

小鼠小梁细胞与肌成纤维细胞的同步辐射红外显微光谱

何明霞¹, 田甜², 刘立媛*, 步绍翀, 东莉洁, 张欣欣, 张洪桢

1. 天津大学测试计量技术及仪器国家重点实验室, 天津 300072
2. 天津大学精密仪器与光电子工程学院, 天津 300072
3. 天津大学光电信息技术教育部重点实验室, 天津 300072
4. 天津大学化学工程国家重点实验室, 天津 300072
5. 天津医科大学眼科医院, 天津 300384

摘要 原发性开角型青光眼是常见的致盲性眼部疾病。眼压升高是原发性开角型青光眼发生和发展最主要的危险因素,是由小梁网途径的房水外流排出系统发生病变、房水流出阻力增加所致。研究表明,房水中存在的转化生长因子- β 能够使小梁细胞纤维化,诱导小梁细胞过度增殖,从而阻碍房水外流,导致原发性开角型青光眼的发生。原发性开角型青光眼发病隐蔽,病程进展缓慢,早期没有任何症状,往往到晚期视力视野有显著损害时,才会被发现,因此原发性开角型青光眼的早期诊断尤为重要。同步辐射红外显微成像结合高亮度、高分辨率的同步辐射源,同时配备傅里叶变换红外光谱仪与红外显微镜,可以实现细胞的检测。这对从分子层面获取细胞的变化信息,深入理解疾病的发病机制以及疾病的早期诊断具有非常重要的意义。虽然有很多红外光谱在生物医学领域的研究报道,但是应用红外光谱显微成像技术研究细胞等生物医学体系仍然是亟待发展的领域,并且目前未找到关于红外光谱用于小梁网细胞的检测报道。在体外用转化生长因子- β 对老鼠小梁网细胞进行诱导,使其转化为肌成纤维细胞,模拟小梁细胞纤维化过程。对小梁网细胞以及经转化生长因子- β 诱导形成的肌成纤维细胞进行同步辐射红外显微成像及光谱分析,并进一步探讨同步辐射用于早期诊断原发性开角型青光眼的可行性。研究表明肌成纤维细胞内的弹性蛋白明显高于小梁网细胞,而弹性蛋白中95%为非极性氨基酸,即氨基酸的侧链基团R基只有C和H两种元素。对比两种细胞的红外谱图,发现在2934, 2900和2845 cm^{-1} ,肌成纤维细胞的 CH_3 , CH_2 和CH的伸缩振动明显强于小梁网细胞,推测可能是由于转化生长因子- β 诱导后细胞内弹性蛋白增加所致。在细胞层面检测了小梁网细胞的过度增殖,为将来可以直接获取细胞的红外光谱从而检测小梁网细胞的增殖程度,进而检测原发性开角型青光眼等疾病奠定了基础。得出同步辐射红外光谱学与显微成像有望成为检测原发性开角型青光眼新手段的结论,也为将来便携式红外显微光谱仪临床实时检测青光眼等疾病提供了依据。

关键词 同步辐射红外显微成像;原发性开角型青光眼;小梁网细胞;肌成纤维细胞;弹性蛋白

中图分类号: O433.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)11-3346-06

引言

原发性开角型青光眼(primary open angle glaucoma, POAG)是常见的致盲性眼部疾病。眼压升高是原发性开角型青光眼发生和发展最主要的危险因素,是由小梁网途径的房水外流排出系统发生病变、房水流出阻力增加所致^[1-2]。研究表明,房水中存在的转化生长因子- β (transforming

growth factor- β , TGF- β)能够使小梁细胞纤维化^[3-4],诱导小梁细胞过度增殖,从而阻碍房水外流,导致原发性开角型青光眼的发生。原发性开角型青光眼发病隐蔽,病程进展缓慢,早期没有任何症状,往往到晚期视力视野有显著损害时,才会被发现,因此原发性开角型青光眼的早期诊断尤为重要。同步辐射红外显微成像结合高亮度、高分辨率的同步辐射源,同时配备傅里叶变换红外光谱仪与红外显微镜,可以实现细胞检测。虽然生物医学领域有很多关于红外光谱的

收稿日期: 2018-10-16, 修订日期: 2019-02-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(61675151)资助

