

采用 DNA 和蛋白质吸收带的 Kubelka Munk 光谱函数检测人结肠腺癌

魏华江¹, 郭周义^{1*}, 谢树森², 何博华³, 李力波³, 陈雪梅⁴, 巫国勇⁵, 鲁建军⁵

1 华南师范大学激光生命科学研究所、暨激光生命科学教育部重点实验室, 广东 广州 510631

2 福建师范大学医学光电科学与技术教育部重点实验室, 福建 福州 350007

3 广东药学院第一附属医院胃肠外科, 广东 广州 510224

4 中山大学第一附属医院眼科, 广东 广州 510080

5 中山大学第一附属医院心胸外科, 广东 广州 510080

摘 要 采用 DNA 和蛋白质吸收带的 Kubelka Munk 光谱函数对人结肠腺癌进行了鉴别诊断, 实验采用带积分球附件的分光光度计获取组织的漫反射光谱。结果表明: 在 250~650 nm, 结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织在 DNA 吸收带的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_\infty)$ 及其对数 $\log[f(r_\infty)]$ 的平均值在 260 nm 处都有非常显著性的差异, 其差异分别为 218% ($p < 0.05$) 和 68.5% ($p < 0.05$)。结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织在蛋白质吸收带的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_\infty)$ 及其对数 $\log[f(r_\infty)]$ 的平均值在 280 nm 处也都有非常显著性的差异, 其差异分别为 208% ($p < 0.05$) 和 59.0% ($p < 0.05$)。结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织在 β -胡萝卜素吸收带(480 nm 处)的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_\infty)$ 及其对数 $\log[f(r_\infty)]$ 的平均值在 480 nm 处也都有非常显著性的差异, 其差异分别为 41.7% ($p < 0.05$) 和 32.9% ($p < 0.05$)。可见, 结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织中的 DNA、蛋白质和 β -胡萝卜素的含量都发生了非常显著的变化。这结论为快速、低成本、非入侵的结肠腺癌的光活检提供一些有益的参考。

关键词 结肠腺癌诊断; Kubelka Munk 光谱函数; 漫反射光谱; DNA; 蛋白质; β -胡萝卜素

中图分类号: R318.5 文献标识码: A DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2009)061473-05

引 言

结肠癌是常见的恶性消化道肿瘤之一。在美国和欧洲, 结、直肠癌的发病率和死亡率都仅次于肺癌而位居第二^[1]。在亚洲, 结肠癌的发病率预计有超过胃、肺癌而占据首位的趋势^[2]。在中国, 随着人们饮食结构的改变, 结肠癌患者也逐年增多^[3]。目前, 临床上检查结肠癌的主要手段是结肠镜, 但由于结肠镜检查是基于对结肠总体结构和形态的改变, 依靠医生的肉眼识别, 对于平坦凹陷型病变以及微小病变, 其诊断可靠性较低^[1]。据国内资料统计, 临床上早期大肠癌诊断率多徘徊在 10%~15%, 因此, 大肠癌患者的 5 年生存率不足 50%^[4]。而结肠癌大多从癌前病变转化而来, 因此, 结肠癌的早期诊断的研究, 对于提高早期病人的检出率

以及提高大肠癌患者的长期存活率具有极为重要的意义。

结肠癌的早期诊断并寻找一种无创伤性的理想、快速、准确的光学检测法鉴别诊断结肠肿瘤, 一直是临床应用基础研究的热点, 传统的诊断方法是基于结肠总体结构和形态的改变, 极易漏诊和误诊^[5-6]。大多数情况下还是需要取样活检加以证实^[7]。随着激光在生物医学领域中的应用不断深入和发展, 激光光谱以其极高的时间分辨率、灵敏度、精确度以及无损、安全、快速等特点获得广泛关注。以非入侵光学法早期探测人体器官组织的病变一直是生物医学光子学的热点课题, 其中 Kubelka Munk 光谱函数法 $f(r_\infty)$ 以其低成本、快速、非入侵的优点为诊断人体器官组织粘膜的恶性损伤提供了极其有利的重要手段。Ragain 等采用 Kubelka Munk 理论的漫反射光谱比较研究了牙齿的牙质和珥琅质的差异, 其研究结果表明, 牙齿的牙质和珥琅质的 Kubelka Munk 理论

