

## 临床研究

DOI:10.13406/j.cnki.cyxh.002970

## 支气管炭末样色素纤维化的支气管超声影像学特点

周国旗<sup>1</sup>,刘代顺<sup>2</sup>,王 蕾<sup>3</sup>,陆小凤<sup>2</sup>,蔡小燕<sup>1</sup>,曾庆松<sup>1</sup>,邹 丽<sup>1</sup>,朱婷婷<sup>1</sup>,罗先跃<sup>1</sup>

(1. 遵义市红花岗区人民医院呼吸与危重症医学科,遵义 563003;2. 遵义市第一人民医院呼吸与危重症医学科,遵义 563000;3. 日照市中医医院呼吸与危重症医学科,日照 276800)

**【摘要】目的:**观察支气管炭末样色素纤维化(bronchial anthracofibrosis,BAF)患者支气管超声影像学特点,为该疾病防治提供有效的临床线索。**方法:**从 2018 年 4 月至 2019 年 10 月于遵义市红花岗区人民医院呼吸与危重症医学科行气管镜检查及治疗的患者 1 243 例中选取 BAF 患者 113 例作为研究对象。BAF 患者根据镜下分为扁平型 31 例,深部缩回型 38 例以及黏膜突起型 44 例。除黑色病变外,统计镜下病变情况(如支气管肿胀、支气管闭塞等)。利用超声小探头对段、亚段支气管行影像学检查,分析最大管壁及黏膜下层厚度,对比各亚型 BAF 管壁黏膜下层及骨性组织面积的平均值。**结果:**BAF 组有结核病史的患者 13 例(占 11.5%),另外,BAF 组有生物燃料暴露的患者 57 例(占 50.4%),平均暴露时间(17.4 ± 6.2)年;BAF 发病率占本院气管镜检查总数的 10%。利用 Image J 18.0 将 BAF 各亚组气道放大后测量管壁各项指标发现,深部缩回型[(17.3 ± 5.7) mm]和黑色突起型[(19.3 ± 5.4) mm]管壁最大厚度较扁平型[(12.5 ± 5.0) mm]明显增加,差异具有统计学意义( $P < 0.05$ );深部缩回型[(9.8 ± 3.0) mm]和黑色突起型[(14.5 ± 5.0) mm]黏膜下层最大厚度较扁平型[(6.6 ± 3.5) mm]明显增加( $P < 0.05$ );扁平型 BAF 组与黑色突起型的骨性组织面积比分别为(33.3 ± 9.3)%和(34.9 ± 12.1)%,较深部缩回型[(65.2 ± 8.7)%]明显减少( $P < 0.05$ ),黑色突起型为(34.9 ± 12.1)%,较扁平型无明显变化( $P > 0.05$ )。**结论:**BAF 患者远端气道存在异常超声影像学特点,并且不同亚型 BAF 气道黏膜结构及骨性声像存在差异,由此推测支气管超声影像和气道壁结构分析可能成为不同亚型 BAF 诊断的重要参考指标。同时,这也为了解远端气道的特点提供了临床线索。

**【关键词】**支气管炭末样色素沉着症;支气管超声影像**【中图分类号】**R562**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2020-06-27

## Bronchial ultrasound imaging features of bronchial anthracofibrosis

Zhou Guoqi<sup>1</sup>, Liu Daishun<sup>2</sup>, Wang Lei<sup>3</sup>, Lu Xiaofeng<sup>2</sup>, Cai Xiaoyan<sup>1</sup>,  
Zeng Qingsong<sup>1</sup>, Zou Li<sup>1</sup>, Zhu Tingting<sup>1</sup>, Luo Xianyue<sup>1</sup>

(1. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, People's Hospital of Honghuagang District;

2. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, The First People's Hospital of Zunyi; 3. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Rizhao Hospital of Traditional Chinese Medicine)