作者简介: 何明霞, 1965年生, 天津大学测试计量技术及仪器国家重点实验室教授 e-mail: hhmmxx@tju.edu.cn

* 通讯联系人 e-mail: 1575399737@qq.com

研究报道,但是红外光谱显微成像技术在细胞等生物医学领域的研究应用仍然是极需迫切发展,目前并未找到关于红外光谱用于小梁网细胞的检测报道。因此用同步辐射红外显微成像研究与原发性开角型青光眼等疾病有关的小梁网细胞,从分子层面获取细胞的变化信息,了解疾病的发病机制和疾病的早期诊断非常重要。

本工作的总体目标是通过研究小梁网细胞及肌成纤维细胞的红外光谱及成像,探究同步辐射红外显微成像与红外光谱诊断原发性开角型青光眼的可行性,并探索两种细胞红外光谱差异的机制。具体目标是:(1)获得小梁网细胞以及经 TGF- β 诱导后的肌成纤维细胞的红外光谱与成像;(2)研究两种细胞红外谱图的差异,探索产生差异的机制;(3)讨论红外谱学与显微成像用于诊断小梁网细胞的过度增殖,进而

诊断原发性开角型青光眼的可能性。

1 实验部分

取材前,用紫外线对实验室、超净工作台消毒 30 分钟。在无菌条件下将小鼠小梁网细胞(rat trabecular meshwork cells, RTMC)以 1×10^6 密度爬片于 6 孔细胞培养板中预先放置的盖玻片上,待细胞汇合度约 70%,依据实验分组进行相应的药物刺激处理;正常细胞组:常规培养的 RTMC 细胞;TGF- β 组:用 $10 \text{ ng} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的 TGF- β 刺激细胞;24 h 后,终止 2 组细胞的培养,滴入 4% 多聚甲醛室温 10 min 进行固定。

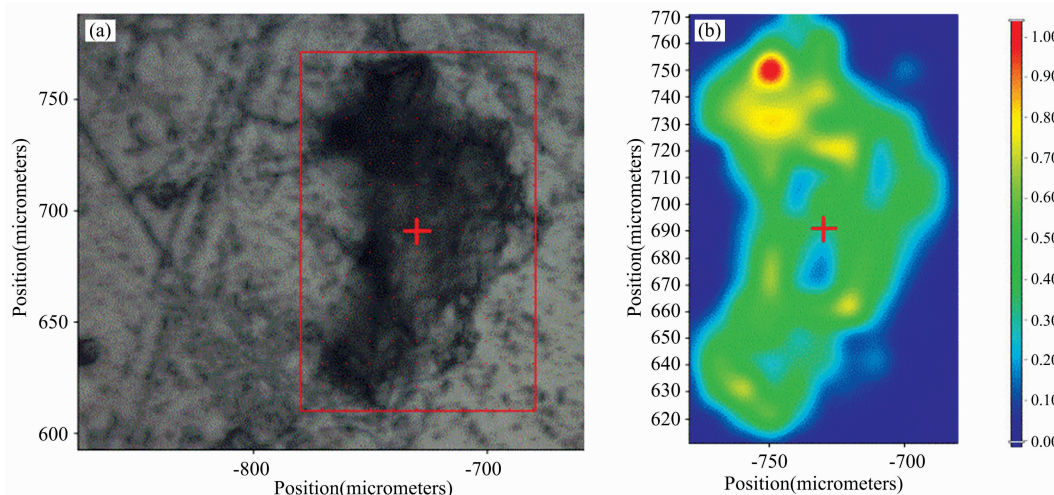


图 1 (a) 红外显微镜下小梁网细胞光学图;(b) 小梁网细胞红外显微成像图

Fig. 1 (a) Trabecular meshwork cells under infrared microscope;(b) Infrared spectral imaging of trabecular meshwork cells

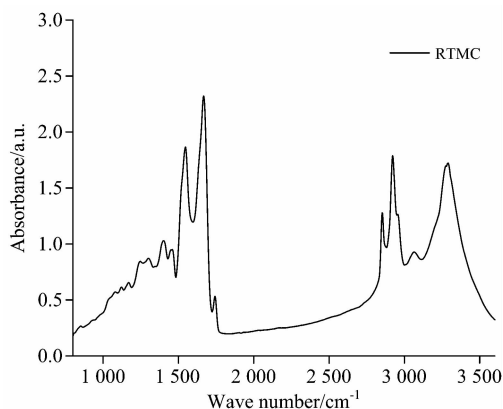


图 2 小梁网细胞红外光谱图

Fig. 2 Infrared spectrum of trabecular meshwork cells

上海光源(Shanghai synchrotron radiation facility, SS-RF)^[5]是我国建造的第三代中能同步辐射光源,其能量目前居世界第四,性能超过同能区现有的其他第三代同步辐射光源。上海光源的时间分辨与谱学显微红外光束线站的光源亮

