

一种便携电子可视喉镜的研究与设计

郭嘉杰^{1,2}, 辛学刚¹, 卢广文¹

1. 南方医科大学生物医学工程学院, 广东 广州 510515; 2. 广东省食品药品监督管理局审评认证中心, 广东 广州 510080

【摘要】设计一种自带LED光源的便携电子可视化喉镜, 该装置带有前置摄像头、自动调节白平衡、防进液、耐清洁消毒设计, 可以实现同步观察和录制视频。在困难气道的处理中, 可清楚显示声门的解剖结构, 能够提高气管插管的成功率, 降低气道损伤。通过初步的测试及临床验证, 表明本设计可供临床观察患者的会厌部并暴露声门, 引导医护人员准确施行气管插管术。

【关键词】气管插管术; 喉镜; 可视化

【中图分类号】R197.39

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)03-0272-04

Research and design of a portable electronic visual laryngoscope

GUO Jiajie^{1,2}, XIN Xuegang¹, LU Guangwen¹

1. School of Biomedical Engineering, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China; 2. Center for Certification and Evaluation, Guangdong Food and Drug Administration, Guangzhou 510080, China

Abstract: A portable electronic visual laryngoscope with built-in LED light source is designed. The device which realizes synchronous observation and video recording is equipped with a front-facing camera, automatic white balance adjustment, waterproof and the design for being resistant to cleaning disinfection. When used in the processing of difficult airway, the presented device can clearly show the glottis anatomic structure, greatly improve the success rate of endotracheal intubation, and reduce the airway damage. The preliminary test and clinical verification show the device helps to observe the epiglottis of patients, and provides a view of the glottis, guiding the endotracheal intubation.

Keywords: endotracheal intubation; laryngoscope; visual

前言

紧急气管插管是急诊科抢救患者过程中应用最多的措施之一, 其对挽救急重症患者生命、减少死亡率起着重要作用^[1-2]。通常情况下, 口腔和气管之间存在3条解剖轴线, 分别为口轴线、咽轴线和喉轴线。当3条轴线重合或接近重合时, 可在直接喉镜暴露声门明视下完成气管插管术。但若碰到气管插管困难的情形(如病人的解剖生理变异、局部或全身性疾病影响及创伤后解剖结构畸形等)时, 单凭普通喉镜则难以顺利完成气管插管术^[3-4]。本文利用可视化技术, 设计出一种自带LED光源和微型化前置摄像

头、自动调节白平衡、防进液、耐清洁消毒、可实现同步观察和录制视频的便携电子可视喉镜。在困难气道的处理中, 可清楚显示声门的解剖结构, 大大提高插管成功率, 并降低气道损伤^[5-7]。

1 可视喉镜的组成和工作原理

可视喉镜的工作原理如图1所示。将图像传感器置于喉镜的先端部位, 在图像传感器两侧对称设置两个发光二极管(LED)冷光源。合理调节图像传感器与发光二极管之间的角度及发光二极管的亮度对观察部分进行成像。图像传感器采集经过镜头的光线所产生的图像信号, 图像信号经过编码后通过差分信号线传输到图像视频解码电路, 通过图像处理技术, 最终将高清晰度、色彩还原度高的图像显示在便携TFT液晶显示器上。先端头可实现合理调节的弯曲角度, 完成对成像部位多角度、全方位的观察^[8-11]。

【收稿日期】2017-02-07

【基金项目】国家自然科学基金(61528102)

