

DOI: 10.12235/E20210486

文章编号: 1007-1989 (2022) 06-0001-08

论著

## 支气管内光学相干断层成像技术评估 兔创伤性气道狭窄类型的诊断价值

刘月红<sup>1</sup>, 蒋军红<sup>1</sup>, 刘子溢<sup>1</sup>, 杨振宇<sup>1</sup>, 王昌国<sup>1</sup>, 曾大雄<sup>1</sup>, 奚杰峰<sup>2</sup>

(1. 苏州大学附属独墅湖医院 呼吸与危重症医学科, 江苏 苏州 215006;  
2. 南微医学科技股份有限公司, 江苏 南京 210044)

**摘要:** **目的** 使用支气管内光学相干断层成像技术 (EB-OCT) 获得兔创伤性气道狭窄模型的图像, 评估EB-OCT在判断良性气道狭窄类型中的诊断价值。**方法** 建立黏膜破坏联合软骨破坏的兔创伤性气道狭窄模型, 建模成功12只, 获取12只气道狭窄兔术后2、4、6和8周支气管镜、EB-OCT图像特点和气管组织病理学图像, 测量EB-OCT和病理图像匹配部分软骨层及非软骨层的厚度, 并比较两者的相关性。**结果** 12只建模成功的气道狭窄兔的EB-OCT图像特点: 低信号反射的软骨层结构, 从断裂、不连续到软骨膜逐渐修复; EB-OCT诊断气管结构层次: 黏膜破坏3例, 黏膜破坏及软骨破坏9例, 与组织病理学比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。EB-OCT和病理图像匹配部分软骨层及非软骨层的厚度呈线性正相关, 相关曲线分别是: 软骨层  $Y = 3.7498 + 0.9717X$ ,  $r = 0.9992$  ( $P < 0.01$ ); 非软骨层  $Y = -9.4328 + 0.9935X$ ,  $r = 0.9999$  ( $P < 0.01$ )。**结论** EB-OCT可以很好地观察到良性气道狭窄中气管黏膜破坏和/或软骨破坏以及两者的破坏程度, 具有病理组织学的诊断优势。

**关键词:** 良性气道狭窄; 支气管内光学相干断层成像技术 (EB-OCT); 黏膜破坏; 软骨破坏; 诊断价值  
**中图分类号:** R562.12

## Diagnostic value of EB-OCT in evaluating the type of airway stenosis in traumatized rabbits

Yue-hong Liu<sup>1</sup>, Jun-hong Jiang<sup>1</sup>, Zi-yi Liu<sup>1</sup>, Zhen-yu Yang<sup>1</sup>, Chang-guo Wang<sup>1</sup>, Da-xiong Zeng<sup>1</sup>, Jie-feng Xi<sup>2</sup>  
(1. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Dushu Lake Hospital Affiliated to Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215006, China; 2. Nanwei Medical Technology Co. Ltd, Nanjing, Jiangsu 210044, China)

**Abstract: Objective** To evaluate the diagnostic value of EB-OCT in diagnosis of benign airway stenosis types by use of examining the images of airway stenosis in traumatic rabbits with EB-OCT. **Methods** A rabbit model of traumatic airway stenosis with cartilage and mucosal destruction was established. The characteristics of EB-OCT images and histopathological images of trachea were obtained at 2, 4, 6 and 8 weeks after operation in 12 rabbits with successful modeling. The thickness of cartilage layer and non-cartilage layer in the matched part of EB-OCT images was measured. We compared the correlation between EB-OCT images of trachea and corresponding histopathological images of stenotic rabbits. **Results** The characteristics of EB-OCT images in 12 rabbits with airway stenosis was found as follows. The structure of cartilage layer with low signal reflection was

收稿日期: 2021-08-17

[通信作者] 蒋军红, E-mail: jiang20001969@163.com

[作者简介] 第一作者刘月红就职于泰州市中西医结合医院

from fracture and discontinuity to perichondrium gradually repaired. EB-OCT was used to evaluate the structure of trachea, in which mucosal damage was 3, and mucosal damage combined with cartilage damage was 9. There was no statistically significant difference between the type of airway stenosis observed by EB-OCT and histopathology in rabbits after trauma ( $P > 0.05$ ). There was a linear positive correlation between the thickness of cartilage layer and non-cartilage layer in EB-OCT and histopathology. The linear regression equations were  $Y = -9.4328 + 0.9935X$ , ( $P < 0.01$ ),  $Y = 3.7498 + 0.9717X$ , ( $P < 0.01$ ), and the correlation coefficients  $r$  were 0.9999 and 0.9992, respectively. **Conclusion** EB-OCT can estimate the destruction of tracheal mucosa and/or cartilage and the degree of them, with the diagnostic advantage of histopathology.

