

文章编号: 0258-7025(2003)Supplement-0221-03

利用激光散斑干涉法与光谱技术实时 监测淋巴流的动态特征

程海英¹, 骆清铭¹, 王征¹, 岑建¹, 曾绍群¹, Sergey S. Ul'yanov², Ekateryna I. Zakharova³

¹华中科技大学生物医学光子学教育部重点实验室, 湖北 武汉 430074;

²Department of Optics, Saratov State University, Astrakhanskaya 83, Saratov 410026, Russia;

³Saratov State Medical University, Bol'shaya Kazachya 112, Saratov 410026, Russia

摘要 研究用于实时监测淋巴流的激光散斑干涉技术和光谱技术。分别采用激光散斑干涉技术和光谱技术对大鼠肠系膜上淋巴流进行监测, 结合两种方法获得的结果, 为利用光谱技术获得淋巴流特征提供依据, 并为此淋巴流的测量提供一种新的思路。

关键词 循环生理学; 淋巴流; 激光散斑; 光谱技术

中图分类号 R318.51

文献标识码 A

Dynamic Change of Lymph Flow Monitored by Laser Speckle Interference and Spectroscopy Methods

CHENG Hai-ying¹, LUO Qing-ming¹, WANG Zheng¹, CEN Jian¹, ZENG Shao-qun¹,
Sergey S. Ul'yanov², Ekateryna I. Zakharova³

¹The Key Laboratory of Biomedical Photonics of Ministry of Education of China, Huazhong University
of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074, China

²Department of Optics, Saratov State University, Astrakhanskaya 83, Saratov 410026, Russia

³Saratov State Medical University, Bol'shaya Kazachya 112, Saratov 410026, Russia

Abstract A study of using the laser speckle interference technique and spectroscopy method to monitor the dynamic lymph flow. In present paper, laser speckle interference technique and spectroscopy method were utilized to measure the lymph flow in the rat mesentery. The combination results obtained by these two methods demonstrated that the spectroscopy method had promising to be used as a new approach in monitoring the lymph flow.

Key words circle physiology; lymph flow; laser speckle; spectroscopy method

1 引言

许多疾病将影响血流和淋巴流的微循环参数, 因此监测微循环特性在疾病诊断中具有重要意义^[1]。淋巴系统是微循环系统中的一个重要组成部分, 在维持体内外环境的动态平衡中具有重要作用。目前利用激光技术监测生物组织微循环所采用的方法

主要有两种: 激光多普勒和激光散斑。激光多普勒技术只适用于监测单个血管内匀速流动的血流, 而激光散斑技术可用于监测一定区域内非平稳、空间不均匀的介质流, 如 1~3 mm 内毛细血管网中的血流^[2]。由于淋巴流具有脉冲或钟摆式的流动特征, 对这种流速特征进行监测的理论至今尚未成熟。在生理学研究中往往采用单帧分析方法对微循环平均

基金项目: 国家自然科学基金(59836240, 30070215, 30170306, 60178028)和国家杰出青年科学基金(60025514)资助课题。

作者简介: 程海英(1975.10-), 女, 湖北黄冈人, 华中科技大学生物医学光子学教育部重点实验室 2000 级博士研究生。主要从事激光散斑技术在生物医学中的应用研究。E-mail: qluo@mail.hust.edu.cn

流速进行分析,但需要花费大量的时间和精力对获得的单帧图像进行处理^[3]。俄罗斯研究小组将激光散斑干涉技术用于监测淋巴流^[2,4],他们采用被淋巴流调制的激光散斑频率谱对淋巴流的特性进行描述,但未直接获得淋巴流的实时动态特征。

本文的目的是在先前工作的基础上^[5-7],利用聚焦高斯光束,采用激光散斑跨零点法(zero-crossings method of laser speckle)获得淋巴流的实时动态特征,同时尝试利用一种新的光学方法——光谱技术来实现对淋巴流的监测。为此,设计了两个实验:1)利用激光散斑技术对大鼠肠系膜上对淋巴流流速动态特征监测;2)采用光谱技术对肠系膜上的淋巴流和血流进行测量。

