

DOI:10.16781/j.0258-879x.2021.06.0677

• 海洋军事医学 •

一种平战两用内置式手术照明灯的设计与试用

张鑫, 杨德君, 胡尊琪, 张宇, 蔡清萍*

海军军医大学(第二军医大学)长征医院胃肠外科, 上海 200003

[摘要] **目的** 研制一种平战两用的内置式手术照明灯, 并初步观察其试用效果。**方法** 以聚碳酸酯为外壳主体材料, 发光二极管(LED)为光源, 超微纽扣电池为电源, 强力钷磁铁为固定装置, 研制一种平战两用的内置式手术照明灯。在多家军队和地方医院进行临床试用并观察其试用效果。**结果** 成功研制的内置式手术照明灯在初步的临床试用中表现出较好的效果, 该装置可辅助人体深部组织手术, 术野照明也更加清晰; 照明位置可任意调整, 减少了巡回护士调整无影灯的人力需求。在卫勤演训和海军部队非战争军事任务中试用时, 该装置可独立为野战环境下的紧急手术操作提供照明, 舰载应用不受海况条件制约, 具有便携性高、机动性强、隐蔽性强等特点。**结论** 该内置式手术照明灯具有重要的临床和军事应用价值, 值得进行扩试研究。

[关键词] 手术照明灯; 内置式; 海军医学; 外科设备

[中图分类号] R 612 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2021)06-0677-04

Design and trial of a built-in surgical lamp for peacetime and wartime

ZHANG Xin, YANG De-jun, HU Zun-qi, ZHANG Yu, CAI Qing-ping*

Department of Gastrointestinal Surgery, Changzheng Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200003, China

[Abstract] **Objective** To develop a built-in operation lamp for peacetime and wartime, and to preliminarily observe its trial effect. **Methods** A built-in operation lamp was designed and developed with polycarbonate as the main shell material, light emitting diode (LED) as light source, ultra-micro button battery as power supply, and powerful rubidium magnet as fixing device. Clinical trials were carried out in many military and local hospitals, and the trial effect was observed. **Results** The built-in operation lamp was successfully developed, showing good effect in the preliminary clinical trials. The device could assist the operation for deep human tissue with much clearer lighting of the operative field. Additionally, the surgeon could adjust the light freely without itinerant nurses' help. The device could provide lighting for battle field emergency surgery independently, and could be used on naval ships without restriction of sea conditions during medical service training and non-battle military missions of naval force due to its high portability, mobility and concealment. **Conclusion** The built-in operation lamp in this study has a great clinical and military value and deserves further study.

[Key words] operation lamp; built-in; naval medicine; surgical equipment

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(6): 677-680]

术区理想的照明是外科医师完成精准手术操作的前提, 无影灯的发明和应用为现代外科手术带来了福音, 其通过减淡本影使术区的照明得到很大改善, 术野变得更加清晰。目前, 传统的悬挂式手术无影灯已能够满足人体浅表部位的手术照明需求, 但对于胸、腹、盆腔, 尤其深邃、狭小的人体

解剖部位, 聚集的光束难以精确照射到目标位置, 存在一定的术野盲区, 增加了手术误伤的风险。此外, 无影灯的光线难以与医师的视线处于同一角度, 即使通过调整实现了光线与视线角度的重叠, 但术者的头、手和器械的阴影必然对手术操作造成干扰。由于手术操作范围的不固定性, 术者常需要

[收稿日期] 2021-03-21 **[接受日期]** 2021-03-31

[基金项目] 军队后勤应急科研重点项目(BHJ20C008), 海军军医大学(第二军医大学)“深蓝”人才工程“三航”人才培养计划, 国家自然科学基金(81773049, 81402359)。Supported by Key Project for Logistics Emergency Research of PLA (BHJ20C008), “Three-Navigation” Program of “Deep-Blue” Talent Project of Naval Medical University (Second Military Medical University), and National Natural Science Foundation of China (81773049, 81402359).