**【Abstract】Objective:** To observe the characteristics of bronchial ultrasound imaging in patients with bronchial anthracofibrosis (BAF) and provide effective clinical clues for the prevention and treatment of the disease. **Methods:** From April 2018 to October 2019, 113 patients with BAF who underwent bronchoscopy and treatment in the Department of Respiratory and Critical Care Medicine of People's Hospital of Honghuagang District, Zunyi were selected as the research objects. BAF patients were classified into 31 cases of flat type, 38 cases of deep retraction type, and 44 cases of mucosal protrusion type under the microscope. Except for black lesions, the lesions under microscope were statistically counted, such as bronchial swelling, bronchial occlusion, etc. The segmental and sub-segmental bronchus were examined by ultrasound with a small ultrasound probe to analyze the maximum tube wall and submucosal thickness, and to compare the average of the submucosal and bony tissue area of each subtype of BAF. **Results:** In this study, 13 patients (11.5%) had a history of tuberculosis in the BAF group. In addition, 57 patients (50.4%) were exposed to biofuels in the BAF group. The average exposure time was (17.4 ± 6.2) years, and the incidence of BAF accounted for 10% of the total number of bronchoscopy in our hospital. Using Image J 18.0 to magnify the airways of each BAF subgroup and measure the various indicators of the tube wall, it was found that the maximum wall

**作者简介:**周国旗, Email: 31343639@qq.com,

研究方向:呼吸危重症的临床及基础研究。

**基金项目:**遵义市科技局合作资助项目(编号:社字[2018]251号);  
红花岗区呼吸与危重症医学人才基地资助项目(编号:[2020]  
5号);遵义市科技局合作资助项目(编号:社字[2017]54号)。**优先出版:** <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20220105.0959.002.html>  
(2022-01-05)

thickness of the deep retracted type [(17.3 ± 5.7) mm] and the black protruding type [(19.3 ± 5.4) mm] was significantly higher than that of the flat group [(12.5 ± 5.0) mm], with statistically significant differences ( $P < 0.05$ ). The maximum thickness of the submucosa of the deep retracted type [(9.8 ± 3.0) mm] and the black protruding type [(14.5 ± 5.0) mm] was significantly increased compared with the flat type [(6.6 ± 3.5) mm] ( $P < 0.05$ ). The area ratio of the bone tissue between the flat BAF group and the black protrusion type was (33.3 ± 9.3)% and (34.9 ± 12.1)%, which was significantly reduced than that of the deep retracted type [(65.2 ± 8.7)%] ( $P < 0.05$ ), and the black protrusion type [(34.9 ± 12.1)%] had no significant change compared with flat type ( $P > 0.05$ ). **Conclusion:** The distal airway of patients with BAF has abnormal ultrasound imaging characteristics, and there are differences in the airway mucosal structure and bony imaging of different subtypes of BAF. Therefore, we speculate that bronchial ultrasound imaging and airway wall structure analysis may become important reference indicators for the diagnosis of different subtypes of BAF, and also provide clinical clues for understanding the characteristics of the distal airway.

**[Key words]** bronchial anthracofibrosis; bronchial ultrasound imaging

支气管炭末样色素纤维化 (bronchial anthracofibrosis, BAF) 是由于反复暴露于空气污染或吸入烟气或煤尘颗粒而引起炭蓄积于肺部的疾病状态<sup>[1]</sup>。BAF 确诊需要进行支气管镜检查, 普通人群中 BAF 患病率只能粗略估计, 出于伦理考虑, 对普通人群行气管镜检查缺乏可行性。大量因其他原因接受支气管镜检查的患者所得到的数据显示, 单纯性 BAF 的发病率为 3.4%~21%<sup>[2]</sup>。由于 BAF 除气管镜外的辅助检查缺少较高的特异性, 很难通过肺功能、CT 等常规检查与肺结核、慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、恶性肿瘤等相鉴别<sup>[3]</sup>。因此, 充分了解 BAF 的临床特点可能有利于流行病学资料的获取。随着超声支气管镜检查的不断发展, 其已广泛应用于临床疾病的诊断<sup>[4]</sup>, 目前尚未在 BAF 患者中广泛研究支气管内超声影像学特点。1 项研究报告了典型 BAF 的照片, 显示支气管上皮区域或邻近支气管黏膜的淋巴结散在结节性低回声型, 但缺少更加深入的研究<sup>[5]</sup>。本研究拟通过观察和分析 BAF 患者支气管超声影像学, 为该疾病防治提供有效的临床线索。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

对 2018 年 4 月至 2019 年 10 月于遵义市红花岗区人民呼吸与危重症医学科行气管镜检查及治疗的 1 243 例患者, 随机选取 BAF 患者 113 例作为研究对象。BAF 的诊断参考文献<sup>[6]</sup>标准, 即将电子气管镜下检查提示典型的炭末样色素纤维化表现。收集所有研究对象的病史资料, 包括年龄 (岁)、性别、结核病史、生物燃料暴露情况、暴露时间 (年)、吸烟、体质指数 (body mass index, BMI) 等。

