

文章编号: 1672-8785(2013)03-0036-04

理疗产品中 LED 辐射源有效波长的研究

卢子忱¹ 宋晓晶² 李顺月² 卢伟华¹ 王淑友² 马慧敏² 张 栋^{2*}

(1. 深圳市卓先实业有限公司, 广东 深圳 518117;

2. 中国中医科学院针灸研究所, 北京 100700)

摘 要: 用不同波长的 LED 辐射源照射离体组织标本, 然后通过光谱仪接收其透过光线。比较了 LED 光透射组织后的波形和波长分布, 分析了不同频率的光透过同一组织标本后的频谱, 最终得出了 LED 光透射组织时的最佳波长范围。该结果可以对 LED 辐射源在理疗产品中的应用起到一定的指导作用。

关键词: LED 辐射源; 波长; 光谱仪; 组织

中图分类号: R454.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.03.008

Study of Effective Wavelength of LED Radiation Sources in Therapy

LU Zi-chen¹, SONG Xiao-jing², LI Shun-yue², LU Wei-hua¹, WANG Shu-you²,

MA Hui-min², ZHANG Dong^{2*}

(1. Shenzhen JOSEN Industrial Co., Ltd., Shenzhen 518117, China; 2. Institute of Acupuncture & Moxibustion, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China)

Abstract: The isolated tissue samples are illuminated by using the LED radiation sources at different wavelengths. Then, the ray transmitted through the tissue samples is received by using a spectrometer. The waveform and wavelength distribution of the ray transmitted through the tissue samples from the LEDs are compared. The frequency spectra of the ray transmitted through the same tissues at different frequencies is analyzed. Finally, the optimal wavelength range for the LEDs to transmit the tissues is obtained. This result is instructive to the application of the LED radiation sources to therapy products.

Key words: LED radiation source; wavelength; spectrometer; tissue

0 引言

通过光源照射可以补充人体细胞线粒体能量, 从而激活细胞的生物活性, 使其可以更好地进行自我代谢和生长。随着科学技术的不断发展, 光疗方法及仪器已经被越来越多地运用于医学、美容和保健领域, 并且取得了非常好的辅

助理疗效果。其中, LED 辐射源理疗是近年来这些领域中较为先进的一种光疗方法。LED 可以发出不同波长即不同颜色的光。研究结果表明, 这些不同颜色的 LED 光在理疗活动中可以产生较好的疗效^[1]。为了探究理疗产品中 LED 辐射源作用于生物组织的最佳波长, 本团队设计了一系列实验, 相关报道如下。

收稿日期: 2013-01-30

作者简介: 卢子忱 (1969-), 男, 山东苍山人, 硕士, 主要从事电子技术应用和红外电热方面的研究工作。

E-mail: luzichen@163.com

*** 通讯作者:** 张栋 (1956-), 男, 研究员, 主要研究方向为针灸机理与经络现象的生物医学影像方法测量。

E-mail: zhangd112233@sina.com

1 电路设计原理

为了控制 LED 的输出功率和持续时间, 我们特意设计了一种驱动电路, 其设计框图见图 1。该电路是由电压转换电路、MCU 微处理系统、远红外接收电路以及 LED 照射区域组成的。微处理器通过遥控器发射按键信号。MCU 接收到信号后, 作出相应的占空比及频率的变化。其中, 占空比的调节范围共分 10 个等级 (10% ~ 100%), 在其变化的同时控制 LED 指示灯的 I/O 口并做出相应的动作; 频率的调节范围也分 10 个等级 (从每 5 秒闪动一次, 每 5 秒闪动两次, 依次类推), 在其变化的同时控制 LED 指示灯的 I/O 口并做出相应的动作。LED 的照射区域可通过控制 MCU 输出的高低电平得到控制。