**Keywords:** benign airway stenosis; EB-OCT; mucosal destruction; cartilage destruction; diagnostic value

良性气道狭窄一般是指各种良性病变引起的气道狭窄, 常见病因有支气管结核和医源性气道损伤, 如: 气管切开以及气管插管、良性气道肿瘤和气管软化症等<sup>[1]</sup>。目前的治疗手段多为经验治疗, 如: 冷冻和球囊扩张等, 大部分患者经治疗后症状迅速缓解, 但远期再狭窄发生率较高<sup>[2]</sup>。诊断良性气道狭窄的手段主要有支气管镜和影像学检查, 如: CT 和 X 线等<sup>[3-4]</sup>。狭窄类型主要分为肉芽增生和瘢痕挛缩<sup>[2]</sup>, 判断是黏膜破坏还是软骨破坏需要依靠病理组织学检查。而良性气道狭窄的治疗手段主要有传统的外科手术治疗、内科介入治疗以及药物治疗, 针对不同的病因、狭窄类型、狭窄程度以及疾病的严重程度, 应制定不同的治疗方案。因此, 通过判断良性气道狭窄的具体类型, 可进一步制定相应的治疗方案。光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 是一种新型的影像技术, 与传统 X 线、CT、磁共振成像和超声诊断技术不同, 其是利用光学干涉的原理, 使用近红外光的回波, 通过测量光学回声路径的长度对生物组织进行断层成像<sup>[5]</sup>, 最早应用于眼科。支气管内光学相干断层成像技术 (endo-bronchial optical coherence tomography, EB-OCT) 将 OCT 与内镜相结合, 使 OCT 可进入活体组织的管腔结构, 如: 心血管和消化道等<sup>[6]</sup>, 对管腔壁及周围组织进行探测成像。近年来, 国产 EB-OCT 的成功研发, 为国内学者研究 OCT 成像技术提供了便捷途径, 其较细的直径亦为 OCT 在呼吸道疾病中的应用提供了可能。本研

究中, 笔者采取气管黏膜损伤联合软骨破坏的方法构建兔良性气道狭窄模型, 利用南微医学自主研发的国产 EB-OCT, 观察不同时间点良性气道狭窄的图像及特点, 分析良性气道狭窄成像的图像特点, 探讨 EB-OCT 的诊断价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 实验材料

选择健康、4 个月龄、体重相当的新西兰大白兔 22 只, 购买并饲养于苏州湖桥生物科技有限公司的动物饲养中心。内镜 OCT 仪器来源于南微医学, OCT 成像特点: 成像扫描长度为 30 mm, 探测灵敏度  $> 110$  dB, 成像速度为 25 fps, 分辨率  $< 10 \mu\text{m}$ , 成像深度为 5 mm, 纵向分辨率  $< 10 \mu\text{m}$  (组织中)。病理标本的制作由基尔顿生物科技 (上海) 有限公司完成。

### 1.2 兔创伤性气管狭窄模型的建立

建立兔创伤性气管狭窄模型。实验流程<sup>[7]</sup>见图 1。

### 1.3 EB-OCT 检测兔气管结构

①麻醉好的实验兔仰卧, 固定, 吸氧, 经口气管插管; ②经气管插管将电子支气管镜插入气道, EB-OCT 成像导管经支气管镜工作通道进入气管, 启动 OCT 的三维自动扫描程序进行扫描; ③留取 EB-OCT 图像。分别获取建模术前 10 只正常兔的气管 EB-OCT 图像, 以及建模术后 2、4、6 和 8 周狭窄形

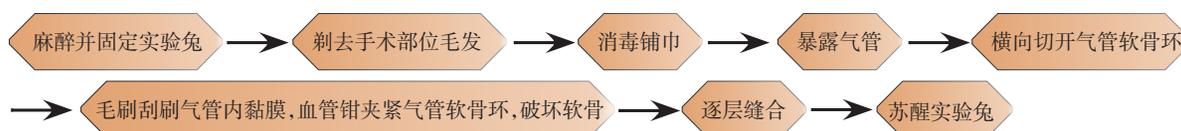


图 1 兔创伤性气道狭窄模型的建立

Fig.1 Establishment of traumatic airway stenosis model in rabbits

成的12只创伤兔气管EB-OCT图像(每个时间点3只)。见图2和3。

### 1.4 兔气管标本HE染色

成功获取正常兔及狭窄兔气管EB-OCT图像后,立即处死实验兔,留取完整气管,使用福尔马林固定标本,石蜡包埋固定并切片。脱蜡后水化,再使用苏木素-伊红染色,封片后,通过显微镜拍照采集相关部分病理图像。