### 1.2 常规支气管镜检查

常规支气管镜检查发现炭末样色素纤维化是诊断 BAF 的金标准<sup>[6]</sup>, 本研究统一使用富士电子气管镜 (型号: EB-530T) 对患者进行检查 (尽可能检查段以上支气管及气管) 并采图。根据文献所述<sup>[7]</sup>将 BAF 患者镜下分为扁平型、深部缩回型 (起源于支气管旁的炭疽淋巴结) 及黏膜突起型 (有或没有狭窄)。除黑色病变外, 统计镜下病变情况 (如支气管肿胀、支气管闭塞等) 及病变部位。

### 1.3 超声支气管镜检查

超声支气管 (endobronchial ultrasound, EBUS) 材料和设备购自富士 (型号: PB2020-M)。将超声小探头 (外径 1.9 mm, 频率 20 MHz) 插入 2.8 mm 钳道内, 并通过视频内镜 (SP-900) 的工作通道获取超声图像。使用环扫 B 超模式在计算机上记录 EBUS 结果。

使用 Image J (1.48c 版, NIH, 美国) 单盲分析获取 BAF 支气管超声图像, 分析测量的参数包括: 支气管直径 (D, 计算为在每个气道中测量的 2 个垂直直径的平均值)、内周 (Pi)、最大管壁及黏膜下层厚度。对于所有气道, 均测量直径、内周、内腔面积 (LA)、黏膜下层及骨性组织面积的平均值。

### 1.4 统计学处理

采用 SPSS 软件 (23.0 版本; SPSS Inc., 美国) 进行分析。连续性变量以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 分类变量使用  $n(\%)$  表示。多组连续性变量采用方差分析进行统计分析, 两两比较采用 LSD- $t$  法。检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 一般资料

本研究共纳入 113 例 BAF 患者, 平均年龄 (66.2 ± 9.3) 岁; 其中男性占 46.9%; BMI 为 (21.6 ± 3.7) kg/m<sup>2</sup>; 吸烟患者 42 例 (37.2%)。结核病史情况, 本地区为结核高发区, 有结核病史的患者 13 例 (11.5%); 生物燃料暴露患者 57 例 (50.4%), 平均暴露时间 (17.4 ± 6.2) 年。

### 2.2 支气管镜检查结果

支气管镜检查结果发现,扁平型 BAF(图 1A)管腔通畅形态正常,黏膜无明显充血水肿及增厚,支气管脊锐利;深部缩回型 BAF(图 1B)见纤维组织增生明显及管腔轻度扭曲变形,受累支气管狭窄(常成外压型狭窄),黏膜轻度充血,支气管脊锐利,活检组织困难;黑色突起型 BAF(图 1C)管腔严重扭曲变形,管腔明显狭窄常伴有支气管闭塞,黏膜明显充血水肿及肥厚,支气管脊增宽及变形,偶可见黏膜溃疡形成或坏事物附着,气管镜触之易出血,活检后出血明显(4 例患者刷检时出现出血),止血较为困难,后续处理后均能得到控制。113 例 BAF 受试者中扁平型 31 例(27.4%)、深部缩回型 38 例(33.6%)、黑色突起型 44 例(38.9%)。

### 2.3 EBUS 检查结果

利用超声小探头探测正常气道和不同类型 BAF 超声影像,其表现如下:健康对照组(图 2A)周围肺组织充气声像均匀;扁平型 BAF(图 2B)肺组织充气声像均匀;深部缩回型 BAF(图 2C)肺组织信号杂乱,可见散在钙化声象;黑色突起

型 BAF(图 2D)肺组织呈软组织声象。

利用 Image J 18.0 将 BAF 气道放大与经支气管肺活检(transbronchial lung biopsy, TBLB)有以下表现:图 3A 为 BAF 气道放大图,图 3B 是将放大图进行图像逆转显影,图 3C 为气道黏膜活检病理组织;黏膜层如图 3B、C 黄箭头所示;黏膜下组织(包括基质层及平滑肌层)如红箭头所示;软骨组织如粉红箭头所示,超声图像伴有声影。