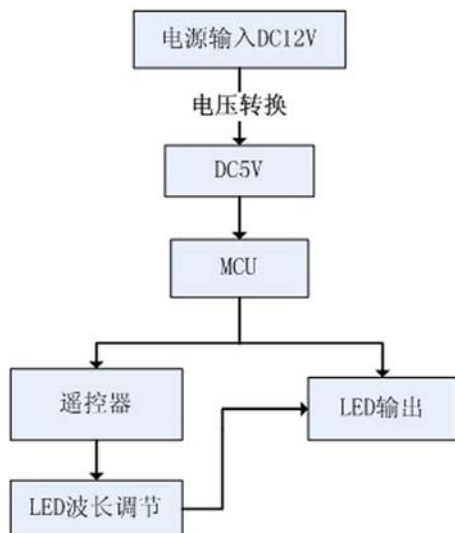


图 1 电路设计框图

2 照射光源最佳波长选择实验

2.1 实验材料

2.1.1 LED 光源

LED 光源的波长分别为 400 ~ 405 nm (紫)、465 ~ 470 nm (蓝)、520 ~ 525 nm (绿)、570 ~ 575 nm (黄绿)、590 ~ 595 nm (黄)、605 ~ 610 nm (桔红)、620 ~ 625 nm (红) 和 845 ~ 850 nm (红外)。

2.1.2 受试对象

离体组织标本, 选取新鲜带皮猪肉组织。

2.1.3 使用仪器及实验条件

采用荷兰生产的 AvaSpec-2048TEC-USB2.0 电热制冷型 CCD 探测器光纤光谱仪; 实验室的温度控制在 25 ~ 28 °C 之间。

2.2 实验检测方法

将新鲜带皮猪肉放在 -40 °C 下进行冷冻。将其切成长 30 mm、宽 30 mm、厚 3 mm 的组织块, 冷冻保存。用探测器光纤光谱仪对不同波长的 LED 光透过组织的情况进行检测。模式调至辐射测量 (I), 纵轴强度为自动调节, 单位为 $\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$, 横轴波长范围为 200 ~ 1100 nm。应用不同频率的单个 LED 照射源, 选取最大输出功率, 使其在距离 35 mm 处对化冻后平铺于检测台上的组织标本进行垂直照射。将光谱仪光纤探测头置于检测台下的空洞处, 中间相隔 0.5 mm, 透明玻璃与组织标本直接相贴, 并接收透过组织的透射光。

2.3 不同频率 LED 光源照射强度的分析比较

2.3.1 透过光的光谱分析

将光谱仪接收到的 LED 光透过组织的光频率曲线显示出来, 分析 LED 光透射组织后的波形和波长分布, 并分析不同频率 LED 光透过同一组织标本的频谱。

2.3.2 透过光的强度分析

将光谱仪接收到的 LED 光透过组织的光频率曲线显示出来, 分析透过光的强度值并读取数值, 然后比较不同频率 LED 光透过同一组织标本的强度。

3 实验结果

3.1 8 种光谱曲线图

图 2 ~ 图 9 为 8 种不同频率的 LED 光透过组织后的光谱曲线图, 图 10 为叠加图。

3.2 光谱曲线图的波峰值分析

在 8 种波长的 LED 光透过组织后的光强度测量结果中, 有 3 种波长的 LED 光的透过组织能力最强: 845 ~ 850 nm (红外) 透过功率峰值为 $5.9 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$; 620 ~ 625 nm (红色) 透过功率峰值为 $5.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$; 465 ~ 470 nm (蓝色) 透过功率峰值为 $2.8 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ 。

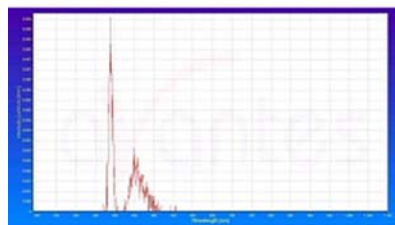


图2 400~405nm (紫色)

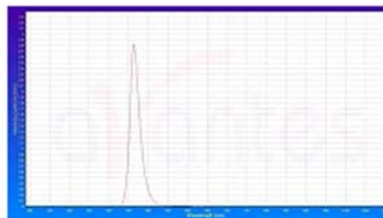


图3 465~470nm (蓝色)

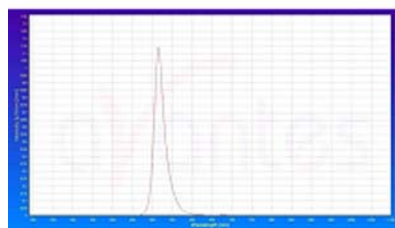


图4 520~525nm (绿色)