[作者简介] 张鑫, 博士, 讲师、主治医师. E-mail: czzx86@163.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-81885601, E-mail: caiqingping@smmu.edu.cn

根据术野的变动调整光照的位置;但无影灯不属于无菌区,术者无法随意触碰,光照位置的调整需要巡回护士进行,不仅增加人力需求,也十分影响手术进程。另外,悬挂式无影灯由于体积庞大、机动性差、依赖外部供电等原因,难以在野战条件下应用。尤其在海战和舰船作业环境下,受舰船摇晃等因素的影响,手术照明位置极易发生偏移,进一步凸显出现有手术照明灯的短板和不足。

本研究摒弃传统的手术台外部光照的设计理念,创新性地尝试设计一种能平战两用的内置式手术照明灯^[1-3],其能够克服传统手术无影灯的诸多

缺点,具有任意解剖部位区域化精准照明的特点,减少了术中配合的人力需求,显著提高了现代外科手术照明质量;同时,能够为黑暗、隐蔽或不环境下的紧急手术操作提供照明,舰载应用时不受海况条件制约,具有一定的临床和军事应用价值。现介绍如下。

1 材料和方法

1.1 设计理念与功能实现 该内置式手术照明灯由4个部分组成,包括外壳、光路系统、电路系统和固定系统(图1、2)。

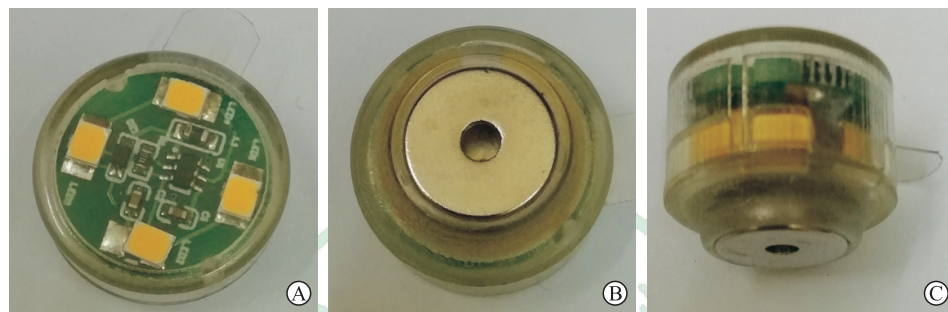


图1 内置式手术照明灯实物图
A:俯视图;B:仰视图;C:侧视图。

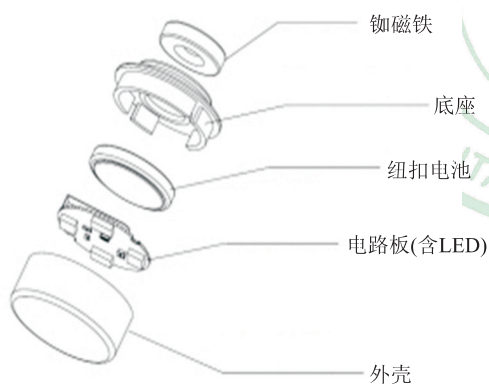


图2 内置式手术照明灯的内部结构示意图
LED:发光二极管。

1.1.1 外壳 外壳设计为圆柱状限定容纳腔,用于容纳光路系统、电路系统和固定系统。采用聚碳酸酯(polycarbonate)作为主体材料,具有无色透明、利于光线穿透、耐热、抗冲击、体积小、质量轻等特点。顶部为圆盘状封闭式设计,底部为内径减小的圆形开口设计(作为吸附装置的容纳腔)。

1.1.2 光路系统 采用发光二极管(light emitting diode, LED)作为光源,可产生稳定的白色光,具有效率高、能耗小、节能环保等特点。使用过程中装置完全内置于体腔,照射目标距离近,产生的LED光线和光斑均匀,清晰度高,可实现任意