【作者简介】郭嘉杰, 在读硕士研究生/医疗器械工程师, 从事医用电气设备开发及境内第二类医疗器械注册技术审评, E-mail: 296137859@qq.com

【通信作者】卢广文, 教授, E-mail: gwlu@smu.edu.cn

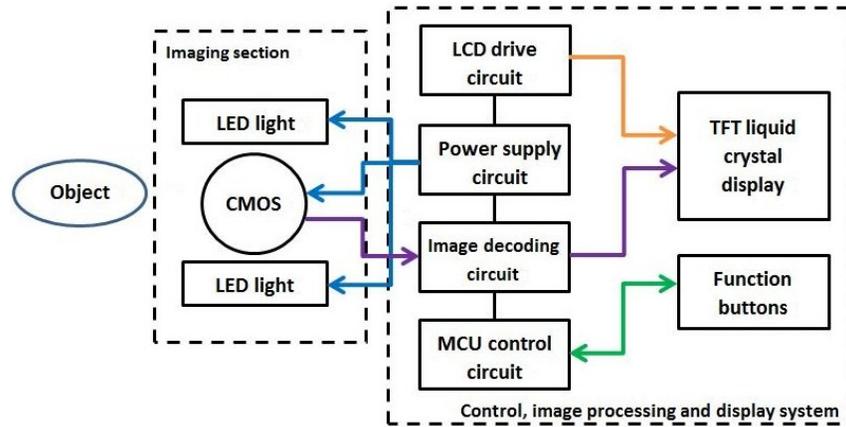


图1 可视喉镜的工作原理及基本结构图

Fig.1 Work principle and basic structure of visual laryngoscope

2 硬件设计

2.1 图像传感器的选择

目前被广泛应用的图像传感器有两类: 电荷耦合元件 (Charge-coupled Device, CCD) 和金属氧化物半导体元件 (Complementary Metal-Oxide Semicon-

ductor, CMOS)。市场上大品牌同类产品, 奥林巴斯 (MAF-GM/ MAF-GM) 视像气管插管镜采用 CCD 图像传感器, 卡尔斯托斯 (11301BNX/11302BDX) 电子插管镜采用 CMOS 图像传感器, 两种图像传感器的主要性能对比如表 1。

表 1 CCD 与 CMOS 图像传感器的对比

Tab.1 Comparison of CCD and CMOS image sensors

Performance parameter	CCD	CMOS
Sensitivity	Excellent	Good
Noise	Excellent	Good
Halation	Existent	Non-existent
Power supply	Multi electrode	Single electrode
Integration situation	Low, need external device	Highly integrated
System consumption	High	Low (1/10-1/100)
Circuit structure	Complex	Simple
Radio resistance	Weak	Strong
Dynamic range	>70 dB	>70 dB
Volume	Big	Small
Image reading mode	Successive scanning	Simultaneous read
Cost	Expensive	Cheap

CCD: Charge-coupled device; CMOS: Complementary metal-oxide semiconductor

CCD 图像传感器由于其高分辨率、低噪声、高灵敏度和动态范围广等优点, 主导着高端摄像领域的市场。随着工艺水平的提高和 CMOS 改进技术的新突破, CMOS 图像传感器过去存在的缺点, 现在都可以找到办法克服, 而 CMOS 图像采集和处理速度快、集成度高、体积小、低能耗、低成本等优点却是 CCD

无法比拟的。因此, 综合考虑各种因素, 本设计采用 CMOS 图像传感器^[12]。

2.2 照明方式的选择

光纤传导的电子内窥镜产品往往存在光导纤维容易折断、导光亮度因距离长而造成衰减等问题。而采用电缆传导可避免光导纤维折断的弊端, 一定

角度的弯曲不会对成像造成影响。因此,本设计选用电缆连接先端LED灯进行照明^[13-14]。

2.3 电子系统设计

考虑到视频图像清晰度要高、色彩要真实,还必须能拍照和录像,故主板的主要器件选用美国TI公司的TMS320DM368 视频处理器作为主CPU,以及美光公司(Micron)的芯片MT29F16G08FAAWC(NAND FLASH)、MT47H64M16HR(DDR2 SDRAM)。TMS320DM368 视频处理器是高清视频摄像机、实时数码摄像机(DVR)、高清视频通信系统等众多视频应用的理想选择,这个芯片还具有多种分辨率、多种视频格式的数据压缩解压功能,拍照、录像及视频色彩处理等功能非常方便实现。电源板的主要器件选用的是南京拓微集成电路有限公司的TP5000和TI品牌的TPS63060(升压/降压转换器)和TPS61040(升压转换器)。摄像头模组的主要器件选用美国OMNIVISION技术公司的OV6920感光芯片,宽度仅为1/18英寸,而同类传感器宽度为1/12~1/7英寸。LCD液晶显示屏选用3.5寸真彩色液晶显示屏,分辨率为320(RGB)×240。锂电池选用的是松下品牌标准3.7V/18650电芯,容量为2300mAh或者3400mAh,可以连续工作4h以上。电子系统框图如图2所示。

