmH₂O=98.1 Pa)^[2], 当气囊压力小于25 cmH₂O时, 咽喉及口腔分泌物容易

收稿日期: 2020-11-20

基金项目: 浙江省医药卫生科技计划项目 (2019KY401)

作者简介: 金锦江, E-mail: cn_jin@zju.edu.cn

通信作者: 陈星, E-mail: cnxingchen@zju.edu.cn

进入气道，导致患者误吸，造成吸入性肺炎，增加呼吸机肺炎的发生率^[3]，还会在机械通气时造成漏气，导致通气不足。当气囊压力大于30 cmH₂O时，则容易造成气管黏膜缺血性损伤，甚至出现气管壁穿孔等严重的并发症^[4]。

目前国内临床最常用的测压方法为手指捏感法和专用气囊压力表测压法^[5]，研究^[6]显示，手指捏感法准确率较低，感觉的压力比实际测量值大；专用压力表测压法操作简单、精确度高，是监测气囊压力的理想选择，但需要每4 h监测1次，护士依从性不高，且无法实现连续监测和精确测量^[7]。针对现有方法的不足，我们设计一种应用于重症监护中的人工气道气囊压力智能管理系统，实时监测和自动控制患者的气囊压力，为医护人员管理气囊压力提供一种更有效的技术手段^[8]。

1 系统方案设计

本系统主要包括硬件设计和软件设计。系统的压力传感器与患者气囊相连，通过按键调节气囊压力阈值范围，在液晶屏上24 h连续监测，精确显示压力数值。当压力超过阈值时，系统会声光报警且分别控制气泵充气 and 电磁阀放气以保证气囊压力稳定在范围内，并通过串口将压力值实时传至计算机，在上位机上显示压力值及压力动态曲线。当压力持续超过阈值时，上位机软件会自动评估患者情况，提醒医护人员对患者进行干预，实现气囊压力智能化管理^[9]。系统总体结构，如图1所示。

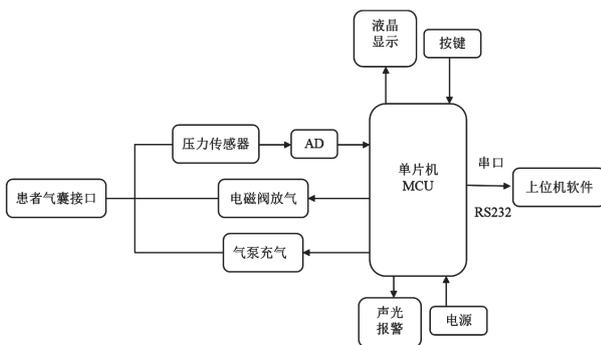
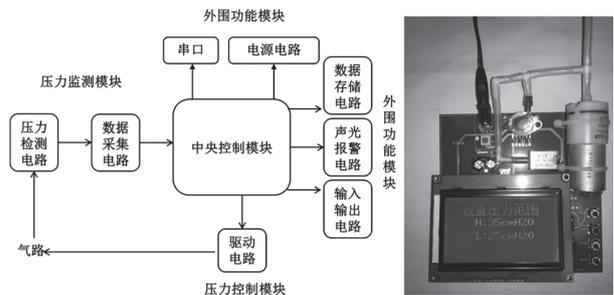


图1 系统结构
Fig.1 System structure

2 系统硬件设计

系统选用智能的压力传感器MPX5050GP和高精度的AD7992芯片构造压力监测模块^[10]，以STC89C52单片机系统为核心驱动气泵和电磁阀的压力控制模块，利用ULN2003达林顿管和反相器74LS04设计气泵驱动电路^[11]，利用9013三极管设计电磁阀驱动电路，构建外围功能模块，并设计气路部分，完成仪器结构的搭建^[12]。硬件设计结构图和实物图分别如图2 (a)和2 (b)所示。



(a) 硬件设计结构 (b) 硬件设计实物
(a) Hardware design structure diagram (b) Hardware design physical diagram

图2 硬件设计图
Fig.2 Hardware design diagram

3 系统软件设计

软件部分主要实现压力的显示、存储和临床预警，必要时提醒医护人员对患者进行干预，实现人工气道气囊压力的智能化管理。

3.1 下位机软件设计

系统下位机软件通过C语言进行开发，编写主程序、按键子程序、压力比较子程序等实现系统相应功能，图3为下位机软件流程图。

3.2 上位机软件设计

上位机软件采用VB6.0开发，利用MScomm控件实现仪器端与电脑端的串口通信，利用PictureBox控件实现实时压力曲线的显示，利用Access数据库实现数据的存储，利用DataGrid控件访问Access数据库，完成历史数据的回顾，并设计直观友好的用户界面，医护人员可以在电脑端实时监测患者的气囊压力^[13]。图4为上位机软件流程图。