收稿日期: 2008-03-03, 修订日期: 2008-06-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(60778047), 广东省自然科学基金项目(06025080; 0632270), 光子技术福建省重点实验室项目(FP0403), 医学光电科学与技术教育部重点实验室项目(JYG0503)和广东省医学科学基金项目(A2006309)资助

作者简介: 魏华江, 1961 年生, 华南师范大学激光生命科学研究所副教授 e-mail: weihj@senu.edu.cn

* 通讯联系人 e-mail: guozhy@21cn.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的漫反射光是随着牙质和珥琅质的厚度的变化而产生显著性的差异,其结果为激光应用于口腔的临床诊断和治疗提供了有益的参考^[8]。Yang 等采用 DNA、蛋白质、 β 胡萝卜素和血红蛋白吸收带的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 鉴别诊断了正常乳腺、乳腺纤维性瘤和恶性入侵性乳腺癌以及恶性的混合入侵和原位乳腺癌组织,其研究结果提示, Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 技术能非常显著地鉴别诊断正常乳腺、乳腺纤维性瘤和恶性入侵性乳腺癌以及恶性的混合入侵和原位乳腺癌,如果 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 技术结合内窥镜技术应用于人体内脏的浅表肿瘤组织的鉴别诊断将潜在极其重大的应用前景^[9, 10]。研究表明,癌症的 85% 以上都起源于人体的内表面的上皮内层组织,大多数这些上皮内层组织的损伤如果能在早期得以确诊是容易治疗的^[11, 12]。结肠癌早期病变多发生在粘膜层,然后逐渐向粘膜下层及更深层组织入侵,研究表明,人结肠上皮内层、粘膜及粘膜下层组织的损伤常常是导致结肠病变的原因^[13]。可见,结肠癌的早期诊断及早期治疗具有极其重要的意义。本文尝试采用 DNA、蛋白质和 β 胡萝卜素吸收带的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 鉴别诊断人结肠腺癌,并对实验结果作了详细的分析和定量比较,为非入侵光学法^[14-19] 鉴别诊断人结肠腺癌提供一点有益的参考数据。

1 实验部分

1.1 材料样品的制备

实验用组织样品来自 13 个手术切除的人新鲜离体结肠腺癌组织及其邻近的正常结肠组织(术后经过病理检验为低分化腺癌),每个手术切除的结肠癌组织样品被立即用生理盐水作简单冲洗掉表面的血液,并尽快将样品用生理盐水保存致超低温(-75°C)冰箱速冻冷藏。实验前,将所有组织样品用冰冻切片器切割,生成 13 个面积为 $15\text{ mm} \times 15\text{ mm}$ 、厚度为 $(6.03 \pm 0.36)\text{ mm}$ 的结肠腺癌组织样品的自然厚度(平均值)以及生成 13 个面积为 $15\text{ mm} \times 15\text{ mm}$ 、厚度为 $(5.26 \pm 0.29)\text{ mm}$ 的正常结肠组织样品的自然厚度(平均值),然后分别将组织样品在自然状态及室温为 20°C 环境下分别进行漫反射光谱的测量,从手术切除到样品准备和测量全过程在 7 h 内完成。

1.2 方法

1.2.1 组织漫反射光谱的测量及数据处理

实验采用具有积分球附件的 Lambda 35 紫外-可见分光光度计(Perkin Elmer, USA, model: Lambda 35),该附件中的积分球(Labsphere, USA, model: RSA-PE 20)内部直径为 50 mm。设置分光光度计的狭缝宽度为 2.0 nm,扫描的波长范围为设置在 250~650 nm,设置测定方式为反射。在积分球的样品反射窗处放置角度为 0° 的样品支架,将组织样品固定在这个样品支架上,使得入射光入射到结肠的上皮组织平面上的入射角为 0° ,积分球所测量的反射率(不包括镜面反射)为组织样品的漫反射率 R_s ,移去组织样品并在样品反射窗处放置硫酸钡反射板做参比,积分球所测量的反射率(不包括镜面反射)为百分之百漫反射率 R_{100} ,移开样品反射