各组支气管超声检查支气管壁放大影像有以下表现:正常组气道壁呈规则环形分布,软骨环偶有显影,黏膜层均匀,黏膜下组织密度一致;扁平型 BAF 组黏膜层面积较正常组减少,黏膜下组织不均匀增厚;深部缩回型 BAF 组黏膜层面积较正常组减少,软骨层明显增厚,管壁有不规则钙化;黑色突起型 BAF 组黏膜层面积减少,黏膜下组织不均匀增厚,软骨组织排列紊乱(图 4)。

利用 Image J 18.0 将 BAF 各亚组气道放大后测量管壁各项指标,扁平型 BAF 组管壁最大厚度为(12.5 ± 5.0) mm,而深部缩回型和黑色突起型管壁最大厚度分别为(17.3 ±

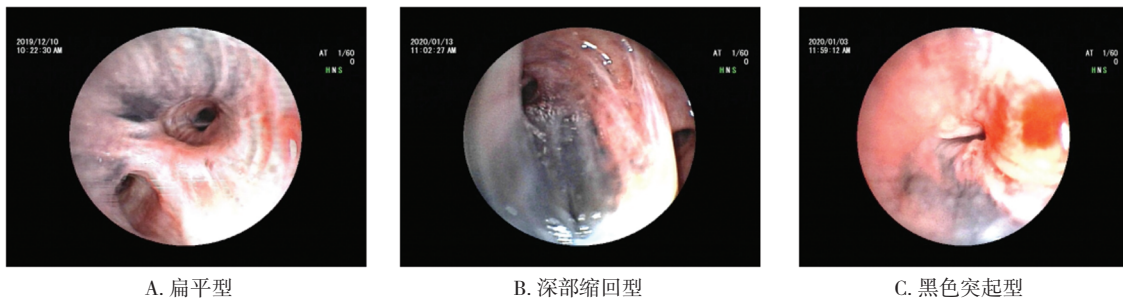


图 1 各种类型的 BAF 患者镜下特点

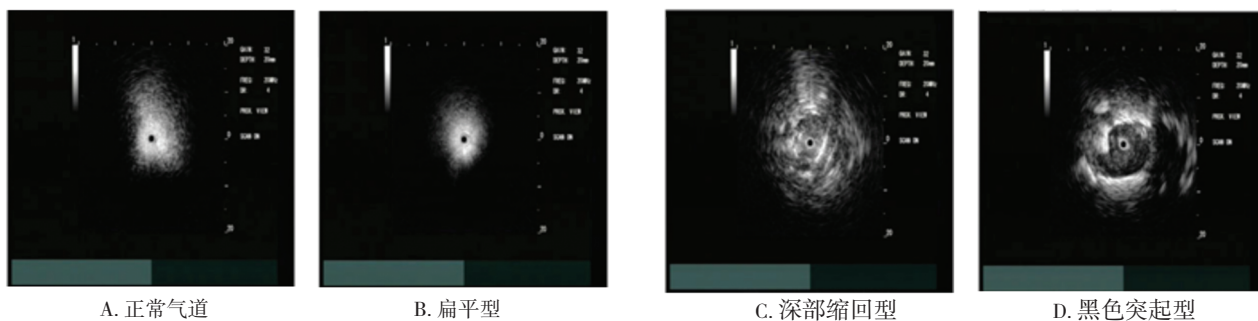


图 2 各种类型的 BAF 患者肺组织超声表现

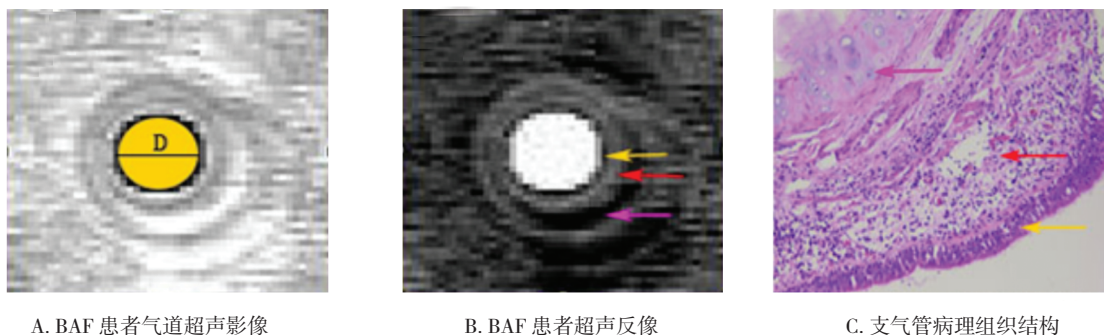


图 3 BAF 支气管超声影像与病理组织示意图



5.7) mm 和 (19.3 ± 5.4) mm, 差异具有统计学意义 ( $F=14.946, P=0.000$ ), 两两比较深部缩回型和黑色突起型管壁较扁平组明显增加 ( $P<0.05$ ), 而深部缩回型和黑色突起型管壁最大厚度差异无统计学意义 ( $P=0.090$ ); 扁平型 BAF 组黏膜下层最大厚度为 (6.6 ± 3.5) mm, 而深部缩回型和黑色突起型管壁最大厚度分别为 (9.8 ± 3.0) mm 和 (14.5 ± 5.0) mm, 差异具有统计学意义 ( $F=36.819, P=0.000$ ), 两两比较 3 组间差异均有统计学意义 ( $P<0.05$ )。扁平型 BAF 组骨性组织面积比为 (33.3 ± 9.3)%, 而深部缩回型骨性组织面积比为 (65.2 ± 8.7)%,

黑色突起型为 (34.9 ± 12.1)%, 3 组比较差异具有统计学意义 ( $F=113.473, P=0.000$ ), 两两比较中深部缩回型黏膜下层面积比较扁平型与黑色突起型明显增加 ( $P<0.05$ ), 黑色突起型较扁平型无明显变化 ( $P=0.508$ )。扁平型 BAF 组黏膜下层面积比为 (64.8 ± 9.1)%, 而深部缩回型黏膜下层面积比为 (30.4 ± 8.8)%, 黑色突起型为 (58.6 ± 11.7)%, 3 组比较差异具有统计学意义 ( $F=120.031, P=0.000$ ), 两两比较 3 组之间差异均有统计学意义 ( $P<0.05$ ) (表 1, 图 5)。

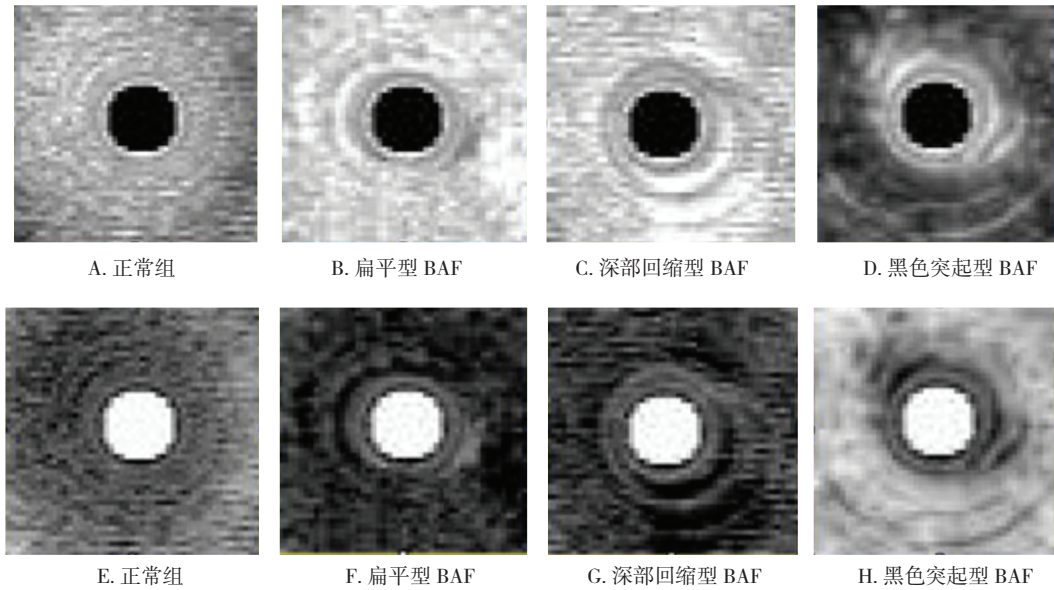
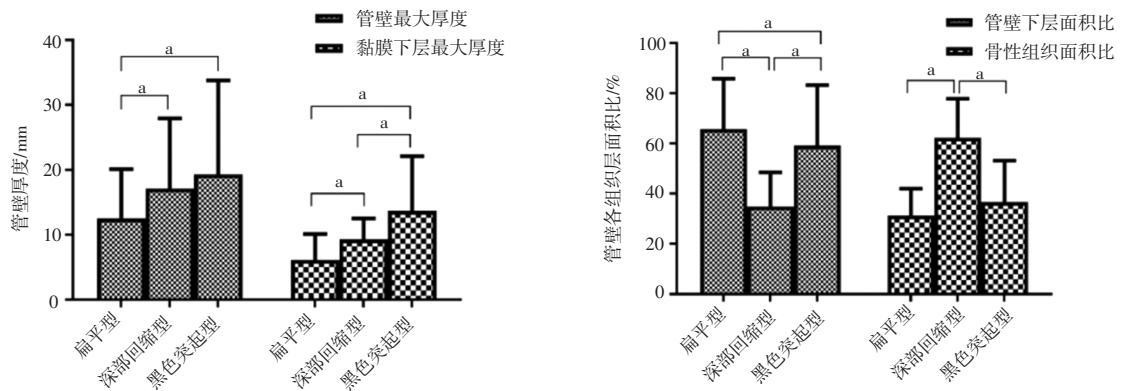