2 激光散斑实验系统

激光二极管(630~680 nm, 5 mW)通过普通生物显微镜的一侧目镜聚焦于样品待检测处,光斑尺寸 w 约为 $10\ \mu\text{m}$ 。经过样品调制的散斑信号由光纤耦合后为PMT探测,探测器孔径 d 为8 mm,光强信号最后通过A/D采集卡,由计算机采集,采样频率为4000 Hz。PMT所在探测平面距离样品平面6 cm。显微镜的另一侧目镜则用于CCD摄像机记录,获取的图像信息可通过监视器观察。实验装置示意图如图1所示。

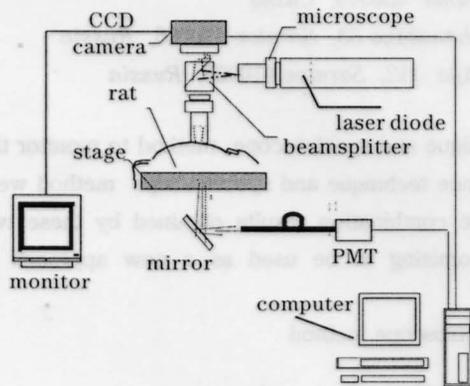


图1 实验装置示意图

Fig.1 The scheme of experimental setup

3 动物实验

实验对象为6只体重约为100~180 g的大鼠(SD)。采用肌肉注射麻药(2%水合氯醛和10%乌拉坦混合,1.2 ml/100 g)麻醉法,待大鼠麻醉后,将其放于显微镜下的恒温台上(38 °C),于腹腔处长约1~2 cm的切口。选取一段肠子,于玻璃凸窗上铺平,肠子周围采用浸透林格氏液(Ringer

solution, pH值7.2~7.3)的棉纱布包住。实验时不断滴加38 °C的林格氏液(每分钟5 ml),以保持肠系膜的湿润。利用激光散斑跨零点法研究在正常条件下和盐酸异丙肾上腺素($10^{-4}\ \text{mol/L}$)作用下淋巴流流速动态变化。

4 光谱仪对淋巴流和血流的监测

尝试利用光谱仪(PC1000, Ocean Optics Inc., U.S.A, 光源的波长范围370~2000 nm)对肠系膜上的淋巴流和血流进行监测。动物模型的准备如上所述,将待测的血管与淋巴管分别置于探头下方。由计算机记录淋巴流与血流获得的反射光谱曲线。

5 实验结果与分析

激光散斑干涉技术获得的淋巴流动态特征如图2所示。 M_1 代表与速度成正比的量,用来表征流速的快慢。可见,在监测时间段内,淋巴流具有时快时慢的周期变化特点,这与生理学上观察到的脉冲或钟摆式的流动特征^[1]一致。

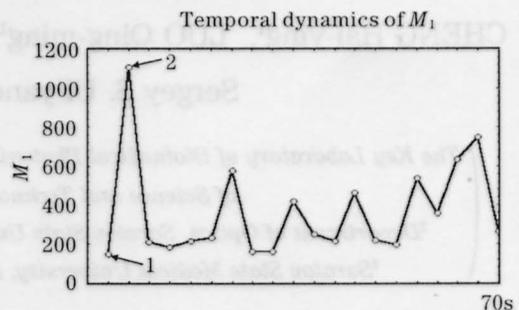


图2 由激光散斑方法获得的淋巴流动态特征

Fig.2 The dynamic change of lymph flow obtained by laser speckle method

在利用光谱仪监测淋巴流与血流的实验中,发现获得的血流和淋巴流对应的光谱特性完全不同,最重要的是淋巴流对应的光谱曲线以和图2近似的频率上下运动,运动的幅度接近50%[图3(b)中的1和2分别对应图2中的1和2],这种运动和淋巴流动态特征的变化周期接近。由于该运动在监测血流时(图3(a))没有出现,因此只可能和淋巴流的流速特征相关,但其具体对应关系尚需进一步的研究。

