

- [5] Panda A, Bhalla AS, Goyal A. Bronchial artery embolization in hemoptysis: a systematic review[J]. Diagn Interv Radiol, 2017, 23: 307-317.
- [6] Abid N, Loukil M, Mokni A, et al. Outcomes of bronchial artery embolization for the management of hemoptysis[J]. Tunis Med, 2021, 99: 264-268.
- [7] Pizarro C, Meyer C, Schmidt J, et al. Haemoptysis[J]. Pneumologie, 2023, 77: 173-183.
- [8] 项松鹤, 王美璐, 匡慧慧, 等. 热带地区血液病患者肺部感染病原菌分析[J]. 解放军医学院学报, 2018, 39: 655-658.
- [9] Carreaux G, Contou D, Voiriot G, et al. Severe hemoptysis associated with bacterial pulmonary infection: clinical features, significance of parenchymal necrosis, and outcome[J]. Lung, 2018, 196: 33-42.
- [10] 刘未邦, 邓 妍, 魏志喜, 等. 老年慢性阻塞性肺疾病合并肺部感染患者病原菌分布及其血清炎症因子的变化[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43: 3391-3393.
- [11] El-Baba F, Gao Y, Soubani AO. Pulmonary aspergillosis: what the generalist needs to know[J]. Am J Med, 2020, 133: 668-674.
- [12] 梁筠仪, 王皓翔, 张奕昭, 等. 老年慢性阻塞性肺疾病患者血清炎症因子水平及与肺部感染的相关性[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43: 1830-1833.
- [13] Diel R, Ewig S, Blaas S, et al. Incidence of patients with non-cystic fibrosis bronchiectasis in Germany: a healthcare insurance claims data analysis[J]. Respir Med, 2019, 151: 121-127.
- [14] 支气管扩张症专家共识撰写协作组, 中华医学会呼吸病学分会感染学组. 中国成人支气管扩张症诊断与治疗专家共识[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2021, 44: 311-321.
- [15] Giang NT, Dung LT, Hien NT, et al. Hemoptysis from complex pulmonary aspergilloma treated by cavernostomy and thoracoplasty[J]. BMC Surg, 2019, 19: 187.
- [16] Boccia D, Bond V. The catastrophic cost of tuberculosis: advancing research and solutions[J]. Int J Tuberc Lung Dis, 2019, 23: 1129-1130.
- [17] Allwood BW, Byrne A, Meghji J, et al. Post-tuberculosis lung disease: clinical review of an under-recognised global challenge[J]. Respiration, 2021, 100: 751-763.
- [18] Meghji J, Lesosky M, Joeke E, et al. Patient outcomes associated with post-tuberculosis lung damage in Malawi: a prospective cohort study[J]. Thorax, 2020, 75: 269-278.
- [19] 翟 婷, 王 盼, 王 源, 等. 基于“邪伏肺络”理论论治支气管扩张症[J]. 北京中医药大学学报, 2023, 46: 853-858.
- [20] Walker CM, Rosado-de-Christenson ML, Martinez-Jimenez S, et al. Bronchial arteries: anatomy, function, hypertrophy, and anomalies[J]. Radiographics, 2015, 35: 32-49.
- [21] Liu Y, Cheng Y. Combined development of traditional Chinese medicine and interventional medicine[J]. J Interv Med, 2021, 4: 136-138.
- [22] Almeida J, Leal C, Figueiredo L. Evaluation of the bronchial arteries: normal findings, hypertrophy and embolization in patients with hemoptysis[J]. Insights Imaging, 2020, 11: 70.
- [23] Yan HT, Lu GD, Liu J, et al. Does the presence of systemic artery-pulmonary circulation shunt during bronchial arterial embolization increase the recurrence of noncancer-related hemoptysis? A retrospective cohort study[J]. Respir Res, 2023, 24: 119.
- [24] Zheng Z, Zhuang Z, Yang M, et al. Bronchial artery embolization for hemoptysis: a systematic review and meta-analysis[J]. J Interv Med, 2021, 4: 172-180.
- [25] 张文浩, 叶丽芳, 任医民, 等. 选择性动脉栓塞术治疗咯血效果及复发相关因素分析[J]. 介入放射学杂志, 2020, 29: 35-38.
- [26] 严海涛, 施海彬, 张金星, 等. 非肿瘤性咯血二次支气管动脉栓塞治疗效果及预后因素分析[J]. 介入放射学杂志, 2022, 31: 446-450.