度优于传统光源亮度 2~3 个数量级^[6-7],具有高通量、高信噪比等优势。测试分辨率可达 $5 \mu\text{m}$ 。而一般细胞大小为 $10 \sim 20 \mu\text{m}$,因此可以深入研究细胞。高度集成的操作环境,大大提升了实验效能。

本实验样品分为两组,小梁网细胞组为对照组,肌成纤维细胞组为实验组。每组选取 10 个细胞生长状况良好的区域进行微区成像,将每个区域中心点位置的红外光谱作为两种细胞的红外谱图,观察 10 次获得的小梁网细胞的红外光谱,具有很好的一致性。

如图 1(a)为小梁网细胞在红外显微镜下的光学图像,图中红色框内区域为扫描区域,扫描面积为 $20 \mu\text{m} \times 25 \mu\text{m}$;图 1(b)为红外显微光谱成像图,图中不同颜色代表不同的吸光度(吸光度值见图 1(b)右侧条状区域),蓝色部分为空白氟化钡窗片区域,绿色部分为样品区域;图 2 为小梁网细胞的红外光谱图。图 3(a)为肌成纤维细胞在红外显微镜下的光学图像,图中红色框内区域为扫描区域,扫描面积为 $20 \mu\text{m} \times 25 \mu\text{m}$;图 3(b)为红外显微光谱成像图,图中不同颜色代表不同的吸光度(吸光度值见图 3(b)右侧条状区域);图 4 为肌成纤维细胞的红外谱图。

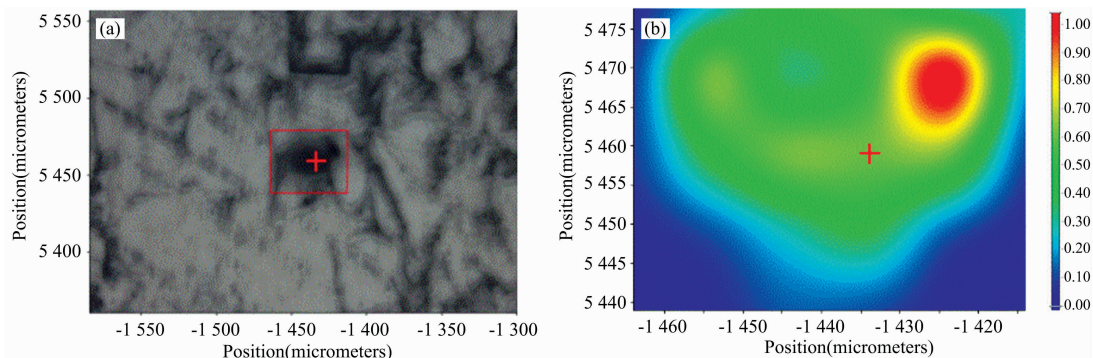


图 3 (a) 红外显微镜下肌成纤维细胞光学图; (b) 肌成纤维细胞红外显微成像图

Fig. 3 (a) Image of myofibroblasts under infrared microscope; (b) Infrared spectral imaging of myofibroblasts

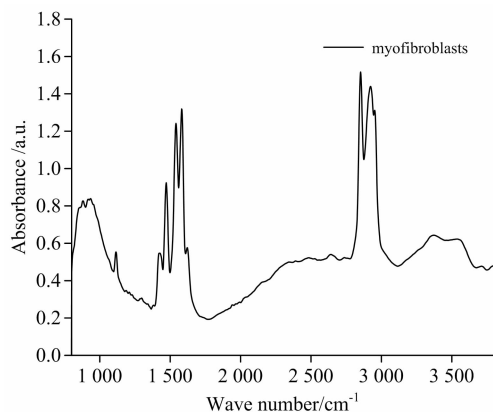


图 4 肌成纤维细胞红外光谱图

Fig. 4 Infrared spectra of myofibroblast

3 结果与讨论

小梁网细胞与诱导后的肌成纤维细胞的红外光谱的主要峰及其位置归属如表 1 所示。

由表 1 可知,小梁网细胞经 TGF- β 诱导后,糖类 O—H 的伸缩振动、糖类 C—O—C 的伸缩振动、烷烃类化合物基团 CH₃, CH₂ 和 CH 的伸缩振动明显增强。即细胞中糖类、烷烃类化合物增多。研究表明^[11-12],小梁网细胞经转化生长因子- β 诱导后,细胞中弹性蛋白会显著增加。弹性蛋白的增多会加重细胞外基质堆积,房水引流阻力增加,从而导致原发性开角型青光眼的发生。而弹性蛋白中 95% 为非极性氨基酸,与实验结果中 CH₃, CH₂ 和 CH 的伸缩振动增强相符。