结果表明,光谱技术提供反射光谱信息,并同时提供运动信息,将有可能作为一种新的对淋巴流进行监测的光学手段。可以建立淋巴流中不同细胞对应的流速特性标准,从而可用光学技术进行快速地分析淋巴系统的功能性及病理学改变,为临床医学提供一个方便、快捷的诊断手段。

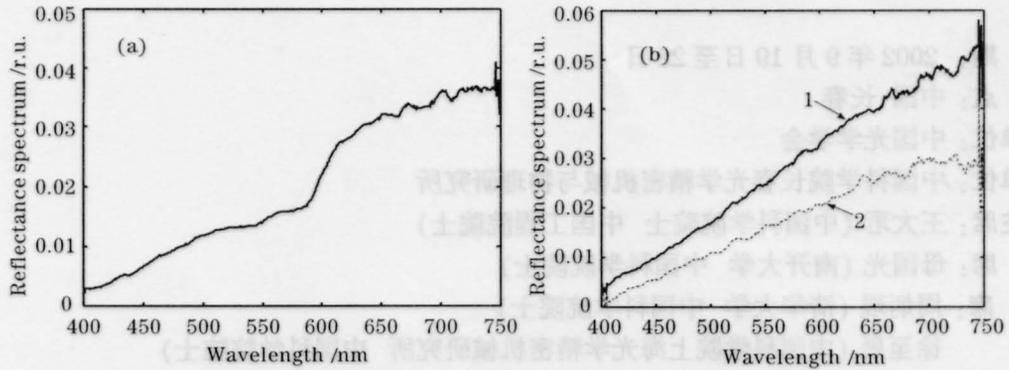


图3 反射光谱曲线。(a) 血管对应的光谱曲线;(b) 在不同时间上淋巴管对应的光谱曲线

Fig.3 Reflectance spectra. (a) Spectrum of blood microvessel; (b) Spectra of the lymph vessel at different time

参考文献

- 1 V. M Bu'Yanov, A. A. Aleckseev, E. I. Zakharaova *et al.*. *Endotoxiosis Lymphology* [M]. Moscow: Medical Publishing, 1990. 100-102
- 2 S. S. Ul'yanov, V. V. Tuchin, A. A. Bednov *et al.*. The application of speckle interferometry for the monitoring of blood and lymph flow in microvessels[J]. *Lasers in Medical Science*, 1997, 12(1):31-41
- 3 D. M. Mawson, A. C. Shore. Comparison of capiflow and frame by frame analysis for the assessment of capillary red blood cell velocity [J]. *J. Medical Engineering. and Technol.*, 1998, 22(N2):53-63
- 4 A. A. Bednov, S. S. Ul'yanov, V. V. Tuchin *et al.*. Investigations of dynamics of lymph flow by means of speckle interferometric method[J]. *Appl. Non-Linear Dyn.*, 1996, 4(3):42-51
- 5 Cheng Haiying, Luo Qingming, Zeng Shaoqun *et al.*. The application of zero-crossings of laser speckle for real-time monitoring of velocity of lymph flow [J]. *Space Medicine and Medical Engineering.* (航天医学与医学工程), 2001, 14(3):187-191 (in Chinese)
- 6 Cheng Haiying, Luo Qingming, Wang Zheng *et al.*. Monitoring the change of lymph flow velocity under the drug's influence by the zero-crossings method of laser speckle[J]. *J. Optoelectronics·Laser* (光电子·激光), 2002, 13(3):300-304 (in Chinese)
- 7 Cheng Haiying, Zhu Dan, Luo Qingming *et al.*. Optical Monitoring of the Dynamic Change of Blood Perfusion[J]. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 2003, 30(6)(in published)