(收稿日期: 2023-05-10)

(本文编辑: 茹 实)

·临床研究 Clinical research·

支气管胸膜瘘介入治疗的有效性和安全性分析

李艳春, 李晓冰, 丁小龙, 殷美攀, 马耀臻, 李春霞, 韩新巍, 吴 刚

【摘要】 目的 探讨介入技术治疗支气管胸膜瘘(BPF)的有效性和安全性。方法 对 172 例确诊 BPF 患者进行持续负压引流(CNPD)或气道内支架封堵联合 CNPD 治疗, 收集患者临床资料, 统计分析其有效性、安全性。结果 介入治疗 5~7 d 后患者肺炎严重程度指数(PSI)评分显著下降, 166 例(96.5%)患者

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2024.06.011

基金项目: 国家自然科学基金(81871466)

作者单位: 450052 河南洛阳 解放军联勤保障部队第九八九医院呼吸与危重症医学科(李艳春); 郑州大学第一附属医院放射介入科(李晓冰、丁小龙、殷美攀、马耀臻、李春霞、韩新巍、吴 刚)

通信作者: 吴 刚 E-mail: wuganghenan2004@zzu.edu.cn

引流成功。介入治疗后 1 个月,患者肺容积显著增加。介入治疗中位临床愈合时间为 9 个月(95%CI=6.18~11.83)。Cox 比例风险模型多变量分析显示,诊断时间($HR=0.53$, 95%CI=0.38~0.74, $P<0.01$)和瘘口大小($HR=0.74$, 95%CI=0.55~0.99, $P=0.04$)与临床愈合显著相关。**结论** CNPD 或气道内支架封堵联合 CNPD 治疗 BPF 具有操作精准、微创、安全、有效等优点,可快速改善患者症状,提高生活质量,延长生存期,值得临床推广应用。

【关键词】 肺癌; 肺叶切除术; 支气管胸膜瘘; 支架; 引流; 介入放射学

中图分类号:R734.2 文献标志码:B 文章编号:1008-794X(2024)-06-0641-05

Interventional treatment of bronchopleural fistula: analysis of its efficacy and safety LI Yanchun, LI Xiaobing, DING Xiaolong, YIN Meipan, MA Yaozhen, LI Chunxia, HAN Xinwei, WU Gang. Department of Interventional Radiology, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan Province 450052, China

Corresponding author: WU Gang, E-mail: wuganghenan2004@zzu.edu.cn

【Abstract】 **Objective** To investigate the efficacy and safety of interventional therapy for bronchopleural fistula(BPF). **Methods** A total of 172 patients with confirmed BPF were treated with continuous negative pressure drainage (CNPD) and/or airway stent occlusion therapy. The clinical data were collected, and its effectiveness and safety were analyzed. **Results** In 5-7 days after interventional treatment, the pneumonia severity index (PSI) decreased significantly, and successful drainage was achieved in 166 patients (96.5%). One month after interventional therapy, the lung volume was remarkably increased. The median clinical healing time of interventional therapy was 9.0 months(95%CI=6.18~11.83). Multivariate analysis of the Cox proportional hazards model showed that the diagnosis time($HR=0.53$, 95%CI=0.38~0.74, $P<0.01$) and fistula size($HR=0.74$, 95%CI=0.55~0.99, $P=0.04$) were significantly correlated with the clinical healing time. **Conclusion** For the treatment of BPF, CNPD and/or airway stent occlusion has several advantages such as accurate operation, minimally invasive, safe and effective. It can quickly improve the symptoms and quality of life, and prolong survival, therefore, it is worthy of clinical promotion and application. (J Intervent Radiol, 2024, 33: 641-645)