小梁网细胞经 TGF- β 诱导为肌成纤维细胞后,细胞中糖

表 1 小梁网细胞与肌成纤维细胞的红外光谱的主要峰及其位置归属

Table 1 Main peaks and location of infrared spectra of trabecular meshwork cells and myofibroblasts

波数/cm ⁻¹	小梁网细胞峰的指认 ^[8-9]	肌成纤维细胞峰的指认 ^[8-9]
3 556~3 272	—	O—H 的伸缩振动
3 289	NH ₃ 的振动	—
3 066	NH ₄ ⁺ 的对称和反对称伸缩振动	—
2 957~2963	CH ₃ , CH ₂ , CH 的伸缩振动	CH ₃ , CH ₂ , CH 的伸缩振动
2 934	—	CH ₃ , CH ₂ , CH 的伸缩振动
2 922	长链烷基 CH ₂ 的反对称伸缩振动	—
2 900	—	CH ₃ , CH ₂ , CH 的伸缩振动
2 853	CH ₃ 的对称伸缩振动	—
2 845	—	CH ₃ , CH ₂ , CH 的伸缩振动
1 742	饱和脂肪酸酯 C=O 的伸缩振动	—
1 667	C=O 的伸缩振动, C=C 的伸缩振动	—
1 620	—	NaHCO ₃ 的振动
1 587	—	氨基酸 COO 的反对称伸缩振动
1 546	芳香族或脂肪族硝基 NO ₂ 的反对称伸缩振动	—
1 539	—	芳香族或脂肪族硝基 NO ₂ 的反对称伸缩振动
1 434~1 464	CH ₃ 和 CH ₂ 变角运动	CH ₃ 和 CH ₂ 变角运动
1 300	CH ₂ 面外弯曲、CH 面内弯曲	—
1 246	(CH ₃)CR 的 C—C 伸缩	—
1 170	C(CH ₃) ₂ 的 C—C 伸缩	—
1 121	C—OH 的伸缩振动	—
1 115	—	C—O—C 的伸缩振动
1 081	C—OH 的伸缩振动	—
885~931	—	羧酸 C—OH 的平面外弯曲, NH ₂ 扭曲振动

类、蛋白、脂类等的结构与含量发生了变化,各种化学组成及其振动方式也发生了改变,导致诱导前后细胞的红外显微光谱图有着明显差异。由于肌成纤维细胞的弹性蛋白增多,使得在 $2\ 934$, $2\ 900$ 和 $2\ 845\ \text{cm}^{-1}$ 的 CH_3 , CH_2 和 CH 的伸缩振动明显强于小梁网细胞。因此可以通过监测 $2\ 934$, $2\ 900$ 和 $2\ 845\ \text{cm}^{-1}$ 下的峰强来区分小梁网与肌成纤维细胞,进而检测原发性开角型青光眼等疾病。

目前导数光谱已经在红外光谱分析中得到了广泛应用^[13]。如果初始红外谱的吸光度很小,信号质量会严重损失。若样品的吸收峰重叠,也会干扰光谱信号的分析。二阶导数光谱不仅能消除基线的影响,同时可以降低背景干扰,得到更完备的样品信息。用二阶导数光谱法处理小梁网细胞和肌成纤维细胞的红外光谱数据,并用 Savitzky-Golay 平滑方法处理,得到两种细胞的二阶红外谱。分别使用了 7 点、9 点、11 点、13 点的平滑模型,结果显示 9 点的平滑结果较好,如图 5 为波数范围在 $3\ 800\sim 1\ 000\ \text{cm}^{-1}$ 范围内小梁网细胞的红外二阶导数光谱,图 6 为波数范围在 $3\ 800\sim 1\ 000\ \text{cm}^{-1}$ 范围内肌成纤维细胞的红外二阶导数光谱。