图 4 正常支气管超声影像与病理组织对比图

表 1 BAF 各亚组 EBUS 图像测量值的比较 (n, %;  $\bar{x} \pm s$ )

指标	扁平型	深部缩回型	黑色突起型	F 值	P 值
管壁最大厚度/mm	12.5 ± 5.0	17.3 ± 5.7	19.3 ± 5.4	14.946	0.000
黏膜下层最大厚度/mm	6.6 ± 3.5	9.8 ± 3.0	14.5 ± 5.0	36.819	0.000
黏膜下层面积比/%	64.8 ± 9.1	30.4 ± 8.8	58.6 ± 11.7	120.031	0.000
骨性组织面积比/%	33.3 ± 9.3	65.2 ± 8.7	34.9 ± 12.1	113.473	0.000

注:a, 两两比较,  $P<0.05$



注:a, 两两比较,  $P<0.05$

图 5 BAF 各亚组气道放大后管壁各项测量指标对比

### 3 讨论

BAF最初被描述为支气管黏膜颜色变黑(单纯炭疽病)或散在的黑点病灶,由于邻近淋巴结病变的作用,其黏膜向内收缩导致支气管结构变化的疾病。由于BAF发病在西方国家较低,因此未引起足够重视。据文献报道,该病的第二次发病高峰在亚洲,因此被认为是亚洲的一种常见疾病。Chung MP等<sup>[8]</sup>将BAF看作为一种独特的临床综合征,严重时扭曲和支气管腔变窄,因此,临床医师将这种支气管的结构变化命名为炭末样狭窄<sup>[9]</sup>或炭末样支气管炎<sup>[10]</sup>。在大多数情况下,BAF会伴有严重的黏膜下水肿,支气管狭窄,黏膜褶皱突起和肺塌陷<sup>[9]</sup>。由于缺乏确凿的流行病学资料,加之该疾病的诊断需要支气管镜检查作为“金标准”,因此BAF在人群中的发病率难以估计。在西方国家,BAF的发生率较低,Wynn GJ等<sup>[11]</sup>报告了7 000例支气管镜检查中的7例BAF病例;来自其他大洲如北美或非洲的报道也很少<sup>[12]</sup>。大量因其他原因接受支气管镜检查的患者所得到的数据显示,BAF的发生率为3.4%~21%<sup>[2]</sup>。近来有国内学者关注BAF的临床表现,但缺少深入的研究<sup>[13]</sup>。本研究通过对住院期间行气管镜检查的患者进行回顾性统计发现,BAF占本院气管镜检查总数的10%,由此推测该疾病在人群(特别是老年人)中有较高发病率,加强对BAF防治研究具有较大的临床实用价值。

支气管超声技术(endobronchial ultrasound, EBUS)自20世纪末发明以来,已广泛应用于呼吸道疾病的诊断及治疗,目前应用于临床的EBUS技术主要有径向和纵向<sup>[14]</sup>超声2类。径向EBUS(R-EBUS)最早于1990年应用于临床,主要用于周围肺部病变,尤其是在支气管镜和荧光镜下看不见的孤立性肺结节进行活检引导<sup>[15]</sup>;另外,R-EBUS还可应用于发现早期癌症<sup>[16]</sup>及局部支气管扩张和压迫情况<sup>[17]</sup>,评估肿瘤浸润气道壁和淋巴结分期情况。然而,2004年发明的纵向EBUS(L-EBUS)主要进行超声引导的经支气管穿刺活检(endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration, EBUS-TBNA)<sup>[18]</sup>。由此可知,EBUS的发明和应用主要集中在淋巴结、支气管壁及外周肺部病变的发现和活检。近年来随着临床研究的深入,EBUS也被应用于其