### 1.5 统计学方法

在支气管镜下定位建模手术部位相同钟点方向的EB-OCT图像与病理组织学图像,将两者称为匹配图像,使用OCT自带的测量程序,测量定位部位EB-OCT图像中软骨层和非软骨层的厚度,标记为O-C(cartilage)和O-NC(non-cartilage),采用Camera Measure软件测量匹配部位病理组织学图像中软骨层和非软骨层的厚度,标记为H-C和H-NC,将所测得的数据用MedCalc 16.2.0软件进行统计学分析, $P < 0.05$ 表示两者存在相关性,使用相关性系数 $r$ 检验相关性, $|r| > 0.95$ 表示两者显著性相关。计量资料用

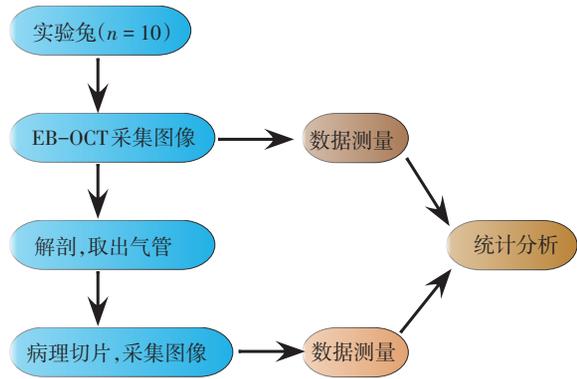


图2 采集建模手术前正常实验兔气管EB-OCT图像及病理组织图像的流程

Fig.2 Flow chart of tracheal EB-OCT image and pathological tissue image of normal experimental rabbits before modeling operation

均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,使用方差分析来判断正常兔和创伤兔软骨层及非软骨层厚度的变化, $P < 0.01$ 为差异极其显著,使用Fisher确切概率法比较支气管镜下、EB-OCT以及病理组织学观察狭窄形成类型的差异。检验水准 $\alpha = 0.05$ , $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

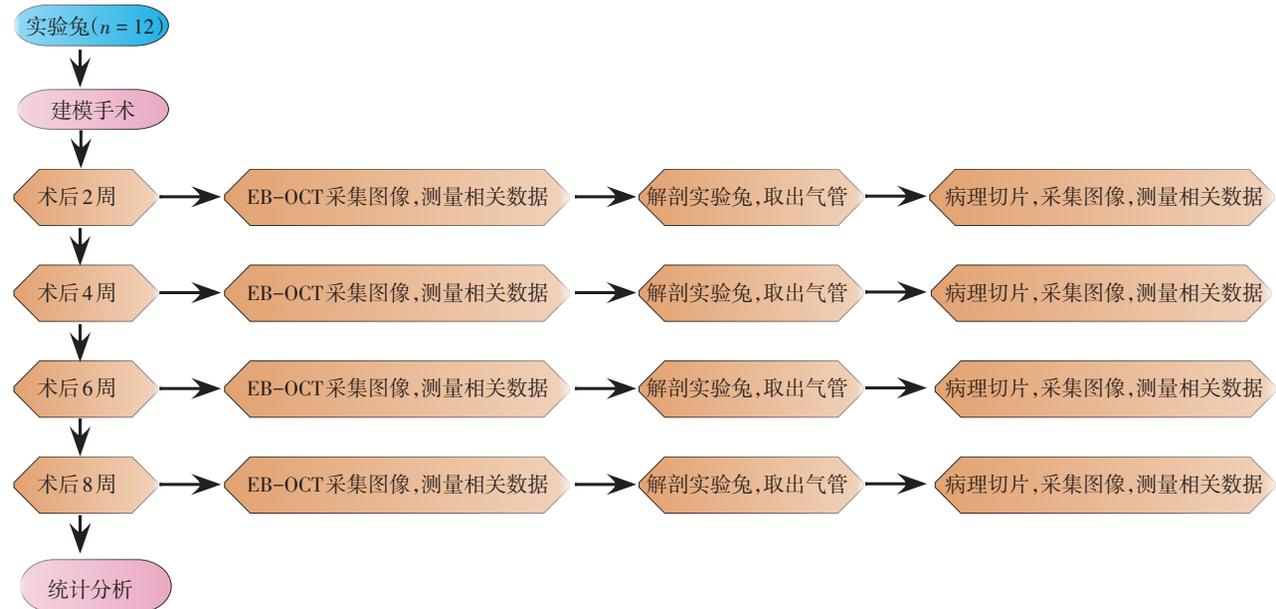


图3 采集建模术后实验兔气管EB-OCT图像及病理组织图像的流程

Fig.3 Flow chart of tracheal EB-OCT image and pathological tissue image of the experimental rabbit after modeling operation

