

文章编号: 0258-7025(2009)09-2443-05

人体经脉光传输特性的实验测量

王瑜华 杨洪钦 谢树森 李 晖

(福建师范大学激光与光电子技术研究所, 医学光电科学与技术教育部重点实验室,
福建省光子技术重点实验室, 福建, 福州 350007)

摘要 设计了无损检测光波沿人体经脉传输特性的实验方案, 测量了 658 nm 光波沿人体手臂心包经脉线与旁开非经脉线方向的漫射光辐出度, 分析了光波斩波频率和经脉阻滞对测量光信号的影响。结果表明, 658 nm 光波沿心包经脉方向和非经脉方向传输时, 光强度的衰减遵循一定规律, 但衰减程度存在明显的差异, 这种差异性具有高度的医学统计意义 ($P < 0.01$)。研究表明斩波频率、经脉阻滞对光信号具有一定的影响, 即在低频范围内 (10~370 Hz), 光信号随着斩波频率的增加而相应减弱, 经脉线与非经脉线方向测得光波信号的相对差异随着阻滞压力的增加而增大。研究结果对于揭示人体经脉现象的客观存在以及经脉腧穴理化特性研究具有参考价值。

关键词 医用光学; 光传输特性; 漫射光辐出度; 经脉腧穴

中图分类号 R318.51 文献标识码 A doi: 10.3788/CJL20093609.2443

Experimental Measurement of the Optical Transport along Human Meridian Direction

Wang Yuhua Yang Hongqin Xie Shusen Li Hui

Key Laboratory of Optoelectronic Science and Technology for Medicine of Ministry of Education, Fujian Provincial Key Laboratory of Photonic Technology, Institute of Laser and Optoelectronics Technology, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350007, China

Abstract An experimental scheme was established for noninvasively measuring the characteristics of light propagation along human meridian direction. The diffuse emittance of the arm skin along the pericardium meridian and non-meridian directions for 658 nm light radiation were measured. The influence of the light chopped frequency and the meridian block on the detected signal was investigated. Our study suggest that the light attenuation along both the meridian and non-meridian directions conforms to definite law. There is a high significant difference between the propagations along the meridian direction and non-meridian direction ($P < 0.01$). Furthermore, the chopped frequency and the meridian block can affect the detected signal. The diffuse emittance signal decreases with the chopped frequency's increment in the range of low frequency (10~370 Hz), and the relative difference of detected signal along meridian and non-meridian directions increases with the block force's increment. These research results are important and valuable for interpreting the human meridian phenomena and the physical-chemical characteristics of acupuncture point and meridian by biomedical optics.

Key words medical optics; optical transport; diffuse emittance; meridian acupoints

1 引 言

经络理论是中医学的重要组成部分, 是针灸的理论核心。针灸在中国已有几千年的历史, 并且具有很好的临床效果, 其疗效在西方也逐渐得到人们

的肯定^[1]。虽然针灸的生理功能已经被广泛接受, 但是有关它们的组织学至今还没有建立起来, 关于针灸治疗的机制至今也尚无定论。经络系统是人体气血运行的通道, 是人体功能的联络、调节和反应系

收稿日期: 2008-10-10; 收到修改稿日期: 2008-11-28

基金项目: 国家自然科学基金(60578056, 30572309)、卫生部科学基金(WKJ2005-2-004)和福建省青年科技人才创新基金(2007F3026)资助课题。

作者简介: 王瑜华(1981—), 女, 硕士, 研究实习员, 主要从事生物医学光学方面的研究。

E-mail: yuhwang@fjnu.edu.cn

统,它不同于人体的神经系统、血液系统和淋巴系统^[2]等,医务工作者对患者进行针灸过程中,没有发现经脉区域与其周边组织存在任何不同的物质,因此至今未能从解剖学和生理学角度证明经络的存在或者给出合理的诠释。近年来随着现代科学技术的发展,许多专家学者都在寻找运用现代科学方法和先进的技术手段来验证经络的存在及其功能作用,进而探讨它的实质,如通过测量经脉腧穴的阻抗发现人体经脉和腧穴部位具有良好的电导性;放射性同位素示踪表明核素沿经脉循行路线方向流动的迹象;利用红外热成像技术可观察到人体体表循经红外辐射轨迹等^[3~11]。这些研究在一定程度上证明了人体经脉的客观存在性。然而,这些工作关注的是人体的经络现象,而非其物理的本质,而且所采用的测量方法对人体都具有一定的损伤,从而限制了实验的重复性。最近,有报道采用光学的方法研究经脉腧穴的初步结果^[3,12],但是所提出的方法比较粗糙,需要进一步的改进。