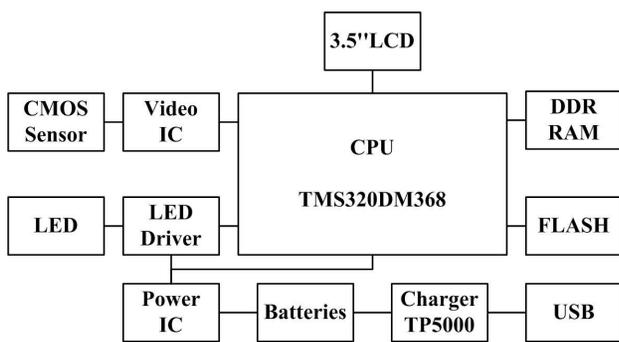


图2 电子系统框图

Fig.2 Diagram of electronic system

3 软件设计

便携电子可视喉镜的软件程序采用C语言编写,开发平台为Linux系统^[15]。管理工具使用了CVS 1.11.22(代码管理工具),TestDirector 8.0(BUG管理工具)。主程序流程如图3所示。主要完成系统初始化自检、启动视频处理、自动调节白平衡、处理菜单设置、电池电压监测及提示、SD卡监测、关机处理等功能。

软件主要由显示及人机交互模块、逻辑控制模块、数据管理模块和图像数据处理模块组成。各组成模块的功能如下:显示及人机交互模块主要实现

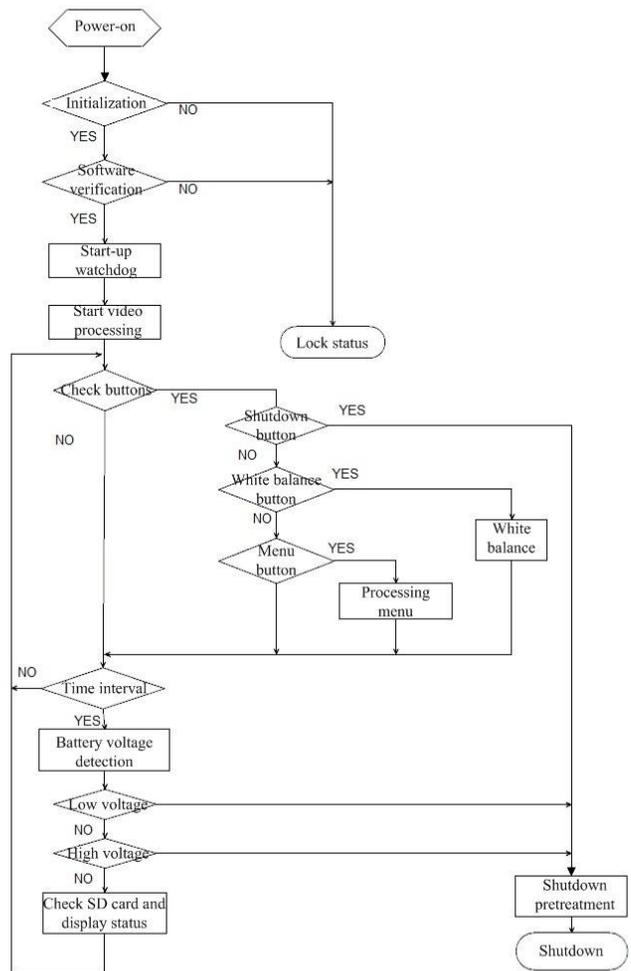


图3 主程序流程图

Fig.3 Main program flow chart

视频图像、人机交互界面、日期、时间、SD卡状态、电量状态等的显示;逻辑控制模块主要控制主程序、监测电池电量、监测SD卡读取状态及存储空间、时钟控制及自动关机;数据管理模块主要实现图片、视频数据的存储及回放,系统运行数据的管理;图像数据处理模块主要实现图像数据的解码和重构,去除坏点及调整白平衡等图像处理。