## 2 结果

### 2.1 正常实验兔气管EB-OCT图像特点

正常实验兔的气管EB-OCT图像呈现为层次分明

和信号强弱不等的灰阶图,笔者按信号强度依次标记为O1~O4,将病理组织图像按层次标记为H1~H4。O1与病理组织学的H1(黏膜层)相对应,O2与病理组织学的H2(黏膜下层)相对应,O3与病理组织学

的 H3 (平滑肌层) 相对应, O4 与病理组织学的 H4 (软骨层) 相对应。EB-OCT 图像中, 黏膜层信号偏弱, 表现为灰色, 黏膜下层信号最强, 表现为强反射的白色, 平滑肌层信号偏强, 表现为灰白色, 软骨层信号最弱, 表现为黑色。见图 4。

### 2.2 创伤兔气管 EB-OCT 图像特点

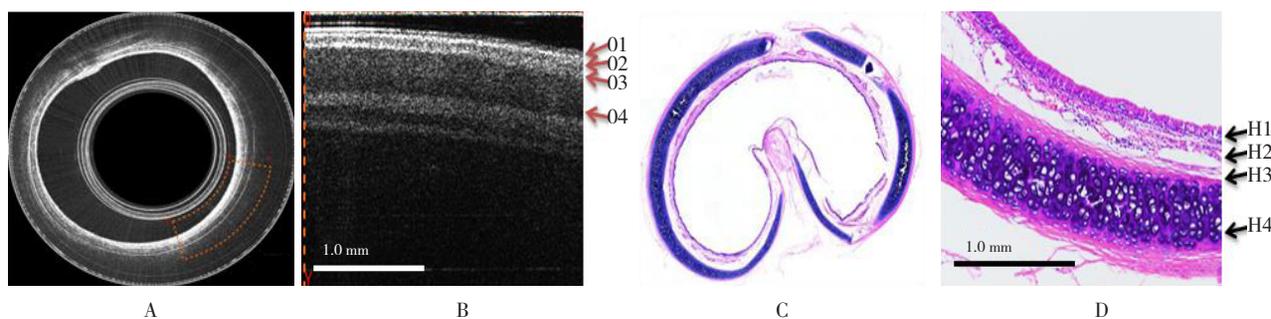
建模成功的创伤兔, 术后 2 周的气管 EB-OCT 图像特点: 可见强信号反射条带的黏膜层和黏膜下层增厚, 部分向内隆起, 低信号反射的软骨层结构断裂、不连续, 管腔明显狭窄; 术后 4 周管腔狭窄最严重, 气管结构紊乱, 表现为强弱信号混合, 层次不清 (图 5); 术后 6 周管腔黏膜和软骨开始修复, 气管结构分界清楚, 软骨层结构不连续, 狭窄有所减轻; 术后 8 周进一步修复, 管腔狭窄程度进一步减轻, 各层次结构完整, 按信号强弱划分各层次分界清楚。

### 2.3 狭窄形成的类型

EB-OCT 观察到 12 只创伤兔狭窄形成的类型分别为: 单纯黏膜破坏 3 例, 黏膜合并软骨破坏 9 例; 病理组织学诊断为: 单纯黏膜破坏 2 例, 黏膜合并软骨破坏 10 例, 两种诊断方法比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

### 2.4 EB-OCT 及病理组织学两种诊断方法的相关性

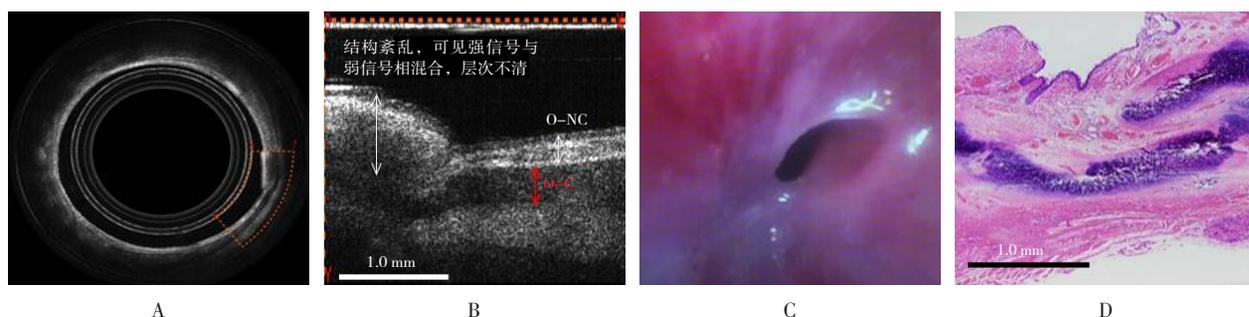
研究 EB-OCT 及病理组织学两种诊断方法测量软骨层和非软骨层厚度的相关性, 结果显示: 使用两种诊断方法测量, 获得的创伤兔软骨层及非软骨层的厚度较正常兔均明显增厚 ( $P < 0.01$ ), 术后 2 周增厚最为明显, 随着时间的推移, 触发创伤的修复, 各层次厚度逐渐减小 (附表)。软骨层和非软骨层厚度两种诊断方法的相关性, 呈高度相关, 相关曲线分别是: 软骨层  $Y = 3.7498 + 0.9717X$ ,  $r = 0.9992$  ( $P < 0.01$ ); 非软骨层  $Y = -9.4328 + 0.9935X$ ,  $r = 0.9999$  ( $P < 0.01$ )。正常气管结构各层相关曲线见图 6。