本文基于生物医学光学的原理和测量技术^[13~15],设计了无损测量光波沿人体手臂皮肤经脉腧穴传输特性的实验方案,测量和比较了 658 nm 光波沿心包经脉线和旁开非经脉线方向的漫射光辐照度,同时探讨了斩波频率、经脉阻滞对光信号的影响。与经脉的电学测量法和核素跟踪法相比,本文提出的光学方法检测经脉物理性质具有无损伤、操作相对简单、重复性好、安全性高等优点。

2 实 验

2.1 受试对象

受试对象为 28 名健康青年志愿者,系福建师范大学在校大学生,其中男性 16 人,女性 12 人,平均年龄为 24.0 ± 3.0 岁。选择实验对象时,要避免待测经线区与非经线区有明显的皮肤斑痕或者皮肤疾病等,因为这些因素会对实验测量结果造成一定的影响。

2.2 实验方法

光波沿人体经脉线与非经脉线方向光学传输特性的测量原理如图 1 所示。658 nm 激光(LQC, Newport)经光波斩波器(SR540, Stanford Research Systems)进行斩波调制后,由光耦合器聚焦进入芯径为 $600 \mu\text{m}$ 的入射光纤,该入射光纤放置在一芯径为 2 mm 的不锈钢管内,垂直地辐照人体手臂皮肤上的一点。相同型号的另一光纤作为探测光纤,放置在探测点上,接收该处辐出的漫射光,该探测光纤采用的是双光纤探头,含有两根芯径为

$600 \mu\text{m}$ 的光纤。输出的光信号经光电倍增管 PMT(Oriel, USA)进行光电转换和放大后,送至锁相放大器(SR850, Stanford Research Systems),最后由锁相放大器自带的数字存储示波器显示并存储。

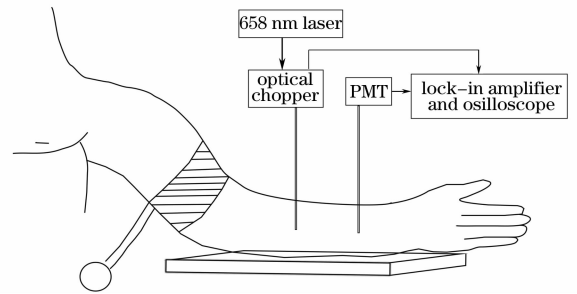


图 1 光波沿心包经脉线与非经脉线方向传输特性的测量原理图

Fig. 1 Scheme for studying the light transport characteristics along the meridian and non-meridian directions over skin surface

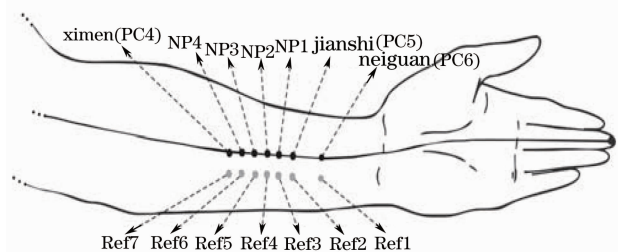


图 2 经脉线与非经脉线上的测量点

Fig. 2 Measuring points along the pericardium meridian and non-meridian lines

选择心包经脉作为研究对象,并根据传统的针灸图进行精确定位^[16]。距离心包经脉线 1~1.5 cm 处的非经脉线作为旁开对照的区域,如图 2 所示。由于光信号相对较弱,为了减小实验过程中探测光纤的移动引起人为的测量误差,实验测量时采用双探头探测光纤固定在内关穴(PC6)和旁开的非穴位点处(Ref1),而入射光纤采用特制的精确定位装置进行调节和移动,该定位装置已申请并获得发明专利(IL200610069148.6)。

选择经线上的间使穴(PC5)、郄门穴(PC4)和两穴之间的 4 个非穴位点(NP1~NP4)以及非经线上相对应的 6 个参考对照点作为光波辐照点。采用上述的精确定位装置移动入射光纤,使入射光纤依次辐照上述 12 个点位置。为了定量地研究斩波频率对探测光信号的影响,选择经线上的 PC5, NP2 和非经线上相对应的 Ref2, Ref4 作为光波辐照点,内关穴(PC6)和参考点 Ref1 作为固定的探测点。斩波频率从 10 Hz 变化到 370 Hz,分别记录不同斩波