窗处放置的硫酸钡反射板,积分球所测量的反射率为零漫反射率 R_0 。13 个结肠腺癌组织样品和 13 个正常结肠组织样品在同样的实验条件下对结肠的上皮组织进行各项漫反射率的测量,每个组织样品的测量都使用同一块硫酸钡标准板作 R_{100} 的定标,将 26 个组织样品分别按照上述过程在 250~650 nm 光谱范围内重复测量 12 次作统计分析处理。由于硫酸钡标准板的表面的非理想性以及微量的水分,标准板在这个波长范围的反射率不能达到百分之百的反射率,为此,采用商业用的、已知的高反射率标准板(Labsphere, USA, model: SRS 99-010)作为标准,用分光光度计对硫酸钡的反射率(R_{BaSO_4})作测量来校准硫酸钡标准板的实际的反射特性^[18]。实验测量的数据由电子计算机数字化后进行数据处理,积分球所测量的各项实验数据分别用下列方法进行校准,组织的漫反射率由下式进行计算^[18]

$$R_{\text{ds}} = (R_s - R_0) / [(R_{100}/R_{\text{BaSO}_4}) - R_0] \quad (1)$$

从实验数据可计算出 13 个正常结肠和 13 个结肠腺癌的上皮组织样品在 250~650 nm 光谱范围的漫反射率及其平均值,从组织的漫反射光谱计算出 Kubelka Munk 光谱^[9]。

1.2.2 统计学处理方法

组织光学参数以均数和标准差($\bar{X} \pm SD$)表示,采用 t 检验, $p < 0.05$ 为有显著性差异,利用统计软件 SPSS10 作统计处理。

2 结果与讨论

在相同的实验条件下获取了 13 个正常结肠和 13 个结肠腺癌的上皮组织在 250~650 nm 波长范围的漫反射光谱并计算出 Kubelka Munk 光谱。每个组织样品在同样实验条件下被重复测量 12 次来获取每个测量值,每次测量后便改变样品上被光辐照的光斑位置进行下一次测量,对于特定的样品和特定的光谱范围的测量结果具有很好的重复性,每一组样品(例如,正常结肠的上皮组织)所有测量得到的组织光学特性参数用($\bar{X} \pm SD$)表示。图 1 和图 2 分别表示正常结肠和结肠腺癌上皮组织在 250~650 nm 的漫反射光谱和 Kubelka Munk 光谱,图中所有实验数据的波长间隔取 5 nm,表 1 列出了 13 个正常结肠和 13 个结肠腺癌上皮组织 Kubelka Munk 光谱在蛋白质的吸收带(275~285 nm)和在 DNA 的吸收带(255~265 nm)波长范围内的以及在 β 胡萝卜素的吸收峰(480 nm)波长处的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 及其对数 $\log[f(r_{\infty})]$ 的平均值及其标准差。

从实验结果和图 1 可见,在 250~650 nm,正常结肠的上皮组织的漫反射光谱分别在 280, 325, 370, 415, 545, 575 nm 都处有一个波谷,结肠腺癌的上皮组织的漫反射光谱分别在 265, 280, 325, 370, 425, 545, 575 nm 都处有一个波谷。从实验结果和图 2 可见,在 250~650 nm,正常结肠的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱分别在 280, 325, 370, 415, 545, 575 nm 都处有一个波峰,结肠腺癌的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱分别在 265, 280, 325, 370, 425, 545, 575 nm 都处有一个波峰,可见,正常结肠的上皮组织在 255~265 nm 光谱范围的漫反射光谱的波谷位置刚好就是组织

Table 1 Averaged value of the Kubelka Munk function $f(r_{\infty})$ and logarithmic Kubelka Munk function $\log[f(r_{\infty})]$ from 275 to 285 nm and from 255 to 265 nm and at 480 nm for normal and adenomatous colon epithelial tissues

Tissue type	Average values from 275 to 285 nm		Average values from 255 to 265 nm		Average values at 480 nm	
	$f(r_{\infty})$	$\log[f(r_{\infty})]$	$f(r_{\infty})$	$\log[f(r_{\infty})]$	$f(r_{\infty})$	$\log[f(r_{\infty})]$
Normal colon epithelial tissues	6.66 ± 0.18	0.824 ± 0.023	5.44 ± 0.15	0.736 ± 0.021	2.90 ± 0.08	0.462 ± 0.014
Adenomatous colon epithelial tissues	20.5 ± 0.52	1.31 ± 0.04	17.3 ± 0.46	1.24 ± 0.04	4.11 ± 0.13	0.614 ± 0.018