A: 气管 OCT 横截面图; B: 图 A 中方块图放大图, 可清晰地展示气道壁各层结构; C: 气管横截面组织病理 (HE × 40); D: 图 C 中方块放大图 (HE × 100), 可清晰地展示气道壁各层组织结构

图 4 正常兔气管 EB-OCT 和病理图片

Fig.4 EB-OCT and pathological images of normal rabbit trachea



A: 气管横截面 OCT; B: 图 A 中方块图放大图, 提示黏膜层增厚, 软骨结构断裂; C: 气管镜下见气道黏膜瘢痕狭窄; D: 病变部位组织图像 (HE × 40)

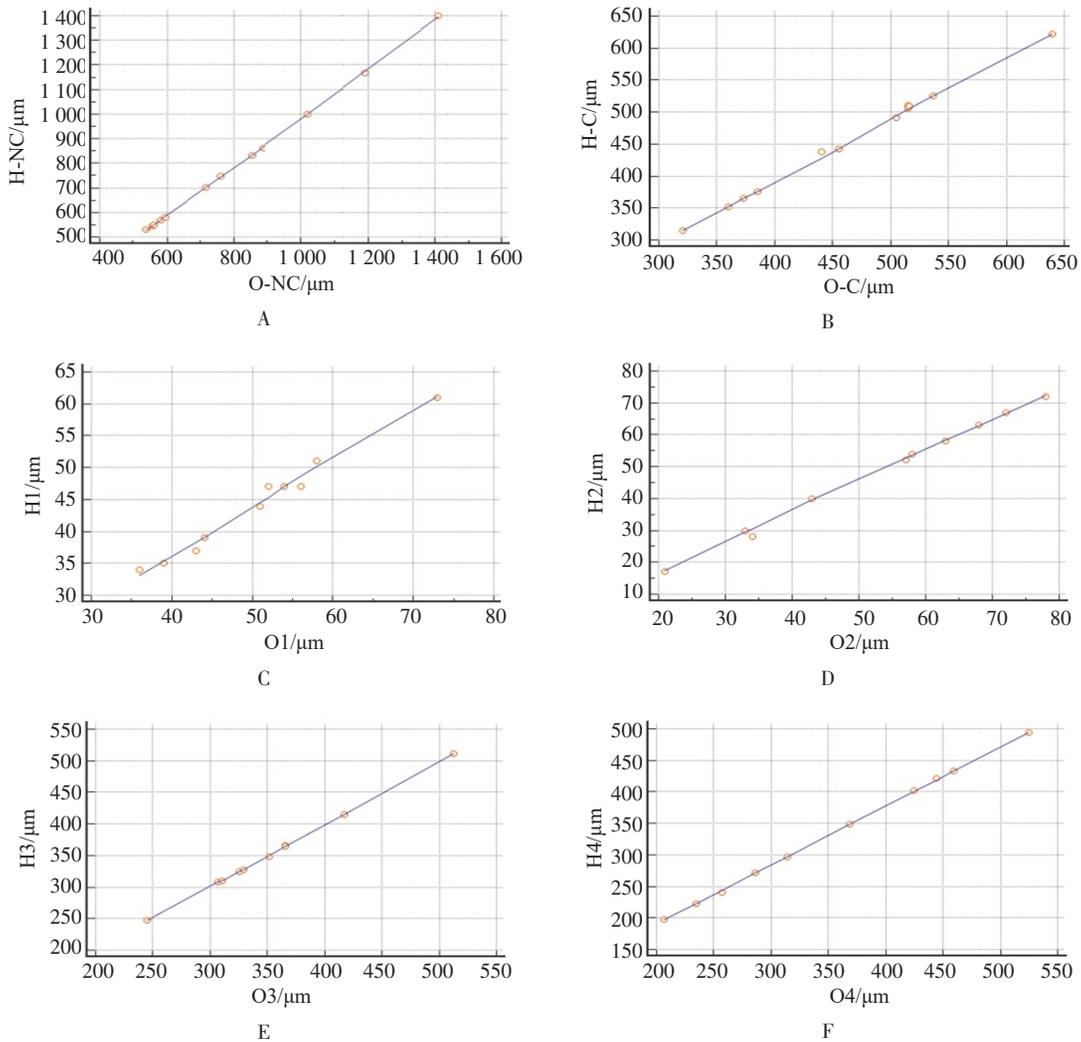
图 5 创伤兔术后 4 周支气管镜、EB-OCT 和病理图片

Fig.5 Bronchoscopy, EB-OCT and pathological images of injured rabbits 4 weeks after operation