频率下所获得的光信号。此外还探讨了经络阻滞状态对光传输的影响,采用血压计的袖带绑在上臂处,如图 1 所示,通过对袖带内的气囊充气,对手臂施与不同的阻滞力,光波辐照点取穴位点 PC5 和参考点 Ref2,测量在 0 mmHg ($1 \text{ mmHg} = 1.33 \times 10^{-6} \text{ MPa}$),100 mmHg 和 130 mmHg 三个阻滞力下光信号的大小。

所有实验都在暗室中进行,实验测试的环境温度设定为 $26 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1.0 \text{ }^\circ\text{C}$,空气湿度小于 70%。实验前,在经验丰富的针灸医师帮助下对测量点做标记。每个受试者做完实验测量点标记后,在实验室平衡 10 min 后开始实验,按照上述方法对每个受试者重复测量 3 次,实验结果取平均值,并采用医学统计软件分析经线与非经线上所测得光信号的差异。

3 结果与分析

按照上述的方法,对 28 名实验志愿者进行了测量,测量的光信号以 mV 为单位。图 3 为心包经线和非经线上漫射光信号的测量结果 ($N=28$),图中给出的是 28 名受试者测量结果的平均值,斩波频率为 10 Hz。由图 3 的测量结果可以看出经络线上测得的漫射光信号与非经络线上的具有很大的差异,采用医学统计软件 SPSS13.0 对测量数据进行统计分析,发现经线与非经线上所测得光信号的差异具有高度的统计意义 ($P<0.01$)。经络线上所测得的光信号比非经络线上的强,换句话说,光波沿经络线方向传输时衰减得较慢。

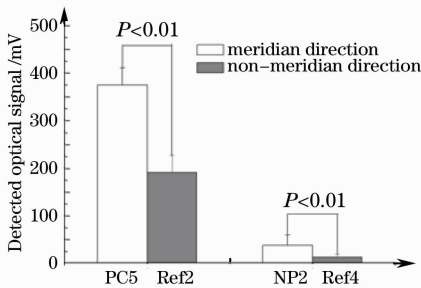


图 3 心包经和非经络方向的漫射光信号 ($f=10 \text{ Hz}$)
Fig. 3 Diffuse reflectance signals along meridian and non-meridian directions with chopped frequency of 10 Hz

光波沿经络线和非经络线方向传输的归一化特征曲线如图 4 所示。由图 4 可以看出光波沿经络线和非经络线方向传输时光强度的衰减都符合一定的规律,呈指数衰减,但两者的衰减因子明显不同。沿经络线的衰减因子为 1.25,而沿非经络线的衰减因

子为 1.77,光波沿经络线的衰减因子小于非经络线上的衰减因子。

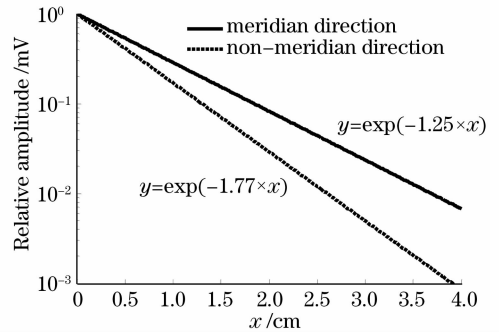


图 4 光波沿心包经络线与非经络线方向传输的特征曲线

Fig. 4 Light propagation characteristics along meridian and non-meridian directions

表 1 探测光信号与斩波频率的关系

Table 1 Detected optical signals with chopped frequency

Chopped frequency / Hz	PC5	NP2	Ref2	Ref4
10	373.51	190.35	36.95	11.74
70	253.53	130.10	25.77	7.70
130	165.11	85.56	16.84	5.03
210	109.65	55.98	11.11	3.35
260	88.92	46.16	9.24	2.80
310	75.89	39.37	7.84	2.34
370	63.75	33.57	6.69	2.00