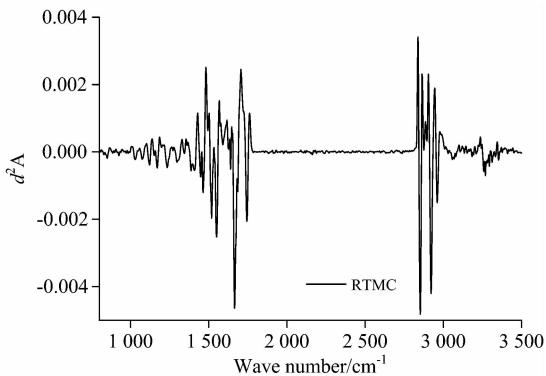


图 5 小梁细胞的二阶导数光谱

Fig. 5 Second derivative spectra of trabecular cells

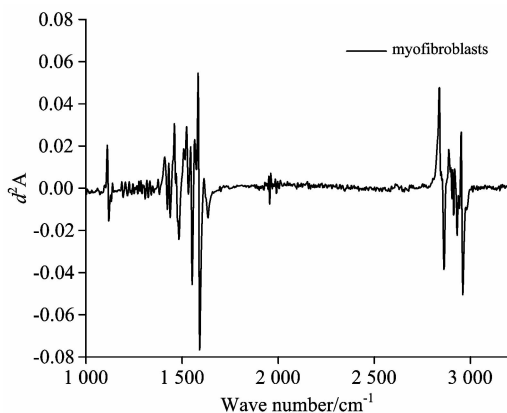


图 6 肌成纤维细胞的二阶导数光谱

Fig. 6 Second derivative spectra of myofibroblast

如图 5,在肌成纤维细胞的二阶导数光谱的下凸谷位置 $3\ 289$, $3\ 066$, $2\ 963$, $2\ 922$, $2\ 853$, $1\ 742$, $1\ 667$, $1\ 546$, $1\ 459$, $1\ 401$, $1\ 300$, $1\ 246$, $1\ 170$, $1\ 121$ 以及 $1\ 0811\ \text{cm}^{-1}$ 分别对应原光谱吸收峰的位置,与原光谱基本吻合。如图 6,在肌成纤维细胞的二阶导数光谱的下凸谷位置 $2\ 957$, $2\ 934$, $2\ 900$, $2\ 845$, $1\ 620$, $1\ 587$, $1\ 539$, $1\ 464$, $1\ 434$ 以及 $1\ 135\ \text{cm}^{-1}$ 分别对应原光谱吸收峰的位置,与原光谱基本吻合。

细胞是最基本的生命系统,是生物体结构和功能的基本单位。深入的研究细胞是阐释生命、探究疾病机理的关键。组织层面的疾病检测,往往具有延迟性,当组织层面发生病变时,很多生物细胞可能早已发生坏死、癌病等情况。因此对细胞的深入研究对于疾病的早期诊断和发病机制的探索有着深远意义。以往受限于仪器的发展,红外技术用于细胞的研究较少,但是随着仪器的发展,测量分辨率不断提高,将组织层面的疾病研究扩展到细胞层面成为可能。本文从小梁细胞出发,研究小梁细胞和病理状态下的肌成纤维细胞的红外光谱,对于诊断原发性开角型青光眼等眼部疾病有着重要的作用,同时对于眼部疾病乃至其他疾病致病机理的探索提供了依据和方向。

4 结 论

原发性开角型青光眼是生活中常见的眼部疾病。眼压升高是原发性开角型青光眼发生和发展最主要的危险因素,是由小梁网途径的房水外流排除系统发生病变、房水流出阻力增加所致。TGF- β 是多肽形式的一组细胞因子,能够使小梁网细胞纤维化,导致小梁网过度增殖。而小梁细胞的过度增殖就会导致原发性开角型青光眼。本章用 TGF- β 诱导体外培养的小鼠小梁网细胞,模拟小梁细胞纤维化过程。小梁网细胞为对照组,诱导后的肌成纤维细胞为实验组。结合高亮度、高分辨率的同步辐射光,对两组细胞进行红外显微成像。从化学键和官能团的振动模式分析了小梁细胞和肌成纤维细胞的红外光谱。用 Savitzky-Golay 方法处理两种细胞的二阶导数光谱,结果显示二阶导数谱与原光谱吻合很好。实验发现在 $2\ 934$, $2\ 900$ 和 $2\ 845\ \text{cm}^{-1}$ 下,肌成纤维细胞的 CH_3 , CH_2 和 CH 的伸缩振动明显强于小梁网细胞,猜测可能是由于小梁网细胞经 TGF- β 诱导后弹性蛋白含量增多,而弹性蛋白中 95% 为非极性氨基酸使得 CH_3 , CH_2 和 CH 的伸缩振动增强。因此同步辐射红外显微成像有望成为检测原发性开角型青光眼的新手段,也为将来便携式红外显微光谱仪临床实时检测青光眼等疾病提供了依据。