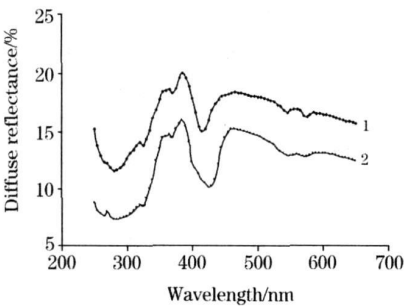


Fig. 1 Diffuse reflectance spectra of normal and adenomatous human colon epithelial tissues in spectral range from 250 nm

- 1: Spectra of normal colon epithelial tissues;
2: Spectra of adenomatous colon epithelial tissues

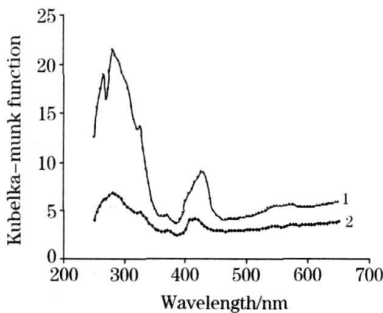


Fig. 2 Kubelka-Munk spectral function of normal and adenomatous human colon epithelial tissues in spectral range from 250 nm

- 1: Spectra of normal colon epithelial tissues;
2: Spectra of adenomatous colon epithelial tissues

在同样波长范围内的 Kubelka Munk 光谱的波峰位置，而结肠腺癌的上皮组织在 255~265 nm 光谱范围的漫反射光谱的波谷位置也刚好就是组织在同样波长范围内的 Kubelka Munk 光谱的波峰位置。其中，结肠腺癌的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱在 265 nm 处的波峰是由组织样品中的 DNA 在 260 nm 处的吸收所引起的^[9]，而 DNA 在 260 nm 处的吸收则没有导致正常结肠的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱在 260 nm 处产生明显的波峰，这是正常结肠和结肠腺癌的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱的一个非常显著的区别($p < 0.05$)，而从表 1 可见，在 DNA 的吸收峰 260 nm 处的峰附近(255~265 nm)，正常结肠的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 及其对数 $\log[f(r_{\infty})]$ 的平均值分别为 (5.44 ± 0.15) 和 (0.736 ± 0.021)，而结肠腺癌的上皮组织的

Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 及其对数 $\log[f(r_{\infty})]$ 的平均值分别为 (17.3 ± 0.46) 和 (1.24 ± 0.04)，可见，结肠腺癌和正常结肠的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 及其对数 $\log[f(r_{\infty})]$ 的平均值在 260 nm 处都有非常显著性的差异，其差异分别为 218% ($p < 0.05$) 和 68.5% ($p < 0.05$)。正常结肠和结肠腺癌上皮组织的 Kubelka Munk 光谱在 280 nm 处都有一个波峰是由组织样品中的蛋白质在 280 nm 处吸收所引起的^[9]，从表 1 可见，在组织样品中蛋白质的吸收峰 280 nm 处的峰附近(275~285 nm)，正常结肠上皮组织的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 及其对数 $\log[f(r_{\infty})]$ 的平均值分别为 (6.66 ± 0.18) 和 (0.824 ± 0.023)，而结肠腺癌的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 及其对数 $\log[f(r_{\infty})]$ 的平均值分别为 (20.5 ± 0.52) 和 (1.31 ± 0.04)，可见，结肠腺癌和正常结肠的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 及其对数 $\log[f(r_{\infty})]$ 的平均值在 280 nm 处都有非常显著性的差异，其差异分别为 208% ($p < 0.05$) 和 59.0% ($p < 0.05$)。正常结肠和结肠腺癌的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱在 β 胡萝卜素吸收带(480 nm 处)都没有波峰^[9]，从表 1 中可见，正常结肠的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 及其对数 $\log[f(r_{\infty})]$ 的平均值分别为 (2.90 ± 0.08) 和 (0.462 ± 0.014)，而结肠腺癌的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 及其对数 $\log[f(r_{\infty})]$ 的平均值分别为 (4.11 ± 0.13) 和 (0.614 ± 0.018)，可见，结肠腺癌和正常结肠的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 及其对数 $\log[f(r_{\infty})]$ 的平均值在 480 nm 处也都有非常显著性的差异，其差异分别为 41.7% ($p < 0.05$) 和 32.9% ($p < 0.05$)。正常结肠的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱函数在 415 nm 处的波峰和结肠腺癌的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱函数在 425 nm 处的波峰是由组织样品中的氧合血红蛋白和去氧血红蛋白分别在 414 和 428 nm 处的吸收所共同引起的^[9, 20]，而正常结肠和结肠腺癌的上皮组织的 Kubelka Munk 光谱函数在 545 和 575 nm 处的波峰是由组织样品中的氧合血红蛋白以及去氧血红蛋白分别在 540 和 578 nm 以及 555 nm 处的吸收所共同引起的^[9, 20]。实验结果表明，结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织在 DNA 和蛋白质吸收带的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_{\infty})$ 及其对数 $\log[f(r_{\infty})]$ 的平均值的都具有非常显著的差异的。生物有机体的主要成分是核酸和蛋白质，其中，核酸按其化学组成可以分成两大类，一类含 D-2 脱氧核糖的称为脱氧核糖核酸(DNA)，主要存在于细胞核中；另一类含 D 核糖的称为核糖核酸(RNA)，主要存在于细胞质内，而 DNA、蛋白质和 β 胡萝卜素等在生物有机体内有一定的含量和分布。可见，结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织中的 DNA 和蛋白质的含量产生非常显著的变化，此外，