实验还探讨了斩波频率对光传输特性的影响。表 1 给出了光波辐照经络线上的穴位点 PC5,非穴位点 NP2 和旁开的对照点 Ref2,Ref4 时,探测的光信号随斩波频率的变化关系。表中的光信号值为 28 例受试者测量信号的相对平均值。由表 1 可知,无论辐照点沿经络线还是非经络线方向,所测量的光波信号都随着频率的增加而减弱。同时从表中可得斩波频率在 10~370 Hz 的变化范围内经络线上所测得的光信号都比非经络线上的强。比较了光波辐照点为穴位点 PC5 和旁开的对照点 Ref2,光波辐照点为非穴位点 NP2 和旁开的对照点 Ref4 时所探测的光信号随斩波频率的变化率,如图 5 所示。当斩波频率小于约 300 Hz 时,变化率随着斩波频率的增加而增大,而当斩波频率大于 300 Hz 附近时,情况则相反。限于实验所测量的斩波频率范围,大于 300 Hz 高频区域的变化率的具体情况还不明确,有待今后进一步研究。从图 5 中还可以发现,光波辐照点沿经络线方向时所探测的光信号随斩波频率的变化率与光

波辐照点沿非经脉线方向时的变化率明显不同。

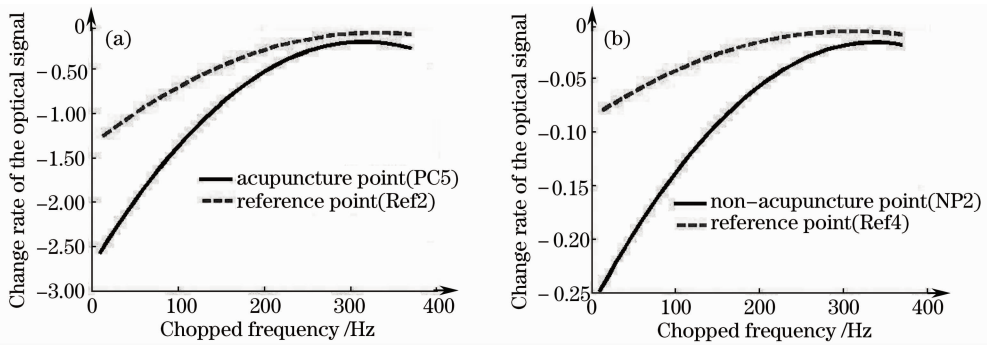


图 5 探测光信号随斩波频率的变化率。(a)光波辐照点为穴位点(PC5)和参照点(Ref2);
(b)光波辐照点为非穴位点(NP2)和参照点(Ref4)

Fig. 5 Change rate of the detected signals with chopped frequency. (a) Light irradiated at the acupuncture point (PC5) and its reference point (Ref2); (b) light irradiated at the non-acupuncture point (NP2) and its reference point (Ref4)

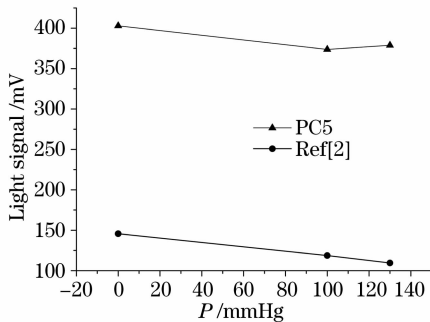


图 6 探测光信号随经脉阻滞状态的变化关系($f=10$ Hz)

Fig. 6 Relationship between detected optical signal and the meridian block situation

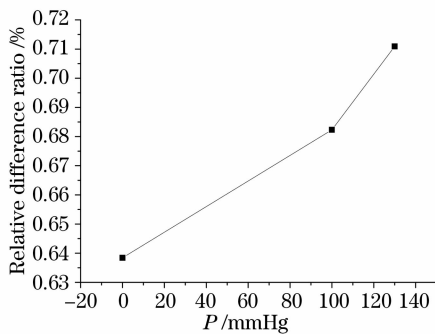


图 7 经线与非经线方向所探测光信号的相对差异随经脉阻滞状态的变化关系($f=10$ Hz)

Fig. 7 Relationship between relative difference of detected signal along meridian and non-meridian directions and the meridian block situation

图 6 给出了不同阻滞状态下经线与非经线方向所测得的光信号。图中比较了光波辐射点为穴位点 PC5 和参考点 Ref2 时光信号的变化情况,由图 6 可以看出非经线方向所探测的光信号随着阻滞力的增大而减小,而经线方向的光信号则呈波动性,从

0 mmHg变化到 100 mmHg 时,光信号随阻滞力的增大而减小,而从 100 mmHg 变化到 130 mmHg 时,光信号则随阻滞力的增大而增大。图 7 讨论了经线与非经线方向所测量光信号的相对差异随阻滞状态的变化情况,从图中可以发现两者的相对差异随着阻滞力的增大而相应增大。