他呼吸道疾病如支气管哮喘病情的评估,并且显现出比计算机断层扫描术(computer tomography, CT)、磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)及正电子发射体层成像(positron emission tomography, PET)更好的优越性<sup>[19]</sup>。本研究使用R-EBUS技术检测BAF患者发现,不同类型的BAF肺组织声像存在差异,由此推测BAF患者不仅是近端气道受累,可能还存在远端支气管以及肺组织病变情况,尚需进一步研究证实。同时,通过R-EBUS技术检测远端支气管壁超声影像发现BAF患者支气管壁存在异常回声,与既往的研究相符<sup>[5]</sup>。因此,深入研究不同类型BAF支气管壁超声影像特点与相应临床症状相关性可能为该疾病的发病机制提供临床线索。

支气管镜检查是确诊BAF的金指标。根据文献报道可将BAF分为扁平型、深部缩回型(起源于支气管旁的炭疽淋巴结)、突起型(有或没有支气管变窄)。此外,支气管除黑色病变外,支气管肿胀常伴有浸润、红斑和增厚,可能导致支气管闭塞<sup>[7]</sup>。本研究支气管镜检查结果发现,扁平型BAF管腔通畅形态正常,黏膜无明显充血水肿及增厚,支气管脊锐利;深部缩回型BAF见纤维组织增生明显及管腔轻度扭曲变形,受累支气管狭窄(常成外压型狭窄),黏膜轻度充血,支气管脊锐利,活检组织困难;黑色突起型BAF管腔严重扭曲变形,管腔明显狭窄常伴有支气管闭塞,黏膜明显充血水肿及肥厚,支气管脊增宽及变形,偶可见黏膜溃疡形成或坏事物附着,气管镜触之易出血,活检后出血明显(有4例患者刷检时出现出血),止血较为困难,后续处理后均能得到控制。113例BAF受试者中,扁平型31例(27.4%)、深部缩回型38例(33.6%)、黑色突起型44例(38.9%)。以上支气管镜下特点与既往研究一致<sup>[1]</sup>,从镜下特点推测气道纤维化并非BAF唯一的病理学特点,可能血管新生参与了气道重构的发生,从而导致气道壁易出血。因此,进一步研究BAF气道壁结构特点具有重要的临床价值。

以上表现只是气管镜下的宏观特点,至今仍缺少对气道壁结构的深入研究,Mirsadraee M和Farshchi H<sup>[5]</sup>利用超声支气管镜检查发现BAF患者支气管上皮区域或邻近支气管黏膜的淋巴结散在结节性低回声型,但由于当时医疗设备的限制仅仅初步了解大气道的结构特点。近年来支气管超声小探头的临床应用为探测远端小气道提供了条

件<sup>[20]</sup>,为了解BAF小气道结构特点,本研究对BAF患者进行支气管超声检查,结果发现气道周围存在严重钙化及黏膜重构现象。利用Image J 18.0将BAF各亚组气道放大后测量管壁各项指标发现,深部缩回型和黑色突起型管壁最大厚度较扁平组明显增加,差异具有统计学意义;深部缩回型和黑色突起型黏膜下层最大厚度较扁平组明显增加;扁平型BAF组骨性组织面积比为 $(33.3 \pm 9.3)\%$ ,而深部缩回型黏膜下层面积比为 $(30.4 \pm 8.8)\%$ ,较扁平型明显减少,黑色突起型为 $(58.6 \pm 11.7)\%$ ,较扁平型无明显变化。由此推测各种亚型的BAF可能存在不同的气道重构特征,但由于样本量太小不具有说服力,因此加大对不同类型BAF的超声影像采集分析和病理学检查可能为该疾病提供确凿的气道结构变化。

综上所述,BAF在本地区具有较高的发病率,不同类型BAF电子支气管镜下特点不一致,进一步行超声支气管镜检查发现气道壁声像存在差异。由此推测,不同亚型BAF气道重构的差异可能会导致临床症状不同,充分了解BAF气道重构特点及调节通路可能会为该疾病的治疗提供新线索。