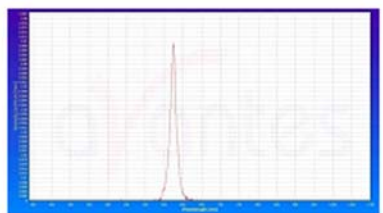


图5 570~575nm (浅绿色)

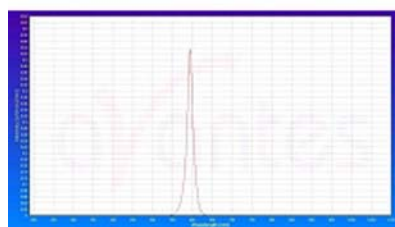


图6 590~595nm (黄色)

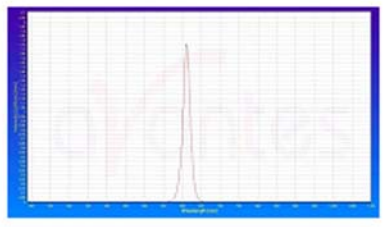


图7 605~610nm (橘黄色)

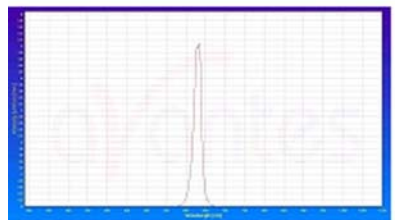


图8 620~625nm (红色)

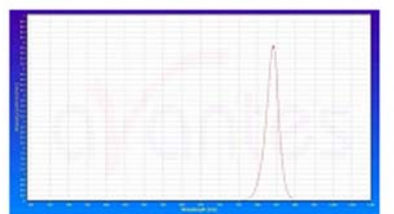


图9 845~850nm (红外)

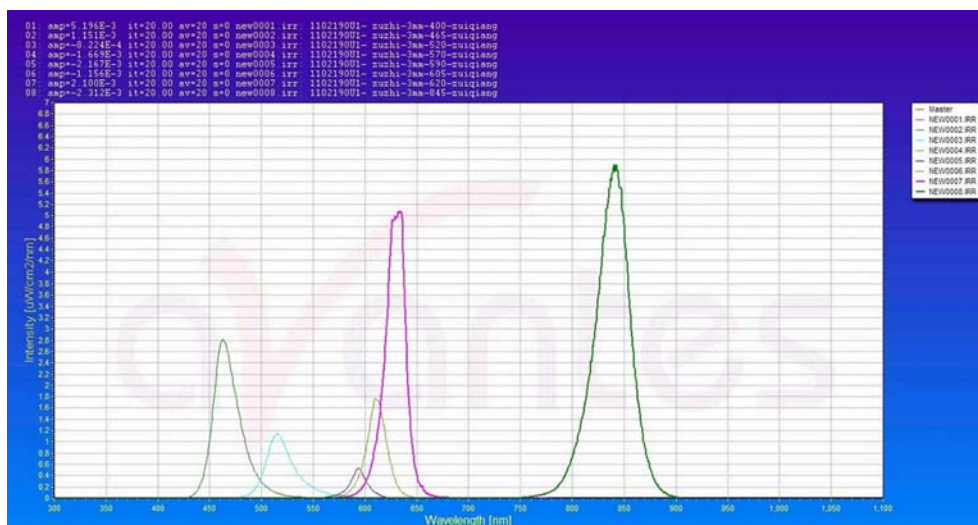


图 10 光谱曲线的叠加图

根据上述实验结果,可以考虑选择 845 ~ 850 nm (红外)、620 ~ 625 nm (红色) 和 465 ~ 470 nm (蓝色) 等 3 种 LED 辐射源作为光理疗产品的光源。

4 讨论

生物组织的不同组分(如水、血红蛋白和黑色素等)对不同波长辐射的吸收情况各具特点。当生物组织接受光辐射源的照射后,组织温度会升高,组织结构会发生变性,细胞内环境会改变,从而对生物组织产生热作用、化学作用、电磁场作用以及机械作用等生物效应^[2-3]。