【Key words】 lung cancer; lobectomy; bronchopleural fistula; stent; drainage; interventional radiology

支气管胸膜瘘(bronchopleural fistula, BPF)是由各级支气管与胸膜腔间异常交通形成的瘘道,严重影响患者生活质量,死亡率高达 15%~71.2%^[1-2]。本研究分析 172 例接受介入技术治疗的 BPF 患者临床资料,探究 BPF 介入治疗的有效性和安全性。

1 材料与方法

1.1 研究对象

回顾性分析 2011 年 1 月至 2021 年 12 月在郑州大学第一附属医院接受介入技术治疗的 172 例 BPF 患者临床资料。男性 147 例、女性 25 例,中位年龄为 60 岁(18~78 岁),确诊 BPF 中位时间为 40 d (5 d~10 年),患者基线特征见表 1。纳入标准:①根据患者临床症状、胸部 CT、支气管镜等确诊 BPF;②接受持续负压引流(continuous negative pressure drainage, CNPD)或气道内支架封堵联合 CNPD 治疗。排除标准:①接受手术治疗;②经支气管镜下治疗。本研究已获医院伦理委员会审批(2015-07)。

1.2 介入治疗方法

治疗方案选择原则:中央型瘘且瘘口>3 mm

表 1 172 例 BPF 患者基线特征[n(%)]

参数	数值	参数	数值
男性	147(85.5)	手术方式	
病因		右肺切除术	38(22.1)
肺恶性肿瘤	111(64.5)	左肺切除术	33(19.2)
肺良性肿瘤	2(1.1)	右上肺切除术	16(9.3)
肺结核	13(7.6)	左上肺切除术	15(8.7)
肺部感染	21(12.2)	右中叶切除术	18(10.4)
肺大疱	8(4.7)	右下叶切除术	34(19.8)
支气管扩张	7(4.1)	左下叶切除术	13(7.6)
创伤性肺损伤	7(4.1)	未手术	5(2.9)
咯血	3(1.7)	PSI 危险分级	
BPF 分期*		Ⅱ级	15(8.7)
早期	8(4.7)	Ⅲ级	21(12.2)
延迟期	64(37.2)	Ⅳ级	103(59.9)
晚期	100(58.1)	Ⅴ级	33(19.2)
BPF 分型		介入治疗方式	
中央型	95(55.2)	支架联合 CNPD	95(55.2)
周围型	77(44.8)	单纯 CNPD	77(44.8)

* 根据患者手术或发病至确诊 BPF 时间定义

予以支架联合 CNPD 治疗(支架联合 CNPD 组),周围型瘘予以单纯 CNPD 治疗(单纯 CNPD 组)。

气道内支架定制和置入:根据胸部 CT、支气管镜和气道造影测量数据,个体化定制 BPF 封堵内支

架(南京微创医学科技公司,支架主体、分支和子弹头部分的直径通常比相应气道直径大 10%~20%,支架类型由支气管残端位置和长度确定),气道支架置入操作流程参照既往文献报道^[3-5]。患者仰卧位,置入开口器,透视下引入 0.035 英寸导丝与 5 F 椎动脉导管,两者配合下进入气道内,经导管推注对比剂行气道造影,确定瘘口位置及大小,交换引入加硬导丝,经导丝引入气道内支架输送套装并释放支架。瘘口封堵完全、漏气停止定义为支架置入成功。