致谢:感谢天津医科大学眼科医院对样品的支持,以及上海蛋白质科学研究所和上海同步辐射装置红外谱学与显微成像(BL01B)线站全体工作人员。

References

- [1] Springelkamp H, Iglesias A I, Mishra A, et al. *Human Molecular Genetics*, 2017, 26(2): 438.
- [2] Frezzotti P, Giorgio A, Toto F, et al. *Human Brain Mapping*, 2016, 37(12): 4581.
- [3] Hong Han, Daniel Kampik, Franz Grehn. *PLOS ONE*, 2013, 8(8): e70595.
- [4] Von Zee C L, Langert K A, Jr S E. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 2012, 53(9): 5279.
- [5] Chen J, Chen M, Guo Z, et al. *National Science Review*, 2014, 1(2): 171.
- [6] Ji T, Tong Y, Zhu H, et al. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research*, 2015, 788: 116.
- [7] ZHU Hua-chun, TONG Ya-jun, JI Te, et al(朱化春, 佟亚军, 吉 特, 等). *Acta Optica Sinica(光学学报)*, 2015, 35(4): 396.
- [8] Bai Y, Zhang D, Li C, et al. *Journal of Physical Chemistry B*, 2017, 121: 10249.
- [9] WENG Shi-fu, XU Yi-zhuang(翁诗甫, 徐怡庄). *Analysis of Fourier Transform Infrared Spectroscopy(傅里叶变换红外光谱分析)*. Beijing: Chemical Industry Press(北京: 化学工业出版社), 2016. 490.
- [10] Czarnacki M A. *Applied Spectroscopy*, 2015, 69(1): 67.
- [11] Leung Y, Walters M A, Legeros R Z. *Spectrochimica Acta Part A Molecular Spectroscopy*, 2015, 46(10): 1453.
- [12] Tsamis A, Krawiec J T, Vorp D A. *Journal of the Royal Society Interface*, 2013, 10(83): 20121004.
- [13] Shi P, Aluri S, Lin Y A, et al. *Journal of Controlled Release*, 2013, 171(3): 330.

Synchrotron Radiation Infrared Microscopy Analysis of Mouse Trabecular Meshwork Cells and Myofibroblasts

HE Ming-xia¹, TIAN Tian², LIU Li-yuan^{*}, BU Shao-chong, DONG Li-jie, ZHANG Xin-xin, ZHANG Hong-zhen

1. State Key Laboratory of Precision Measuring Technology and Instruments, Tianjin University, Tianjin 300072, China

2. School of Precision Instrument and Optoelectronics Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China

3. State Key Laboratory of Chemical Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China

4. Key Laboratory of Opto-electronics Information and Technical Science, Ministry of Education, Tianjin University, Tianjin 300072, China

5. Tianjin Medical University Eye Hospital, Tianjin 300384, China

Abstract Primary open angle glaucoma is a common blind eye disease. Elevated intraocular pressure is the most important risk factor for the occurrence and development of primary open-angle glaucoma. It is caused by the lesion of aqueous humor outflow system and the increase of aqueous humor outflow resistance in trabecular meshwork pathway. It has been shown that TGF- β in aqueous humor can make trabecular cells fibrosis and induce excessive proliferation of trabecular cells, thus hindering the outflow of aqueous humor, leading to the occurrence of primary open-angle glaucoma. POAG is a covert disease with slow progression and no symptoms in the early stage. It is often found only when the visual field is significantly impaired in the late stage. Therefore, the early diagnosis of it is particularly important. Synchrotron radiation infrared microimaging combined with high luminance and high resolution synchrotron radiation source with Fourier transform infrared spectrometer and infrared microscope can realize cell detection. It is very important to obtain cellular change information from molecular level and to understand the pathogenesis of disease and the early diagnosis of disease. Although there are many research reports on infrared spectroscopy in biomedical field, the application of infrared spectroscopy microscopic imaging technology to the study of biomedical systems such as cells is still an area in urgent need of development. At present, no infrared spectroscopy has been found for the detection of trabecular meshwork cells. In this paper, TGF- β was used to induce rat trabecular meshwork cells into myofibroblasts in vitro, simulating the process of trabecular meshwork cells fibrosis. The meshwork cells and the myofibroblasts induced by TGF- β were studied by synchrotron radiation infrared microscopy and spectral analysis, and the feasibility of using synchrotron radiation in the early diagnosis of primary open-angle glaucoma was discussed. Study have shown that the elastin in myofibroblasts was significantly higher than that in trabecular meshwork cells, and 95% of elastins were nonpolar amino acids. Comparing the IR spectra of the two kinds of cells, it was found that the stretching vibration of CH₃, CH₂ and CH of myofibroblasts at 2 934, 2 900 and 2 845 cm⁻¹ was stronger than that of trabecular meshwork cells, which might be due to the increase of intracellular elastin induced by TGF- β . In this paper, we detected the excessive proliferation of trabecular meshwork cells at the cellular level, which laid a foundation for obtaining the infrared spectrum of cells directly and detecting the proliferation of trabecular meshwork cells