4 测试与分析

研究者对便携电子可视喉镜的各功能模块进行了初步的测试,项目包括:最大插入部外径($\leq \phi 6.8\text{ mm}$)、最小吸引孔道($\geq \phi 1.5\text{ mm}$)、工作长度($\geq 360\text{ mm}$)、弯曲部弯角范围(上下角度 $\geq 90^\circ$)、视场角(在 $80^\circ \sim 105^\circ$ 范围内)、光源照度(不低于 80 lx)、色彩还原度(在 $95\% \sim 120\%$ 范围内)、图像几何失真度($\leq 3\%$)、自动调节白平衡功能、自动聚焦功能、冻结视频图像功能、储存并回放动态视频功能、耐清洗消毒性(进行30次清洗消毒试验,便携电子可视喉镜仍可正常使用)、重量($450 \sim 500\text{ g}$)以及GB 9706.1-2007^[16]中适用的项目。

经过测试发现,便携电子可视喉镜可满足设计和开发输入文档中性能要求和安全要求。为了进一步验证便携电子可视喉镜在实施气管插管术过程中的实际效果,经志愿者同意,设备在消毒后配合一次性使用气管插管进行了气管插管术。在设备的引导下,气管插管顺利通过了口咽部、喉口、会厌、声门,最终到达气管,随后设备及一次性使用气管插管缓慢退出,整个过程利用设备同步观察并视频记录,顺利完成气管插管术且未对志愿者的咽喉部、声带、气道黏膜组织造成损伤。图4为声门及气管的实拍图。

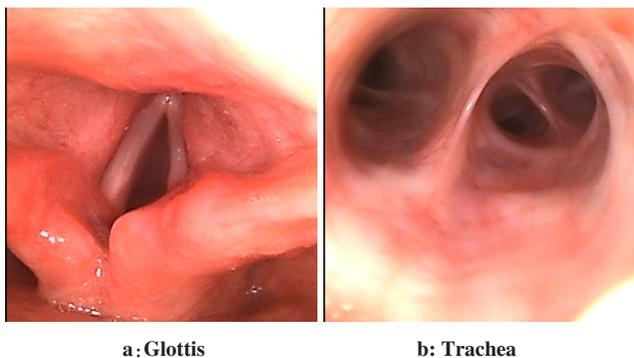


图4 声门及气管的实拍图
Fig.4 Glottis and trachea

5 结束语

便携电子可视喉镜可以帮助医生顺利完成气管插管术,特别是对困难气道的管理。本文设计了一种自带LED光源和微型化前置摄像头、自动调节白平衡、防进液、耐清洁消毒、可实现同步观察和录制视频的便携电子可视喉镜,基本满足临床上辅助实施气管插管术的要求。今后改进的方向包括:(1)实现无线传输功能,可将图片或手术视频上传服务器或投影显示屏,用于远程会诊或教学;(2)进一步增强图像的清晰度和处理功能,除了辅助气管插管以外,还能用于口腔、咽喉部甚至是气管的诊察或治疗。

【参考文献】

- [1] 黄月球, 杨天革, 王军伟, 等. 可视喉镜在初学者急诊插管中的应用价值[J]. 中国医刊, 2014, 49(1): 97-98.
HUANG Y Q, YANG T G, WANG W J, et al. The value of visual laryngoscope in the beginner emergency intubation [J]. Chinese Journal of Medicine, 2014, 49(1): 97-98.
- [2] 翟璟文, 李文婕. 急诊气管插管中可视化喉镜的临床应用价值[J]. 海南医学, 2014, 25(21): 3233-3235.
ZHAI J W, LI W J. The clinical value of emergency tracheal intubation in visual laryngoscope [J]. Hainan Medical Journal, 2014, 25(21): 3233-3235.
- [3] 李荣华, 芮海涛, 李文锋. 迈德豪牌可视喉镜在老年患者气管插