附表 每个时间点软骨层及非软骨层厚度的平均值 ( $\mu\text{m}$ ,  $\bar{x} \pm s$ )

Attached table Mean thickness of cartilage layer and non-cartilage layer at each time point ( $\mu\text{m}$ ,  $\bar{x} \pm s$ )

时间点	H-NC	O-NC	H-C	O-C
正常兔(n=10)	444.6±70.4	456.3±24.7	332.8±32.1	352.0±34.2
术后2周(n=3)	1 000.4±96.9	1 020.0±98.1	484.5±25.4	494.0±28.5
术后4周(n=3)	943.9±242.8	957.7±242.5	472.0±79.0	485.0±82.2
术后6周(n=3)	611.4±46.5	624.0±47.0	508.1±1.4	516.0±0.3
术后8周(n=3)	606.7±69.8	619.3±70.0	351.9±19.1	359.7±19.6
F值	10.70	12.04	18.99	12.04
P值	0.001	0.001	0.000	0.001



纵坐标代表组织测量厚度(H); 横坐标代表EB-OCT测量厚度; A: 气道狭窄兔非软骨层(NC) EB-OCT和组织相关曲线; B: 气道狭窄兔软骨层(C) EB-OCT和组织相关曲线; C: 正常兔黏膜层EB-OCT(O1)和组织(H1)相关曲线; D: 正常兔黏膜下层EB-OCT(O2)和组织(H2)相关曲线; E: 正常兔平滑肌层EB-OCT(O3)和组织(H3)相关曲线; F: 正常兔软骨层EB-OCT(O4)和组织(H4)相关曲线

图6 两种诊断方法相关性的曲线图

Fig.6 Graph of the correlation between the two diagnostic methods

### 3 讨论

良性气道狭窄是呼吸介入学中的常见病, 由于我国结核病高发, 气道狭窄发病率呈逐年上升的趋势<sup>[8]</sup>, 亦是气管插管和气管切开术后最严重的并发症之一<sup>[9]</sup>, 且治疗后的再狭窄发生率高, 因治疗频次多, 严重影响患者的生活质量和生存期。因此, 研究良性气道狭窄的发病机制, 可早期预防及干预, 提高治疗效果<sup>[10-14]</sup>。

自 1991 年美国学者提出 OCT 的概念, 近年来其已广泛应用于眼科和皮肤科等领域<sup>[15]</sup>。EB-OCT 是一种可应用于人体管腔结构的新型成像技术, 其分辨率较高, 可达微米级别。早在 2005 年, KARAMZADEH 等<sup>[16]</sup>建立人工气管插管致使兔气管损伤模型, 并使用 EB-OCT 对损伤兔气道进行扫描成像, 初步证实 EB-OCT 可应用于呼吸系统, 其成像图可显示实验兔气管损伤后的气道结构变化。随后, 国外有学者<sup>[17-19]</sup>将 EB-OCT 应用于人体气道, 经过探索研究发现: OCT 具有分辨率高、实时和可测量等优势, 同时提供了 EB-OCT 在判断气道结构方面的可能性。

2014 年南微医学研发了国产 EB-OCT 三维成像系统, 该系统将 OCT 的探头与球囊相结合, 直径较细, 内镜下操作方便, 适用于活体组织的管腔结构(如血管、食道、胃肠道和气管等), 且该成像系统有着超高的分辨率, 其纵向分辨率是临床上使用的超声支气管镜(endobronchial ultra-sound, EBUS)的 10~15 倍, 在生物组织中可达到 6 至 7  $\mu\text{m}$ , 其横向分辨率是传统 OCT 内镜探头的 2 倍以上, 成像最大深度为 5 mm<sup>[20]</sup>, 可对活体生物组织进行高分辨率、高灵敏度、无创和实时的三维成像。为了获取南微医学开发的 EB-OCT 在诊断肺部疾病方面的数据, 探索其在气道相关疾病中的诊断价值, 笔者开展了一系列动物研究, 为其在后续的临床应用中提供参考依据。