结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织中的 β -胡萝卜素的含量也产生显著的变化。

3 结 论

在 250~650 nm, 结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织在 DNA 吸收带的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_\infty)$ 及其对数 $\log[f(r_\infty)]$ 的平均值在 260 nm 处都有非常显著性的差异, 其差异分别为 218% ($p < 0.05$) 和 68.5% ($p < 0.05$), 结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织中的 DNA 的含量产生非常显著的变化。结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织在蛋白质吸收带的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_\infty)$ 及其对数 $\log[f(r_\infty)]$ 的平均值在 280 nm 处也都有非常显著性的差异, 其差异分

别为 208% ($p < 0.05$) 和 59.0% ($p < 0.05$), 结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织中的蛋白质的含量也产生非常显著的变化。结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织在 β -胡萝卜素吸收带(480 nm 处)的 Kubelka Munk 光谱函数 $f(r_\infty)$ 及其对数 $\log[f(r_\infty)]$ 的平均值在 480 nm 处也都有非常显著性的差异, 其差异分别为 41.7% ($p < 0.05$) 和 32.9% ($p < 0.05$), 结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织中的 β -胡萝卜素的含量也产生非常显著的变化。结果表明: 结肠上皮组织的癌变导致其上皮组织中的 DNA、蛋白质和 β -胡萝卜素的含量都发生了非常显著的变化。这结论为快速、低成本、非入侵的结肠腺癌的光活检提供一条新思路, 同时也为以组织的 Kubelka Munk 光谱鉴别诊断结肠腺癌的病变提供有益的参考。