介入胸腔引流管置入或置换:依据患者 CT 液气胸位置、肺不张情况、原外科闭式引流管有无及位置,选择引流管置入方式[DynaCT 导引下穿刺胸腔引流管置入和(或)交换置入介入引流管]。DynaCT 导引下经皮穿刺胸腔引流管置入适用于无外科闭式引流管或外科闭式引流管穿刺位置过低患者——仰卧位或侧卧位,Artis Zeego 系统 DynaCT (德国 Siemens 公司)扫描确定穿刺点(通常选择患侧前胸壁或侧胸壁,尽可能靠近残腔上方)和路径。常规消毒铺巾,局部麻醉后使用 18 G 穿刺针穿刺,抽吸出积液或气体,复查 DynaCT 确认穿刺点和路径无误后引入导丝,置入 8.5 F/10.2 F 引流导管(美国 Cook 公司),透视下调整引流管头端位于残腔下极。若外科闭式引流管穿刺点位置合适,或患者临床状态极差,无法配合 DynaCT 穿刺操作,则透视下经外科闭式引流管引入导丝至残腔内,交换介入引流管(10.2 F/12 F),调整介入引流管头端位置,撤出导丝,外固定引流管。

介入治疗后患者住院期间介入引流管外接中心负压,维持负压在 150~300 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)。每天记录引流液性质和引流量。给予祛痰及敏感抗生素治疗。出院后引流管外接便携式负压吸引器继续负压引流。当患者瘘口愈合、支架受损或肉芽增生致气道狭窄时取出内支架,引流管未引出引流液、残腔闭合则开始每天拔出引流管 2 cm,至引流管侧孔外露于皮外后完全拔出。

1.3 随访评估

CNPD 治疗后 5~7 d,复查实验室指标及胸部 CT,评估患者状态、残腔变化、引流管位置(必要时透视下调整);出院后通过门诊或电话进行随访,每月可行胸部 CT、残腔造影、支气管镜检查。通过综合临床指标建立 BPF 患者肺炎严重度指数(pneumonia severity index, PSI)评分,评估患者临床状态^[6]。采集患者术前及术后胸部 CT 图像,利用 GE ADW4.7 后处理软件对含气肺组织行立体塑形

成像,计算出并比较含气肺组织三维肺容积^[7],评估液气胸疗效。

引流成功定义:患者呼吸困难、胸闷、发热等症状缓解或消失,残腔稳定或缩小,引流管位置良好且通畅。临床治愈定义:患者引流管持续 1 周以上未引出引流液,胸部 CT 和造影显示残腔闭合且 6 个月未复发。

1.4 统计学分析

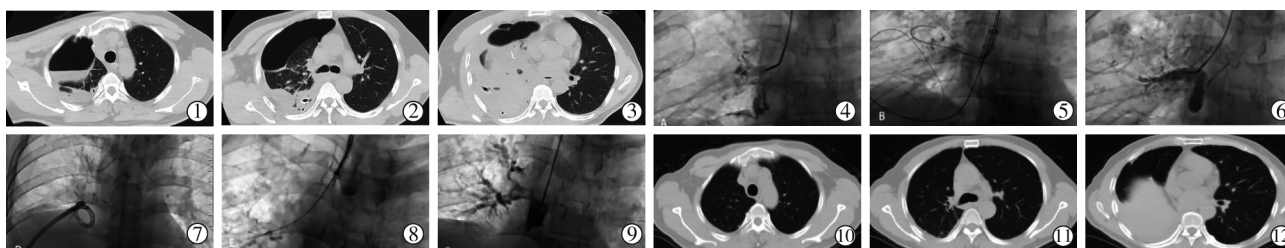
采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析,正态分布的连续数据比较采用 *t* 检验, Kaplan-Meier 法评估临床愈合时间。将单变量分析中 $P<0.1$ 变量纳入 Cox 比例风险模型进行多变量分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

支架联合 CNPD 组 97.9%(93/95) 患者首次支架置入获得成功,共置入小 Y 型支架 11 枚,分支型支架 1 枚, Y 型子弹头支架 62 枚, Y 型覆膜支架 6 枚, L 型子弹头支架 11 枚, L 型覆膜支架 2 枚。首次穿刺置入 8.5 F 引流管 58 根, 10.2 F 引流管 24 根, 交换置入 12 F 引流管 13 根, 拔除闭式引流管 27 根。单纯 CNPD 组穿刺置入 8.5 F 引流导管 51 根, 10.2 F 引流管 8 根, 交换置入 12 F 引流管 18 根, 拔除闭式引流管 16 根。