- 管中的临床研究[J]. 当代医学, 2015, 21(9): 32-33.
LI R H, RUI H T, LI W F. Visual laryngoscope in elderly patients with tracheal intubation in clinical studies [J]. Contemporary Medicine, 2015, 21(9): 32-33.
- [4] 张卫军. 困难气管插管应用可视可尼喉镜的临床研究[J]. 当代医学, 2013, 19(12): 88-89.
ZHANG W J. Application regarded bocconi laryngoscope difficult tracheal intubation in clinical research [J]. Contemporary Medicine, 2013, 19(12): 88-89.
- [5] APFELBAUM J L, HAGBERG C A, CAPLAN R A, et al. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the americansociety of anesthesiologists task force on management of the difficult airway [J]. Anesthesiology, 2013, 118(2): 251-270.
- [6] NOPPENS R R, MOBUS S, HEID F, et al. Evaluation of the McGrath series 5 video laryngoscope after failed direct laryngoscopy [J]. Anaesthesia, 2010, 65(7): 716-720.
- [7] GRATEROL J, QUADER K. McGrath video laryngoscope for an anticipated difficult airway [J]. Br J Anaesth, 2009, 103(2): 308-309.
- [8] 许广. 基于嵌入式系统的便携式视频喉镜开发[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
XU G. Research on portable laryngoscope based on embedded system [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2014.
- [9] RAI M R, DERING A, VERGHESE C. The Glidescope system: a clinical assessment of performance [J]. Anaesthesia, 2005, 60(1): 60-64.
- [10] SHIPPEY B, RAY D, MCKEOWN D. Case series: the McGrath videolaryngoscope—an initial clinical evaluation [J]. Can J Anaesth, 2007, 54(4): 307-313.
- [11] 叶斌. 高清晰医用电子内窥镜关键技术研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
YE B. Research on key technologies of high-definition medical electronic endoscope [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2011.
- [12] 王旭东, 叶玉堂. CMOS与CCD图像传感器的比较研究和发展趋势[J]. 电子设计工程, 2010, 18(11): 178-181.
WANG X D, YE Y T. Comparative research and future tendency between CMOS and CCD image sensor [J]. Electronic Design Engineering, 2010, 18(11): 178-181.
- [13] 陆小建, 杨琰, 濮悦. 内窥镜照明方式的选择[J]. 无损检测, 2013, 35(3): 60-61, 76.
LU X J, YANG Y, PU R. Choice of illumination pattern of industry endoscope [J]. Nondestructive Testing, 2013, 35(3): 60-61, 76.
- [14] 廖旭, 薛富善, 安刚. 纤维光导内窥镜在小儿困难气管插管中的应用[J]. 国外医学: 麻醉学与复苏分册, 2001, 22(2): 83-86.
LIAO X, XUE F S, AN G. Application of fiberoptic endoscopy in pediatric difficult endotracheal intubation [J]. Foreign Medical Sciences: Anesthesiology and Resuscitation, 2001, 22(2): 83-86.
- [15] 刘文峰, 李程远, 李善平. 嵌入式Linux操作系统的研究[J]. 浙江大学学报(工学版), 2004, 38(4): 447-452.
LIU W F, LI C Y, LI S P. Research of embedded Linux operating system [J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2004, 38(4): 447-452.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会. 医用电气设备第1部分安全通用要求: GB 9706.1-2007/IEC60601-1:1988[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Medical electrical equipment—part 1 general requirements for safety: GB 9706.1-2007/IEC60601-1:1988[S]. Beijing: China Standards Press, 2008.

(编辑:薛泽玲)