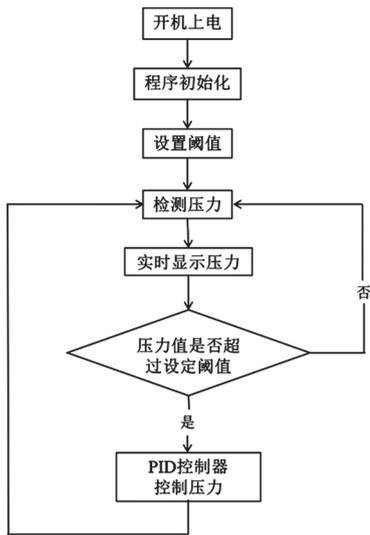


图3 下位机软件流程图

Fig.3 Coil schematic diagram and slot schematic diagram

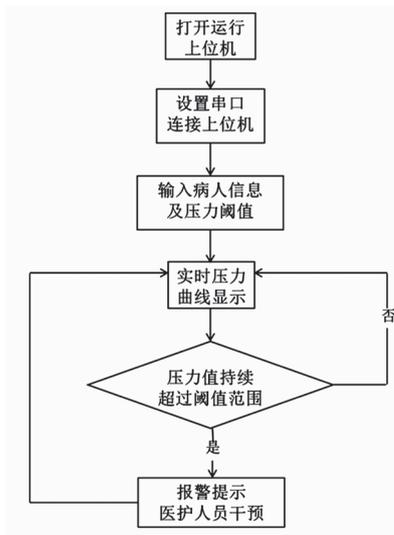


图4 上位机软件流程图

Fig.4 Upper computer software flow chart

上位机软件主要实现压力阈值设置、实时压力显示、压力超限报警、压力数据的存储和回顾、临床预警，软件界面如图5所示。

4 系统测试及临床试验

4.1 系统测试

将VBM气囊压力表和20 mL针筒接入系统气路，以压力表显示的压力值作为传感器输入，用万用表测量传感器输出端的电压值，进行传感器定标，得到传感器传输特性为 $V_{out}=0.09P+0.214$ ，系统整体测量精度为

0.1 cmH₂O。

针对监测过程中患者可能出现的情况，模拟不同应用场景，对系统进行性能测试。图6 (a) 为患者导管与系统气路接口处发生缓慢漏气，压力偏低后系统压力变化曲线图，图6 (b) 为患者导管与系统气路接口处突然脱开，压力低于5 cmH₂O时，即压力过低后系统压力变化曲线图，图6 (c) 为患者轻微咳嗽时，压力偏高后系统压力变化曲线图，图6 (d) 为患者剧烈咳嗽时，压力高于90 cmH₂O时，即压力过高后系统压力变化曲线图。



图5 上位机软件界面

Fig.5 Upper computer software interface

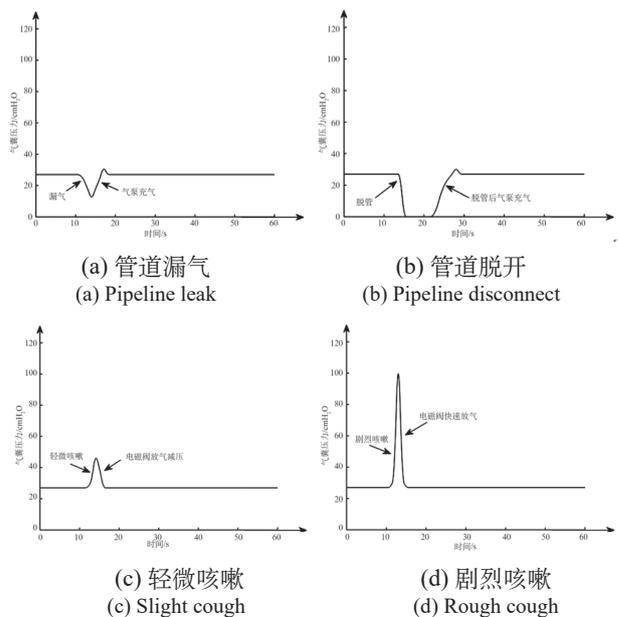


图6 系统性能测试

Fig.6 System performance test

表1 两组病人在操作时间、压力变化及并发症例数方面的比较
Tab.1 Comparison of operating time, pressure changes and number of complications between the two groups