两组患者介入治疗效果评估显示, PSI 评分由治疗前 109.2 ± 25.92 显著下降至治疗 5~7 d 后 82.63 ± 20.68 , 差异有显著统计学意义 ($F=2.046, P<0.01$); 引流成功 166 例(96.5%), 未达到引流成功 6 例(3.5%) (1 例术后大咯血死亡, 2 例 L 型覆膜支架置入术后因严重咳嗽支架移位, 3 例因严重肺部感染最终呼吸衰竭死亡)。介入治疗 1 个月复查 CT, 三维成像肺容积测量显示, 患者肺容积由治疗前 $(1\,551\pm455)\text{ cm}^3$ 增加至治疗后 $(1\,867\pm519)\text{ cm}^3$, 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。90 例接受支架治疗患者中 15 例置入支架期间死亡(死于肺部感染、呼吸衰竭 9 例, 心脑血管意外 3 例, 大咯血 1 例, 消化道出血 1 例, 肺栓塞 1 例), 3 例失访。72 例患者瘘口治愈, 取出了支架, 取出支架中位时间为 4.5 个月(1~8 个月)。1 例 BPF 患者介入治疗过程影像见图 1。

剔除死亡相关数据干扰, 以临床治愈为终点事件, 得出患者不愈合周期。保留 88 例数据, 出现 67 个终点事件。介入治疗中位临床愈合时间为 9 个月(95%CI=6.18~11.83), 见图 2。Cox 比例风险模型多变量分析显示, 诊断时间($HR=0.53, 95\%CI=0.38\sim$



患者男,47岁,肺腺癌行右下肺切除术后2周,出现咳嗽、3级漏气;①②③CT可见右侧液气胸,肺上叶受压明显;④气道造影示右下肺残端瘘;⑤遂引入导丝2根,经导丝置入Y型子弹头气道支架输送套装并释放支架;⑥释放支架后气道造影示瘘口封堵完全;⑦经原闭式引流管交换置入外引流导管(10.2 F),行CNPD治疗;⑧介入治疗3个月后取出气道支架;⑨术后造影证实瘘口闭合完全,未见对比剂外溢;⑩⑪⑫CNPD治疗4个月脓腔闭合后拔除引流管,复查CT示残腔闭合,达到临床愈合

图1 1例BPF患者介入治疗过程影像

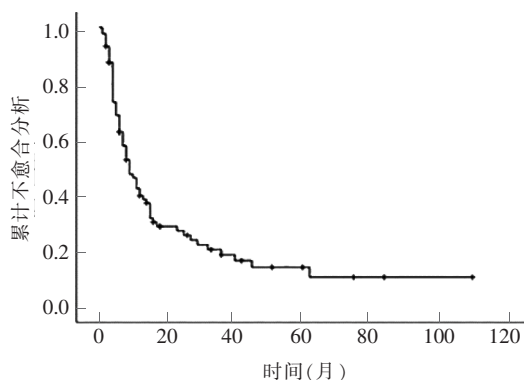


图2 介入治疗BPF患者不愈合曲线

0.74, $P < 0.01$)和瘘口大小($HR = 0.74$, $95\%CI = 0.55 \sim 0.99$, $P = 0.04$)与临床愈合显著相关,见表2。

气道内支架置入或取出过程中所有患者均未发生窒息、喉头水肿或气道破裂,7例患者因气道黏膜和肉芽组织受损出现血痰或咯血,对症处理后缓解。引流管置入过程中未发生大咯血、血胸、窒息等严重并发症,1例患者引流管置入5d后因肺转移癌、大咯血死亡。气道支架置入治疗期间出现胸痛不适61例、刺激性咳嗽67例、支架移位2例、肉芽增生所致呼吸困难6例,对症处理或取出支架后缓解。