笔者使用南微医学开发的新型 EB-OCT 三维成像系统, 记录创伤兔良性气道狭窄形成的过程, 并采集

相关图像, 分析总结气管镜下图像与病理组织学及 EB-OCT 图像的相关性。大量研究<sup>[21-24]</sup>表明, 气管黏膜有再生功能, 气道的创伤和修复的触发点是软骨膜的损伤, 仅黏膜损伤, 一般无狭窄形成<sup>[21-22]</sup>。软骨破坏是气道狭窄形成的主要因素。临床上, 支气管结核、气管插管、气管切开术后以及气道良性肿瘤的患者, 常常伴有气道黏膜损伤, 还同时存在软骨破坏, 在气道黏膜再生和创伤修复过程中可形成肉芽和瘢痕, 进而导致气道狭窄<sup>[25]</sup>。因此, 在建立实验兔良性气道狭窄模型时, 笔者既使用尼龙刷损伤气道黏膜, 又用血管钳破坏气道软骨。在多次预实验后, 笔者将建模术后 2、4、6 和 8 周定为观察时间点, 记录不同时间点气管镜下实验兔气道狭窄形成的类型, 同时使用 EB-OCT 进行扫描, 采集每个时间点创伤兔的 EB-OCT 图像。为确保所得数据的可靠性, 笔者在每个时间点选择 EB-OCT 图像较为典型的 3 只实验兔进行解剖, 取出完整气道组织, 做成病理切片, 使用显微镜拍照, 采集相关的病理组织图片。使用 OCT 自带软件, 测量 EB-OCT 图像中软骨层及非软骨层的厚度, 同时测量病理组织图像中相对应部分的厚度, 用 MedCalc 软件处理所获得的数据, 并进行相关统计学分析, 结果显示: 软骨与非软骨结构的两种诊断方法呈线性正相关, 证实了 EB-OCT 图像与病理组织学图像高度匹配。笔者通过 EB-OCT 和病理组织学获得实验兔气道狭窄图像, 分析图像特点并进行相关性分析, 比较气管镜下、EB-OCT 和病理组织学观察到的兔良性气道狭窄的形成率和狭窄形成的类型, 结果发现: 3 种手段所观察到的兔气道狭窄形成率一致, 狭窄形成的类型主要为: 肉芽增生和瘢痕挛缩; 证实了兔良性气道狭窄形成的关键因素是: 气管内黏膜损伤以及软骨破坏。EB-OCT 所观察到的实验兔良性气道狭窄的形成率和形成类型与气管镜下表现及病理组织学一致, 说明: 使用 EB-OCT 动态观察兔良性气道狭窄形成过程是可行的, 其价值与无创的气管镜检查和有创的病理组织学相当, 且其较气管镜和病理组织学有实时和分辨率高的优势。

综上所述,国产EB-OCT具有无创、实时和分辨率高等优点,其对良性气道狭窄的诊断价值与气管镜检查 and 病理组织学相当,可进一步应用于研究良性气道狭窄形成的机制,以便后期服务于临床,解决良性气道狭窄的预防和早期干预等相关问题,为今后治疗良性气道狭窄提供参考依据。