in the future, and then for detecting diseases such as primary open angle glaucoma. It is concluded that synchrotron radiation infrared spectroscopy and microscopic imaging are expected to be new methods for detecting POAG and provide a basis for real-time clinical detection of glaucoma by portable infrared microspectrometer.

Keywords Synchrotron radiation infrared microscopic imaging; Primary open-angle glaucoma; Trabecular meshwork cell; Myofibroblast; Elastin

* Corresponding author

(Received Oct. 16, 2018; accepted Feb. 27, 2019)

第 21 届全国分子光谱学学术会议暨 2020 年光谱年会 (第一轮通知)

由中国光学学会和中国化学会主办的“第 21 届全国分子光谱学学术会议”暨由中国光学学会光谱专业委员会主办的“2020 年光谱年会”将于 2020 年 5 月 15—18 日在成都召开, 会议由四川大学分析测试中心承办。

本次大会将秉承前 20 届分子光谱学学术会议之宗旨, 以期形成自由研讨的学术氛围, 让思想撞击出火花, 使创造力泉涌。本次大会也将是我国光谱科学工作者的又一次盛会, 将全力展示我国在光谱及相关领域的最新研究进展及取得的成果, 增进广大光谱科学工作者及其支持光谱事业人们间的交流与合作, 促进我国光谱事业的发展。届时大会组委会将邀请国内外光谱及相关领域的院士、知名专家学者到会作大会报告, 同时会议还将组织各类专题讨论和学术交流。

征文范围

分子光谱理论研究, 红外光谱、拉曼光谱、荧光光谱、磷光光谱、紫外-可见吸收光谱、化学发光等光谱技术在物理、化学、生物、材料科学、表面/界面科学、医药、环境、工业过程、催化学、地学、农林及其他领域的基础理论与应用研究的最新科研成果。

原子光谱、激光光谱、光谱成像等各类光谱技术的最新理论和应用研究成果, 同时也欢迎光谱相关技术(如质谱、核磁共振等)的最新应用和研究成果。

论文摘要要求

1. 论文内容必须是未在期刊杂志上发表过或其他全国或国际会议宣读过。
2. 提交论文扩展摘要 1 份, 纸张大小用 A4 纸版式(用 Office word 软件排版, 页边距为 2 cm, 单倍行距)。
3. 扩展摘要按以下顺序排版: 文题(三号黑体居中); 作者(四号仿宋居中); 单位(小四号宋体居中, 含所在省市、邮政编码、电子邮址(如有)); 论文的创新性, 研究意义与结果(五号宋体); 关键词和主要参考文献(自版芯左起, 五号宋体)。文稿中可穿插主要论据的图、表和照片, 图题、图注和表题、表注一律用英文表述。摘要的字数, 包括图, 表, 参考文献, 总共不能超过 2 个页面。
4. 具体投稿要求可参看模板及《光谱学与光谱分析》征稿简则。稿件一经录用, 将由《光谱学与光谱分析》以增刊或会议论文集形式发表。论文摘要模板请参考: <http://www.sinospectroscopy.org.cn/uploads/newsfile/20110928105323.doc>
5. 论文摘要截稿日期: 2019 年 12 月 30 日。