解剖部位区域化精准照明。光源热辐射极少,色温稳定。

1.1.3 电路系统 电路部分由纽扣电池、电路板和控制开关组成。电源由单节超微纽扣电池构成,额定电压为3.0V,能够完全嵌合于电路板内持续供电。电路板由4只LED灯组串联式连接,能够同时平稳运行,功率稳定,耗电量低,始终保持亮度恒定。电路控制开关采用插片式结构,开启和关闭便捷。全密闭模块封装结构,具备一定的防水、防腐蚀特性,在工作过程中不受术区体液和冲洗液等外部理化因素影响。

1.1.4 固定系统 将外壳前端设计成圆形凹陷腔,选择体积、磁力合适的钷磁铁置于圆形凹陷腔内,利用钷磁铁的强磁力牢固吸附于金属器械表面,通过器械位置的改变实现对术区的精准照明。

1.2 临床应用 在10余家军队和地方医院开展的临床手术及卫勤演训和海军部队非战争军事任务中进行初步试用,观察该内置式手术照明灯的使用情况。使用方法:该内置式手术照明灯为单个独立包装,使用前检查包装的完整性及是否超过灭菌时间。无菌取出后,选择目标位置(如深部组织拉钩、镊子、血管钳等金属器械)进行吸附固定。拔除开关插片后接通电路,启动光源,装置随金属器

械置于术区目标位置。根据手术的具体需求,可同时使用单只或多只该装置。手术结束后,将插片插入开关槽内关闭光源。将装置从金属器械上取下,作为医疗废弃物进行收纳处理。

2 结果

2.1 装置主要性能参数 研制的内置式手术照明灯单个装置总质量 $<15\text{ g}$ 。尺寸:外径 $<25\text{ mm}$,高度 $<15\text{ mm}$ 。工作温度为 $0\sim 46\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。色温为 $3\ 500\sim 4\ 500\text{ K}$ 。有效工作聚焦深度为 $5\sim 20\text{ cm}$ 。术野温升 $<5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。电源为内置式电源,3 V超微纽扣电池,续航时间为 $3\sim 4\text{ h}$ 。标称电流为 10 mA ,最大连续电流 $\leq 100\text{ mA}$ 。消耗功率为 $0.1\sim 0.4\text{ W}$ 。光效率(MW/m^2): 3.3 lx 。灯泡类型为LED。灯泡平均寿命 $\geq 60\text{ h}$ 。灯泡数量为4个。钕磁铁磁性吸附力 $>15\text{ N}$ 。

2.2 临床试用效果 将该装置在10余家军队和地方医院进行了临床试用,其工作状态如图3所示,试用时间至少6个月,试用科室涵盖了普通外科、胸外科、妇产科和泌尿外科等。试用结果提示该装置在涉及人体深部组织开放性手术的辅助照明中具

有显著优势,能使术野照明更加清晰,减少了术中副损伤的发生。此外,照明位置可任意调整,大大减轻了巡回护士调整无影灯的频率,加速了手术进度,节省了人力资源。

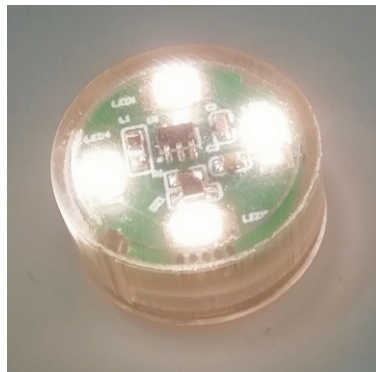


图3 内置式手术照明灯的工作状态实图

在海军军医大学(第二军医大学)长征医院组织的卫勤演训和海军部队非战争军事任务中也试用了该装置,术中应用示范如图4所示。以其作为独立照明装置进行野战外科手术,体现出了便携性、机动性、隐蔽性等特点,具有重要的军事应用价值。