#### 参 考 文 献 :

- [1] 余丽丽,贾晋伟,肖洋,等. 良性气道狭窄病因分析[J]. 临床肺科杂志, 2019, 24(8): 1394-1398.
- [1] YU L L, JIA J W, XIAO Y, et al. Etiological analysis of benign airway stenosis[J]. Journal of Clinical Pulmonary Medicine, 2019, 24(8): 1394-1398. Chinese
- [2] SMITH M E, ELSTAD M. Mitomycin C and the endoscopic treatment of laryngotracheal stenosis: are two applications better than one[J]. Laryngoscope, 2010, 119(2): 272-283.
- [3] STOELBEN E, KORYLLOS A, BECKERS F, et al. Benign stenosis of the trachea[J]. Thorac Surg Clin, 2014, 24(1): 59-65.
- [4] 周晓明,侯刚,冯学威,等. 良性中央气道病变临床-影像-支气管镜特点分析[J]. 中国内镜杂志, 2012, 18(3): 237-241.
- [4] ZHOU X M, HOU G, FENG X W, et al. Clinico-image-bronchoscopy characteristics of benign central airway lesions[J]. China Journal of Endoscopy, 2012, 18(3): 237-241. Chinese
- [5] WHITEMAN S C, YANG Y, GEY VAN PITTIUS D, et al. Optical coherence tomography: real-time imaging of bronchial airways microstructure and detection of inflammatory/neoplastic morphologic changes[J]. Clin Cancer Res, 2006, 12(3 Pt 1): 813-818.
- [6] TSAI T H, LEGGETT C L, TRINDADE A J, et al. Optical coherence tomography in gastroenterology: a review and future outlook[J]. J Biomed Opt, 2017, 22(12): 1-17.
- [7] STEEHLER M K, HESHAM H N, WYCHERLY B J, et al. Induction of tracheal stenosis in a rabbit model-endoscopic versus open technique[J]. Laryngoscope, 2011, 121(3): 509-514.
- [8] 蔡博,张云辉. 良性气道狭窄的研究现状与进展[J]. 中国医药科学, 2020, 10(17): 66-69.
- [8] CAI B, ZHANG Y H. Study status and progress of benign airway stenosis[J]. China Medicine and Pharmacy, 2020, 10(17): 66-69. Chinese
- [9] ROVÓ L, SZÉLL M, BELLA Z, et al. The -509 C/T genotype of TGFβ1 might contribute to the pathogenesis of benign airway stenosis[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2010, 142(3): 441-443.
- [10] 苏柱泉,魏晓群,钟长镐,等. 良性气管狭窄158例病因及介入治疗疗效分析[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2013, 36(9): 651-654.
- [10] SU Z Q, WEI X Q, ZHONG C H, et al. The cause and efficacy of benign tracheal stenosis[J]. Chinese Journal of Tuberculosis and Respiratory Disease, 2013, 36(9): 651-654. Chinese
- [11] DILLARD D G, GAL A A, ROMAN-RODRIGUEZ J, et al. Transforming growth factor and neutralizing antibodies in subglottic stenosis[J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 2001, 110(5 Pt 1): 393-400.
- [12] SIMPSON C B, WHITE S, MCGUFF H S. Anti-transforming growth factor beta as a treatment for laryngotracheal stenosis in a canine model[J]. Laryngoscope, 2010, 118(3): 546-551.
- [13] NICOLLI E A, GHOSH A, HAFT S, et al. IL-1 receptor antagonist inhibits early granulation formation[J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 2016, 125(4): 284-289.
- [14] KARAGIANNIDIS C, VELEHORSCHI V, OBERTRIFTER B, et al. High-level expression of matrix-associated transforming growth factor-β1 in benign airway stenosis[J]. Chest, 2006, 129(5): 1298-1304.
- [15] BREZINSKI M E, TEAMEY G J, BOUMA B E, et al. Optical coherence tomography for optical biopsy. Properties and demonstration of vascular pathology[J]. Circulation, 1996, 93(6): 1206-1213.
- [16] KARAMZADEH A M, JACKSON R, GUO S, et al. Characterization of submucosal lesions using optical coherence tomography in the rabbit subglottis[J]. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 2005, 131(6): 499-504.
- [17] WILLIAMSON J P, MCLAUGHLIN R A, PHILLIPS M J, et al. Feasibility of applying real-time optical imaging during bronchoscopic interventions for central airway obstruction[J]. J Bronchol Intervent Pulmonol, 2010, 17(4): 307-316.
- [18] SHARMA G K, LOY A C, SU E, et al. Quantitative evaluation of adult subglottic stenosis using intraoperative long-range optical coherence tomography[J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 2016, 125(10): 815-822.
- [19] HARIRI L P, ADAMS D C, WAIN J C, et al. Endobronchial optical coherence tomography for low-risk microscopic assessment and diagnosis of idiopathic pulmonary fibrosis in vivo[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2018, 197(7): 949-952.
- [20] 李艳,奚杰峰. 内窥式光学相干断层成像系统及其应用[J]. 中国医疗器械信息, 2017, 23(5): 13-18.
- [20] LI Y, XI J F. Endoscopic optical coherence tomography and its applications[J]. China Medical Device Information, 2017, 23(5): 13-18.

- 13-18. Chinese
- [21] WAUGH D J J, WILSON C. The interleukin-8 pathway in cancer[J]. *Clin Cancer Res*, 2008, 14(21): 6735-6741.
- [22] MOYER K E, SAGGERS G C, ALLISON G M, et al. Effects of interleukin-8 on granulation tissue maturation[J]. *J Cell Physiol*, 2002, 193(2): 173-179.
- [23] LIM C P, PHAN T T, LIM I J, et al. Cytokine profiling and Stat3 phosphorylation in epithelial-mesenchymal interactions between keloid keratinocytes and fibroblasts[J]. *J Invest Dermatol*, 2009, 129(4): 851-861.
- [24] LIRA S A, FURTADO G C. The biology of chemokines and their receptors[J]. *Immunol Res*, 2012, 54(1-3): 111-120.
- [25] KLUSSMANN J P, BROCHHAGEN H G, SITTEL C, et al.

Atresia of the trachea following repeated percutaneous dilational tracheotomy[J]. *Chest*, 2001, 119(3): 961-964.

(吴静 编辑)

**本文引用格式:**

刘月红, 蒋军红, 刘子溢, 等. 支气管内光学相干断层成像技术评估兔创伤性气道狭窄类型的诊断价值[J]. *中国内镜杂志*, 2022, 28(6): 1-8.

LIU Y H, JIANG J H, LIU Z Y, et al. Diagnostic value of EB-OCT in evaluating the type of airway stenosis in traumatized rabbits[J]. *China Journal of Endoscopy*, 2022, 28(6): 1-8. Chinese