4 结 论

实验测量了 658 nm 光波沿人体手臂心包经脉线和非经脉线的光传输特性。研究发现,658 nm 光波沿心包经脉线上的漫射光信号比沿非经脉线上的强,二者存在明显的差异($P<0.01$)。光波沿心包经脉线方向和旁开的非经脉线方向传输时,光强度的衰减都遵循一定的规律,光波沿经脉线的衰减因子小于非经脉线的衰减因子。研究还发现光波的斩波频率和经脉阻滞对光传输特性具有一定的影响。无论辐照点沿经脉线还是非经脉线方向,所测量的光波信号都随着频率的增加而减弱。经脉线与非经脉线方向所测得光信号的相对差异随着阻滞力的增大而增强。研究结果表明生物医学光学是研究经络的一种可行和简便的方法,光波辐射与经脉腧穴组织相互作用的机理以及光波沿经脉线和非经脉线传输特性的影响因素值得进一步深入研究。

致谢: 感谢福建中医药研究院胡翔龙研究员、许金森副研究员和陈明副研究员以及华南师范大学陈贵珍博士对实验设计与测量提供的有益指导和帮助。

参 考 文 献

- 1 C. Holden. Thumbs up for acupuncture [J]. *Science*, 1997, 278(5341): 1231~1233

- 2 H. M. Langevin, J. A. Yandow. Relationship of acupuncture points and meridians to connective tissue planes [J]. *Ana. Recor.*, 2002, **26**(9): 257~265
- 3 G. Y. Gertsik, G. N. Zmievskoï, V. I. Ivantsov *et al.*. Optical method for imaging acupuncture points and zones [J]. *Biomed. Eng.*, 2001, **35**(3): 152~158
- 4 Y. Ueda, K. Hayashi, K. Kuriowa. The application of fMRI to basic experiments in acupuncture [J]. *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, 2005, **24**(2): 47~51
- 5 J. J. Tsuei. The science of acupuncture-theory and practice [J]. *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, 1996, **15**(3): 52~57
- 6 E. F. Prokhorov. In vivo electrical characteristics of human skin including at biological active points [J]. *Med. Biol. Eng. Comp.*, 2000, **38**(5): 507~511
- 7 M. Reichmanis, A. A. Marino, R. O. Becker. Electrical correlates of acupuncture points [J]. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 1975, **22**(6): 533~535
- 8 K. P. Schlebusch, M. O. Walburg, F. A. Popp. Biophotonics in the infrared spectral range reveal acupuncture meridian structure of the body [J]. *J. Altern. Compl. Med.*, 2005, **11**(1): 171~173
- 9 J. C. Darras, P. Vernejoul, P. Albarede. Nuclear medicine and acupuncture: a study on the migration of radioactive tracers after injection at acupoints [J]. *Am. J. Acupunc.*, 1992, **20**(3): 245~256
- 10 H. Q. Yang, S. S. Xie, X. L. Hu *et al.*. Appearance of human meridian-like structure and acupoints and its time correlation by infrared thermal imaging [J]. *Amer. J. Chin. Med.*, 2007, **35**(2): 231~240
- 11 T. B. Parrish, A. Schaeffer, M. Catanese *et al.*. Functional magnetic resonance imaging of real and sham acupuncture [J]. *IEEE Eng. Med. Bio. Mag.*, 2005, **24**(2): 35~40
- 12 C. H. Choi, K. S. Soh, S. M. Lee *et al.*. Study of propagation of light along an acupuncture meridian [J]. *J. Opt. Soc. Korea.*, 2003, **7**(4): 244~247
- 13 W. C. Cui, L. E. Ostrander. The relationship of surface reflectance measurements to optical properties of layered biological media [J]. *IEEE Trans. Bio. Eng.*, 1992, **39**(2): 194~201
- 14 B. C. Wilson, S. L. Jacques. Optical reflectance and transmittance of tissues: principles and applications [J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1990, **26**(12): 2186~2198
- 15 H. Yang, S. Xie, S. Liu *et al.*. Influence of the chopped frequency of light on optical transport characteristics of human skin including at acupuncture point [C]. *SPIE*, 2007, **6826**: 68260R
- 16 Xu Ping, Shen Xueyong. Meridian and Acupuncture [M]. Beijing: Higher Education Press, 2001. 28~65
徐平, 沈雪勇. 经络腧穴学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001. 28~65