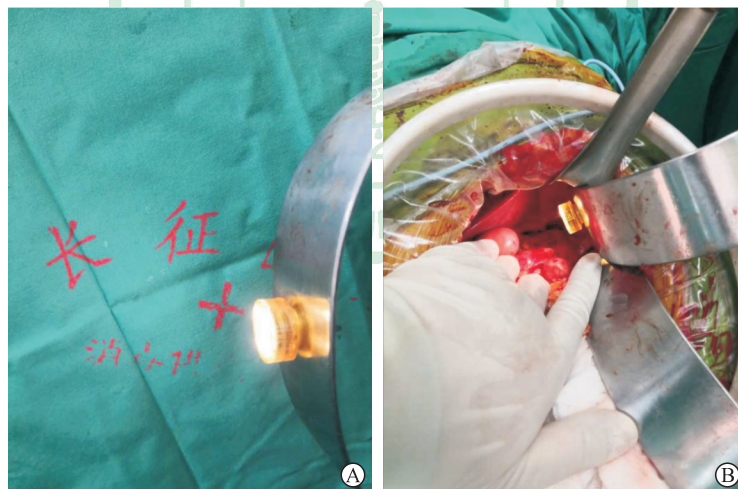


图4 内置式手术照明灯的术中应用实图

A: 内置式手术照明灯的固定; B: 内置式手术照明灯的术中应用。

3 讨论

手术照明是直接影响手术质量、进度和效果的重要因素。随着微创外科理念的不断深入,手术切口越来越小,尤其在进胸、腹和盆腔深部组织手术时,术区照明不足不仅影响手术质量和安全性,也增加了术中频繁调整手术灯的人力需求。针对这些问题,国内有学者进行过一些探索性研究和改进。谭继华^[4]曾报道将照明吸引管用于椎间盘

突出症的手术,集照明、吸引于一体,光源可随意移动,并靠近手术操作部位,视野清晰,可随时清除术区渗血。张立新^[5]提出了一种医用局部深孔手术摄像照明装置,适用于深孔手术照明,视场较大,可直接目视手术,也可以通过连接显示屏进行类似腔镜手术。骆霞等^[6]研制了一种便于单人手术控制的手术灯,通过一套复杂的机械传动结构,使手术医师通过脚踩的方式实现对照明灯位置的控制。然而,该装置结构复杂,且调整过程时间较

长,常常需要术者反复尝试。与之相比,本研究设计的内置式手术照明灯结构更加精巧,可根据手术操作的需要放置于体腔内任意狭小的空间内;通过区域化精准照明,使术野光斑更加均匀、视场更加柔和;并且其可作为无菌物品完全置于手术野,术者可根据需要任意调整位置,完全摆脱对巡回护士调整光照的依赖,在辅助胸、腹腔深部组织手术照明中显示出一定的优势。

外科救治重点前移是战创伤及重大自然灾害救援中降低伤死亡率的关键。传统悬挂式手术无影灯由于体积大、机动性差、隐蔽性差和供电依赖等缺点,难以满足野战环境救治的要求。为此,国内有学者提出各种便携式野战手术无影灯的设计,如以立杆式代替悬挂式设计^[7-8],展开不受地域条件限制,单人可完成展收操作,提高了野战机动性能。光源的选择上逐步以LED代替传统的卤素灯泡^[9],进一步提升了光效率,降低了术野温升,延长了使用寿命。为了摆脱野战环境中对市电和外部供电的依赖,胡军智等^[10]研发了一种光伏型野战LED无影灯,其通过阳光对太阳能电池板照射后产生电流,经控制电路后供LED灯正常使用。然而,由于其供电系统对太阳光照的依赖性强,无法提供全天候的保障,且装置总体制作成本高,维修保养的技术门槛高,难以在部队进行大范围的推广应用。此外,各种新型野战手术头灯的不断研发应用^[11-13],在抢险救灾和战场救护中发挥了重要的补充照明作用,但同样存在增加医师额外配饰、价格昂贵等缺点。相比而言,本研究设计的内置式手术照明灯为非穿戴性产品,不增加术者负重;在野战条件下可独立用于术中照明,隐蔽性强;且生产成本低,不依赖外部供电,功耗小,光效率高,续航时间长。在海军军医大学(第二军医大学)长征医院组织的卫勤演训和非战争军事行动的医疗保障中,也显示出良好的战地适宜性和较高的野战机动性。