论文摘要提交方式

欢迎大家通过网站提交论文, 请您注册登陆中国光谱网(<http://www.sinospectroscopy.org.cn>), 在主页会议会展栏目下本次会议通道, 点击会议投稿按提示要求上传您的论文摘要。论文摘要将采用网上评审的方式, 你可在网上浏览对您论文的评审结果和修改意见。若通过电子邮件方式提交论文, 请发往: atcpubs@scu.edu.cn。

论文摘要提交具体步骤:

1. 请您在光谱网上(<http://www.sinospectroscopy.org.cn>)用真实姓名注册, 已经注册的用户, 请修正和完善您的个人信息。
2. 点击光谱网会议会展栏目, 选择《第 21 届全国分子光谱学学术会议暨 2020 年光谱年会》。
3. 点击会议基本情况下的会议快捷通道中的“会议投稿”。
4. 输入用户名和密码登陆, 在页面下选择稿件提交。
5. 按照提示提交稿件。

(下转 3358 页)

of gelatin and the calcium ion of HA. Gelatin and Mg-Ag-HA formed an organic-inorganic composite coating, and Mg and Ag were successfully introduced and evenly distributed into the HA lattice. After simulated body fluid immersion, a new calcium-deficient HA was formed on the surface of the Mg-Ag-HA/gelatin-coated samples, and new Mg, Na and Cl were detected in the spherical apatite. Results showed that the new composite coating has good biological activity. SEM and laser confocal experiments showed that mouse MC3T3-E1 cells adhered well on the film and had good morphology. The composite coating did not manifest cytotoxicity. The addition of gelatin greatly reduces the release rate of Mg^{2+} and Ag^+ in the composite coating, improves the physiological stability of the composite coating and guarantees the long-term antibacterial function of the coating. As a titanium-based coating material, Mg-Ag-HA/gelatin has good antibacterial ion release ability and excellent biocompatibility, which provides a new idea for the development of new anti-infective surgical implants.

Keywords Fourier transform infrared spectroscopy; Inductively coupled plasma mass spectrometry; Mg-Ag Hydroxyapatite/gelatin; Antibacterial biocoating

(Received Oct. 9, 2018; accepted Feb. 19, 2019)

RU Ping and YUAN Cui-fang: joint first authors

* Corresponding author

(上接 3351 页)

报告形式

为充分利用会议学术交流的效率,会议仍采用“口头报告”和“墙报展示”两种方式进行学术交流。无论是口头报告还是墙报展示,均属大会同等学术交流。为尊重个人意见和便于组委会的安排,请大家在会议注册时,提交“口头报告”或“墙报”的题目。为了鼓励博士、硕士研究生积极参与学术交流活动,本次会议将继续设立“优秀青年论文奖”和“优秀墙报奖”,表彰那些研究水平高、能突出研究内容要点、条理清晰的“口头报告”和“墙报”,大会将给获奖作者颁发优秀论文证书和奖金。同时会议还将邀请国内外知名专家学者就光谱有关学术领域的前沿热点问题作大会报告和主题报告。

主要报告形式有:

1. 大会邀请报告:主要邀请国内外知名专家学者报告光谱分析的前沿技术在各个领域的最新研究进展。
2. 主题邀请报告:本次会议将选择光谱技术的热点应用领域,开设多个专题论坛,邀请在该领域的知名专家作论坛主题报告。
3. 青年论坛报告:为博士、硕士研究生开设交流平台,并评选“优秀青年论文奖”。
4. 口头报告和墙报展示:作为本次会议的主要交流和展示形式。会议统一安排墙报讲解时间,希望作者按时到位讲解。

重要时间

论文截稿日期:2019年12月30日

第二轮会议通知:2019年10月(开通会议注册系统)

第三轮会议通知:2020年4月

会议召开期:2020年5月15—18日

会议组织机构、注册费及缴纳方式、宾馆住宿介绍及住房预定等信息近期将在会议主页上发布,请您经常浏览光谱网上会议主页,了解会议筹备情况和会议具体安排。网址:<http://www.sinospectroscopy.org.cn>

产品展示

会议热忱邀请国内外仪器厂商前来展示分子光谱(红外、近红外、拉曼、荧光等)、原子光谱等各类光谱仪以及质谱、核磁等其他相关仪器设备。我们将在本次会议的网站和会议现场提供展出场所,希望各厂商充分利用这次机会展示自己的最新产品。

会务组联系方式

李成辉(会议稿件)

四川大学分析测试中心

电话:028-85410280; 18980877825

Email: atcpubs@scu.edu.cn

(下转 3382 页)