参 考 文 献

- [1] Mourant J R, Bigio I J, Boyer J, et al. Lasers Surg. Med., 1995, 17: 350.
- [2] Ge Z, Schomacker K T, Nishioka N S. Appl. Spectrosc., 1998, 52: 833.
- [3] Feld M S. Technical Digest, 1998, 2: 1.
- [4] Zonios G, Perelman L T, Bacjmann V, et al. Appl. Opt., 1999, 38: 6628.
- [5] Soklov K, Drezek R, Gossage K, et al. Opt. Express. 1999, 5: 302.
- [6] Utzinger U, Brewer M, Silva E, et al. Lasers Surg. Med., 2001, 28: 56.
- [7] Zijlstra W G, Buurisma A, Meeuwse van der Roest W P. Clin. Chem., 1991, 37(9): 1633.
- [8] Ragain J C, Johnston W M. J. Dent. Res., 2001, 80(2): 449.
- [9] Yang Y L, Celmer E J, Koutcher J A, et al. Photochem. Photobiol., 2002, 75(6): 627.
- [10] Yang Y L, Celmer E J, Koutcher J A, et al. SPIE, 2000, 4082: 71.
- [11] Kim Y L, Liu Y, Wali R K, et al. IEEE J. Select. Topics Quantum Electron, 2003, 9: 243.
- [12] Lu Z, Yeh T K, Tsai M, et al. Clinical Cancer Research, 2004, 10: 7677.
- [13] ZHANG Yang-de, LIU Wei-dong, YANG Chuan, et al(张阳德, 刘蔚东, 杨 川, 等). China Journal of Endoscopy(中国内镜杂志), 2000, 6(1): 1, 79.
- [14] WEI Hu-jiang, XING Da, HE Bo-hua, et al(魏华江, 邢 达, 何博华, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2008, 28(1): 10.
- [15] ZHU Dan, LU O Qing-ming, ZENG Sha-qun, et al(朱 丹, 骆清铭, 曾绍群, 等). Acta Optica Sinica(光学学报), 2002, 22(3): 369.
- [16] HUANG Bao-hua, CHEN Rong, ZENG Hai-shan, et al(黄宝华, 陈 荣, 曾海山, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2007, 27(1): 95.
- [17] WANG L H. J. Opt. Soc. Am. A., 1998, 15(4): 936.
- [18] Hammer M, Schweitzer D. Phys. Med. Biol., 2002, 47: 179.
- [19] Parsa P, Jacques S L, Nishioka N S. Appl. Opt., 1989, 28(12): 2325.
- [20] Subhash N, Mallia J R, Thomas S S, et al. J. Biomed. Opt., 2006, 11(1): 014018 1.

Colon Adenoma Detection Using Kubelka-Munk Spectral Function of DNA and Protein Bands

WEI Hua-jiang¹, GUO Zhou-yi^{1*}, XIE Shu-sen², HE Bo-hua³, LI Li-bo³, CHEN Xue-mei⁴, WU Guo-yong⁵, LU Jian-jun⁵

1. Key Laboratory of Laser Life Science and Institute of Laser Life Science of Ministry of Education, South China Normal University, Guangzhou 510631, China
2. Key Laboratory of Optoelectronic Science and Technology for Medicine of Ministry of Education, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China
3. Department of Surgery, First Affiliated Hospital of Guangdong College of Pharmacy, Guangzhou 510224, China
4. Department of Ophthalmology, First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China
5. Department of Surgery, First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China

Abstract Differential diagnosis of human colon adenoma was studied using the Kubelka-Munk spectral function of the DNA and protein absorption bands at 260 and 280 nm *in vitro*. Diffuse reflectance spectra of tissue were measured using a spectrophotometer with an integrating sphere attachment. The results of measurement showed that for the spectral range from 590 to 1 064 nm pathological changes of colon epithelial tissues were induced so that there were significant differences in the averaged values of the Kubelka-Munk function $f(r_\infty)$ and logarithmic Kubelka-Munk function $\log[f(r_\infty)]$ of the DNA absorption bands at 260 nm between normal and adenomatous colon epithelial tissues, and the differences were 218% ($p < 0.05$) and 68.5% ($p < 0.05$) respectively. Pathological changes of colon epithelial tissues were induced so that there were significant differences in the averaged values of the Kubelka-Munk function $f(r_\infty)$ and logarithmic Kubelka-Munk function $\log[f(r_\infty)]$ of the protein absorption bands at 280 nm between normal and adenomatous colon epithelial tissues, and the differences were 208% ($p < 0.05$) and 59.0% ($p < 0.05$) respectively. Pathological changes of colon epithelial tissues were induced so that there were significant differences in the averaged values of the Kubelka-Munk function $f(r_\infty)$ and logarithmic Kubelka-Munk function $\log[f(r_\infty)]$ of the β -carotene absorption bands at 480 nm between normal and adenomatous colon epithelial tissues, and the differences were 41.7% ($p < 0.05$) and 32.9% ($p < 0.05$) respectively. Obviously, pathological changes of colon epithelial tissues were induced so that there were significant changes in the contents of the DNA, protein and β -carotene of colon epithelial tissues. The conclusion can be applied to rapid, low-cost and noninvasive optical biopsy of colon adenoma, and provides a useful reference.

Keywords Colon adenoma diagnosis; Kubelka-Munk spectral function; Diffuse reflectance spectroscopy; DNA; Protein; β -carotene

(Received Mar. 3, 2008; accepted Jun. 6, 2008)

* Corresponding author