组别	操作时间/s			气囊压力(次, %)			护理操作时瞬间最高值/cmH ₂ O			并发症(例)	
	单次	1 d	3 d	<25 cmH ₂ O	>30 cmH ₂ O	25~30 cmH ₂ O	吸痰	插胃管	翻身	返流	误吸
试验组	40	40	40	0 (0)	0 (0)	100 (100)	25~30	25~30	25~30	0	1
对照组	20	120	360	32 (32)	9 (9)	59 (59)	50±15	45±12	60±18	15	7
P值	<0.05			<0.000 1	0.002 1	<0.000 1	<0.05			<0.000 1	0.022 7

4.2 临床试验

选取2019年6月—8月我院综合ICU行气管插管或气管切开的患者60例,随机分为试验组和对照组^[14]。试验组使用本系统,对照组使用气囊压力表测量^[15]。试验组护士在使用前需要先启动系统,再连接管路到患者气囊接口,需要花费较长时间,但由于系统具有自动调节气囊压力的功能,只需操作1次即可完成连续监测。对照组护士利用压力表手动充放气至所需压力,花费一定时间,且需每隔4 h监测1次,1 d按6次算,可算出护士1 d操作花费时间,分别记录两组每次操作时间^[16]。

在监测过程中,两组患者均保持平静,随着时间推移,试验组上位机实时记录下压力值,对照组每4 h记录1次压力值,两组分别记录100次压力值,观察每个时刻压力变化情况。由于临床需要,护士还会对患者进行一些护理操作,包括吸痰、插胃管、翻身等,试验组上位机实时记录下压力值,对照组记录每次护理操作时,气囊压力瞬间最高值,两组各记录100次压力值。最后观察两组患者气管黏膜损伤情况,有无导管移位、气囊破裂、误吸等,观察时间均为3 d,记录两组患者的并发症发生情况及相应例数^[17]。具体试验结果见表1。

由表1可见,试验组的操作时间明显少于对照组,两组数据差异有统计学意义($P<0.05$)。随着时间的推移,对照组压力值缓缓下降,试验组压力均恒定在25~30 cmH₂O范围内,两组比较,差异有明显统计学意义($P<0.000 1$)。对照组的护理操作对患者气囊压力的影响较大,使压力在短时间内快速上升到较高值,而试验组压力始终维持在25~30 cmH₂O之间,两组比较,差

异有统计学意义($P<0.05$)。试验组未出现反流病人,出现1例误吸病人,对照组出现15例反流病人,7例误吸病人,两组数据差异有明显统计学意义($P<0.000 1$)。

5 结论

本研究设计并实现了重症监护中人工气道气囊压力智能管理系统,系统以单片机为核心,构造压力监测模块和压力控制模块,实现了气囊压力的实时采集、自动存储、智能控制、临床预警,大大减轻了医护人员的工作量,有效地减少了患者发生误吸和返流的次数,降低呼吸机肺炎的发生率^[18]。本系统操作简单,体积小巧,便于床边实时监测。在后续的研究工作中,还将进一步选用精度更高的传感器和AD芯片,提高测量精度,并利用物联网技术,搭建中央气囊压力监护系统,实现气囊压力的智能化管理,同时还可以探究与呼吸机的连接,将本系统设计成气囊压力监测模块,集成到呼吸机,使得能够在呼吸机上实时显示气囊压力,实现气囊压力监测技术的多元化应用。

参考文献

- [1] 夏利华,张克标,古满平.院间转诊患者人工气道气囊压力管理现状调查[J].护理学杂志,2017,32(19):19-22.
- [2] 姜曼,敖薪.人工气道管理标准的研究与应用现状[J].中华护理杂志,2016,51(12):1479-1482.
- [3] FAN E, DEL SORBO L, GOLIGHER E C, et al. An official American thoracic society/European society of intensive care medicine/society of critical care medicine clinical practice guideline: Mechanical ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2017, 195(9): 1253-1263.
- [4] 吴彦烁,宿桂霞,尹彦玲,等.人工气道气囊工艺与压力监测技术的研究进展[J].护理研究,2018,32(1):18-21.
- [5] 何茹,何洁,黄燕,等.指触结合压力表测压在人工气道气囊压力维护中的应用[J].护理学杂志,2012,27(17):4-6.