海上舰船特殊环境对舰船用手术无影灯性能提出了特殊的要求。手术舱室层高较低、空间狭小,要求舰船用手术无影灯的体积要小,拆装方便。尤其在不利海况下实施手术,传统无影灯的机械臂式固定和移动设计难以满足舰船持续摇晃状态下的照明要求。为此,胡卫敏等^[14]提出几种舰用化改进方案:(1)设计立杆式无影灯,杆高可以根据需要进行升降和锁定,拆装方便,但需额外占据舱室空间;(2)设计带导电导轨的悬挂式无影灯,对平衡臂悬挂系统和灯头进行改造,使所有关节都可机械锁定,但导电导轨部分制造成本较高;(3)设

计带平衡体的悬挂式无影灯,可实现灯头的大范围移动和位置锁定,但拆卸比较耗时。本研究设计的内置式手术照明灯在使用过程中由于完全置于体腔内,装置与术区位置相对固定,在海军舰船剧烈摇晃的情况下,也不会发生光照位置偏移和设备损坏的情况,能够满足舰船外科手术照明的要求。

本研究设计的内置式手术照明灯,目前已获批3项国家实用新型专利^[1-3],并成功研制了样机实现科研转化。在小范围的相关单位进行试用后证明该装置总体性能优异,建议进行扩试研究。同时,在试用过程中我们也发现其存在防水性能不足、发光面易被手术操作溅起的烟雾和体液污染进而影响光线射出等问题,将在今后不断完善改进,以满足临床工作和野战外科尤其是海军舰船外科救治的需要。

[参 考 文 献]

- [1] 姚力军,蔡清萍,卫子然,王长明,罗明浩.内置式手术器械和内置式手术照明装置:201720408120.4[P].2017-12-29.
- [2] 蔡清萍,姚力军,卫子然,王长明,罗明浩.用于内置式手术照明装置的外壳:201720405186.8[P].2017-12-29.
- [3] 蔡清萍,姚力军,卫子然,王长明,罗明浩.用于内置式手术照明装置的光源系统:201710251978.9[P].2018-11-02.
- [4] 谭继华.照明吸引管在椎间盘突出症手术中的应用[J].华北国防医药,2005,17:133.
- [5] 张立新.医用局部深孔手术摄像照明装置[J].西安工业大学学报,2016,36:93.
- [6] 骆霞,钟佩,范鲜.一种便于单人手术控制的手术灯的设计与应用[J].健康女性,2020(18):164.
- [7] 李效银,任吉霞,陈宇杰,陆叙林,宫克礼.便携式野战手术无影灯的研制[J].医疗卫生装备,2005,26:231,193.
- [8] 卓龙彩,王春飞,周文光,孔悦.新型LED野战手术无影灯的临床应用[J].医疗卫生装备,2012,33:74,109.
- [9] 周文光,魏培德,沙益夫,孔悦.野战LED手术无影灯的光路设计[J].中国医疗设备,2011,26:31-34.
- [10] 胡军智,徐新民,杜生明,徐海琴,曹铁军,殷朝庆.一种光伏型野战LED无影灯的研制[J].医疗卫生装备,2010,31:81-83.
- [11] 周文光,魏培德,孔悦,沙益夫.一种便携式野战LED手术头灯的设计[J].医疗卫生装备,2013,34:27-29.
- [12] 周文光,魏培德,孔悦,沙益夫.野战手术头灯的研制现状与发展趋势[J].医疗卫生装备,2013,34:80-81,87.
- [13] 许新建.便携式手术头灯的光学系统设计[J].生物医学工程与临床,2018,22:605-609.
- [14] 胡卫敏,赵峰,王海林,杨扬,侯正松,钱治军,等.LED手术无影灯的舰用化改造研究[J].海军医学杂志,2018,39:105-107.