在长期的研究和应用中,人们已经总结出各种辐射源作用于人体的生物学效应。例如,紫外线对病变组织具有消炎、止痛的作用,常用以治疗皮肤化脓性炎症和其他皮炎、疼痛症候群、佝偻病或软骨病等^[4]。红外线主要是以热辐射的形式作用于人体,具有改善局部循环、促进水肿吸收和组织修复、减轻疼痛的功用,临床常用以治疗软组织损伤和关节炎等^[5]。激光具有光的共性,既可用于保健理疗,又可用于多种疾病的治疗^[6]。光疗法以其无痛、便捷、高效、环保的优势,越来越受到普通群众和业界的青睐。

随着近些年来科学技术的高速发展,有更多新兴光学技术的生物学效应开始受到人们的关注并得到开发利用。与许多传统光源相比,LED 在发光强度、峰值波长和半波带宽等各项参数性能上都有很大的提高。此外,LED 产品的长寿命、小体积和高亮度等特性均为其应用于光疗领域打下了良好的基础^[7]。LED 光是利用固体半导体芯片作为发光材料,在其两端加上正电压,使半导体中的载子流发生复合,从而引起光子发射来产生的^[8]。研究结果表明^[9-10],LED 光能够刺激每一个细胞线粒体的新陈代谢,特别是当 LED 光刺激到里面的光敏化学物质(发色团和细胞色素系统)时,这种现象更为明显。进一步的研究结果表明,LED 光能够刺激纤维原细胞的活性,促进胶原细胞和弹性细胞的产生,从而减少干痒皮肤,消除痤疮,提高修复能力。显然,LED 光源是一种促进皮肤再生的自然治疗方法,而不会像其他发热的

理疗光源那样产生一定的组织破坏性。因此,将 LED 光照射运用于皮肤的美容保健具有显著的优势。

辐射源的波长范围决定了其作用于人体皮肤组织时是否能够产生最佳的生物学效应。在本实验中,我们用光谱仪分别得到了 8 种波长范围的 LED 光透过与人体组织性能相近的离体猪皮组织后的光频率曲线,然后分析了 LED 光透过组织后的波形、波长分布以及光强度。综合比较各光谱图后发现,845 ~ 850 nm (红外)、620 ~ 625 nm (红色) 和 465 ~ 470 nm (蓝色) 这三种 LED 光透过组织后的波形峰值都比较高,而剩余集中波长的 LED 光透过组织后的波峰值较低。结果还表明,465 ~ 470 nm (蓝色)、620 ~ 625 nm (红色) 和 845 ~ 850 nm (红外) 这三种波长的 LED 光的穿透能力较好。如果将这三种波长的 LED 组合成辐射源,其作用于组织的层次就比较深,这样便可激活调动机体更多组织结构的生物学效能,从而产生最为有效的光热效应和光化学效应。

参考文献

- [1] 项红升,李明,霍荣龄. LED 应用于光疗的研究进展[J]. 北京生物医学工程, 2005, 24(5): 311-315.
- [2] 龚玮. 皮肤选择性光热解效应与光疗及热损伤的评估方法和技术[D]. 福州: 福建师范大学, 2010.
- [3] 谢树森,李晖,李步洪,等. 光电子技术在保健医疗和生物学应用中的进展[J]. 物理, 2005, 15: 419-424.
- [4] 杨海平,顾恒. 深入开展紫外线光疗的临床应用研究[J]. 国际皮肤性病医学杂志, 2011, 37(4): 197-199.
- [5] 赵裕铃. 红外光疗法及其临床应用[J]. 中国医疗器械信息, 2001, 7(2): 41-43.
- [6] 陈康. 激光治疗仪在医疗领域的应用及发展概况[R]. 中华医学会医学工程学分会第八次学术年会, 2006: 109-113.
- [7] 刘伟平,黄红斌,林仕相,等. 基于 LED 的多波长皮肤美容光疗系统[J]. 激光杂志, 2005, 26(6): 94-95.
- [8] 周小茜,王鸿龙. LED 在医疗领域中的应用[J]. 中外健康文摘, 2009, 6(21): 263-265.
- [9] Harry T W, Detal M. The NASA Light - Emitting Diode Medical Program Progress in Space Flight and Terrestrial Applications [C]. Space Technology and Applications International Forum, 2000: 37-43.
- [10] 田会娟,牛萍娟,王巍. 功率型 LED 光生物效应问题的探讨[A]. 上海: 2010 上海国际新光源 & 新能源照明论坛: 304-307.