- [6] PISANO A, VERNIERO L, GALDIERI N, et al. Assessing the correct inflation of the endotracheal tube cuff: A larger pilot balloon increases the sensitivity of the 'finger-pressure' technique, but it remains poorly reliable in clinical practice[J]. J Clin Monit Comput, 2019, 33(2): 301-305.
- [7] 姜琳飞, 王旭光, 丁艳, 等. 手持测压器在连续动态气囊压力监测中的应用[J]. 护理研究, 2017, 31(2): 245-247.
- [8] BRAIN A I J. Artificial airway device: US9974912[P]. 2018-05-22.
- [9] 王书鹏, 李维, 李雯, 等. 一种便携式电子气囊压力监测装置的设计与研究[J]. 中华危重病急救医学, 2017, 29(6):551-555.
- [10] MUJADIN A, KUSUMA P W. Design a noninvasive digital blood pressure meter using high sensitivity pressure gauge MPX5050GP[C]. 2017 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD). Yogyakarta, Indonesia. IEEE, 2017: 236-241.
- [11] 吴峥浩, 沈世斌, 王棧倚. 基于单片机的步进电机控制系统设计[J]. 电子测试, 2020(11): 12-14.
- [12] 陆银春, 姜东辉, 苏纯音, 等. 重症监护室人工气道气囊压力连续监测控制仪的研制与应用[J]. 中华现代护理杂志, 2012, 18(33):4069-4071.
- [13] 梁杨. 基于VB的压力传感器数据采集系统上位机软件的设计[J]. 机械工程师, 2012(12): 56-58.
- [14] 吴彦烁. 机械通气患者持续气囊压力监测的临床研究[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2017.
- [15] 黄玲, 张丽凤, 蒙丽英, 等. 手持测压表间断测压致气管导管套囊内压力损失的原因分析[J]. 中华护理杂志, 2016, 51(12): 1501-1503.
- [16] 吴彦烁, 宿桂霞, 尹彦玲, 等. 4种临床因素对人工气道气囊压力的影响[J]. 中华护理杂志, 2017, 52(8): 934-937.
- [17] 孙建华, 刘金榜, 郭海凌, 等. 自动调节气囊压力对预防呼吸机相关性肺炎效果的Meta分析[J]. 中国护理管理, 2017, 17(3): 319-325.
- [18] 尚明升, 李珊, 高延秋, 等. 人工气道气囊压力持续监测装置的研制[J]. 中国继续医学教育, 2017, 9(18): 196-198.

上接第640页

行全方位实时健康监测, 又可以很大程度上减轻护士的工作量, 提高工作效率。

智能护理系统是一个庞大而复杂的管理监控系统, 本设计只是研究了它的一部分, 后续在实际应用中, 随着技术日新月异的发展, 其概念也会不停向前延伸, 其应用也将越来越广, 一个较显而易见的方向在于权限管控, 由于现实病房中存在的角色涉及医生、护士、护工、病人和病人家属等会更复杂而多变, 通过设置不同的权限实现控制不同级别的功能是我们下一步的工作目标。

参考文献

- [1] 孟银阔, 鹿嘉铭, 谢爱洁, 等. 基于手机蓝牙通信功能实现的智能家居系统[J]. 轻工科技, 2018, 34(5): 86-88.
- [2] 岑毅. 基于8051单片机及安卓平台的智能家居系统研究[J]. 河南科技, 2018(7): 14-15.
- [3] 何世添, 谢海昌. 基于STM32和uCOS-III的智能家居控制系统设计[J]. 轻工科技, 2018, 34(8): 100-102.
- [4] 李玮. 基于单片机控制的直流电机PWM调速系统设计[J]. 产业与科技论坛, 2018, 17(4): 74-75.
- [5] 陈星星, 李亚品, 段纳, 等. 基于ESP32的粮仓远程温湿度监控系统[J]. 电子技术与软件工程, 2018(14): 94.
- [6] 王大雷, 郝保明, 黄飞. 基于STM32的智能家居系统研究与设计[J]. 阴山学刊(自然科学版), 2018, 32(2): 88-91.
- [7] 徐国钰, 卢萌萌. 基于STC89C52单片机的无线智能灯控系统[J]. 电子世界, 2018(17): 159-160.
- [8] 张倩. 国外物联网的研究现状初探[J]. 信息系统工程, 2017(4): 132.
- [9] 宋领赞. 基于物联网的病房监控系统的设计研究[J]. 电子测试, 2017(19): 65-66.
- [10] MOHD R B A R, ROZEHA A R, NORSHEILA F et al. Telg mote: a green wireless sensor node platform for smart home and ambient assisted living[J]. Jest, 2016(3): 211-219.
- [11] FARID O, RYTIS M, ROBERTAS D. Smartphone based intelligent indoor positioning using fuzzy logic [J]. Future Generat Comput Syst, 2018: 335-348.
- [12] TORRES G G, BAYAN HENRIQUES R V, PEREIRA C E, et al. An EnOcean wearable device with fall detection algorithm integrated with a smart home system[J]. IFAC-PapersOnLine, 2018, 51(10): 9-14.