## 参 考 文 献

- [1] Jamaati H, Sharifi A, Mirenayat MS, et al. What do we know about anthracofibrosis? A literature review[J]. Tanaffos, 2017, 16(3): 175-189.
- [2] Sigari N, Mohammadi S. Anthracosis and anthracofibrosis[J]. Saudi Med J, 2009, 30(8): 1063-1066.
- [3] Kim HY, Im JG, Goo JM, et al. Bronchial anthracofibrosis (inflammatory bronchial stenosis with anthracotic pigmentation): CT findings [J]. AJR Am J Roentgenol, 2000, 174(2): 523-527.
- [4] Korevaar DA, Crombag LM, Cohen JF, et al. Added value of combined endobronchial and oesophageal endosonography for mediastinal nodal staging in lung cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. Lancet Respir Med, 2016, 4(12): 960-968.
- [5] Mirsadraee M, Farshchi H. Endobronchial ultrasound in anthracosis [J]. J Bronchology Interv Pulmonol, 2010, 17(2): 188-189.
- [6] Kim YJ, Jung CY, Shin HW, et al. Biomass smoke induced bronchial anthracofibrosis: presenting features and clinical course[J]. Respir Med, 2009, 103(5): 757-765.
- [7] Amoli K. Anthracotic airways disease: report of 102 cases[J]. Tanaffos, 2009, 8(1): 14-22.
- [8] Chung MP, Lee KS, Han J, et al. Bronchial stenosis due to anthracofibrosis[J]. Chest, 1998, 113(2): 344-350.
- [9] Mireles-Cabodevila E, Karnak D, Shah SS, et al. Anthracostenosis [J]. J Bronchol, 2006, 13(3): 153-155.
- [10] Gómez-Seco J, Pérez-Boal I, Guerrero-González J, et al. Anthracofibrosis or anthracostenosis[J]. Arch De Bronconeumologia, 2012, 48(4): 133-136.
- [11] Wynn GJ, Turkington PM, O'Driscoll BR. Anthracofibrosis, bronchial stenosis with overlying anthracotic mucosa: possibly a new occupational lung disorder: a series of seven cases From one UK hospital[J]. Chest, 2008, 134(5): 1069-1073.
- [12] Hwang J, Puttagunta L, Green F, et al. Bronchial anthracofibrosis and tuberculosis in immigrants to Canada from the Indian subcontinent [J]. Int J Tuberc Lung Dis, 2010, 14(2): 231-237.
- [13] 安宇林, 郭军, 张明强, 等. 炭末沉着症与支气管色素沉着纤维化临床特征的研究[J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2019, 18(6): 554-559.
- [14] An YL, Guo J, Zhang MQ, et al. Clinical features of anthracosis and bronchial anthracofibrosis[J]. Chin J Respir Crit Care Med, 2019, 18(6): 554-559.
- [15] Dietrich CF. Endoscopic ultrasound, an introductory manual and atlas[M]. 2nd edition. Thieme Verlag, 2011.
- [16] Herth FJ, Eberhardt R, Becker HD, et al. Endobronchial ultrasound-guided transbronchial lung biopsy in fluoroscopically invisible solitary pulmonary nodules: a prospective trial[J]. Chest, 2006, 129(1): 147-150.
- [17] Herth FJ. Playing with the wavelengths: endoscopic early lung cancer detection[J]. Lung Cancer, 2010, 69(2): 131-132.
- [18] Herth F, Ernst A, Schulz M, et al. Endobronchial ultrasound reliably differentiates between airway infiltration and compression by tumor [J]. Chest, 2003, 123(2): 458-462.
- [19] Dietrich CF. Endobronchialer ultraschall (EBUS)[M]//Dietrich CF, Nurnberg D, editors. Interventionelle Sonographie. Thieme Verlag, 2011: 387-399.
- [20] Trivedi A, Hall C, Hoffman EA, et al. Using imaging as a biomarker for asthma[J]. J Allergy Clin Immunol, 2017, 139(1): 1-10.
- [21] Gorska K, Korczynski P, Mierzejewski M, et al. Comparison of endobronchial ultrasound and high resolution computed tomography as tools for airway wall imaging in asthma and chronic obstructive pulmonary disease[J]. Respir Med, 2016, 117: 131-138.

(责任编辑:冉明会)