3 讨论

BPF发生后原本清洁的胸腔暴露于呼吸道分泌物和支气管菌群,脓液在呼吸作用下吸入健肺,导致吸入性肺炎、急性呼吸窘迫综合征,甚至死亡^[8,9]。BPF出现4周以上即可形成难治性脓胸^[10]。有关BPF最佳治疗方法尚缺乏共识。临床上BPF常见手术方法包括瘘口修补、大网膜填塞及胸廓成形术。手术治疗多需做开窗引流、开胸操作,创伤大,需要全身麻醉,患者难以耐受,致残率高,死亡率达29%,复发率可达38%^[11]。BPF非手术治疗大多是采用支气管镜下支架、组织胶、弹簧圈、封堵器等封堵

表2 88例患者临床愈合影响因素分析

影响因素	患者 (n)	单变量分析		多变量分析	
		时间 (月)	P值	HR(95%CI)	P值
组别			0.06	—	0.13
支架联合 CNPD 组	56	8			
单纯 CNPD 组	32	13			
年龄			0.07	—	0.14
<60 岁	39	8			
≥60 岁	49	11			
性别			0.31	—	0.19
男	77	9			
女	11	5			
手术方式			0.18	—	0.13
肺叶切除	51	7			
全肺切除	37	12			
病因			0.09	—	1.44
良性	34	7			
恶性	54	10			
诊断时间			<0.01	0.53(0.38~0.74)	<0.01
早期	19	5			
中期	31	7			
晚期	38	16			
瘘口位置			0.07	—	0.79
肺上叶	21	8			
肺中叶	10	4			
肺下叶	17	40			
主支气管	40	11			
瘘口大小			0.03	0.74(0.55~0.99)	0.04
≤3 mm	31	6			
3~6 mm	26	11			
>6 mm	31	13			

瘘口^[12]。Boudaya 等^[13]报道 17 例 BPF 患者保守治疗(引流、聚维酮碘胸膜冲洗及多次镜下注射硝酸银),成功闭合了其中 16 例,但 6 个月随访中患者脓胸均未缓解。

胸腔闭式引流是治疗 BPF 常用方法,但有 64% 患者在 3 周后仍无满意的肺复张^[14]。原因在于:①外科闭式引流为被动引流,堵管、引流失败率高达 75%^[15];②重力作用下,感染的胸腔积液常积存于下叶周

围,而闭式引流橡胶管直径为 8~10 mm,管体僵硬,头端无法引流残腔下极。然而 CNPD 行负压抽吸为主动引流,患者携带方便、依从性好,定期复查并及时调整引流管位置可达到充分引流效果,此外介入引流管送达位置精准^[16],头端为“猪尾”形,既可减少周围组织损伤,也便于引流残腔下极。本研究中 CNPD 治疗成功率达 96.5%,中位临床愈合时间为 9 个月,提示 CNPD 具有高效的引流效应。

近年一些研究报道采用 CNPD 联合个体化气道支架封堵治疗 BPF,为介入技术治疗 BPF 提供了初步临床经验^[4-5,17-18]。支架封堵及 CNPD 介入技术可快速缓解患者症状,促进残腔闭合^[19]。本研究中 97.9% 患者支架封堵获得成功,介入治疗后患者 PSI 评分显著下降,肺容积显著增加,9 个月后 50% 患者达到临床治愈。

本研究中多变量分析显示,诊断时间和瘘口大小是临床愈合的独立风险因素。两者 *HR* 均小于 1,提示诊断时间较长、瘘口较大患者介入治疗后较难愈合。BPF 患者最初临床特征表现为液气胸,诊断时间较长,瘘口较大,演变为慢性脓胸则迁延难愈。本研究中残腔闭合慢导致患者引流管携带时间长,需要进一步研究如何促使残腔闭合、缩短愈合周期、提高治愈率。

[参 考 文 献]

- [1] Roy P, Heluain V, Leyx P, et al. A 3D-engineered silicone stent to treat a refractory bronchopleural fistula[J]. *ERJ Open Res*, 2023, 9: 00670-02022.
- [2] 彭金钊, 李晓光. 肺癌热消融术后支气管胸膜瘘的研究现状与进展[J]. *介入放射学杂志*, 2020, 29: 1276-1281.
- [3] 李宗明, 吴刚, 韩新巍, 等. 气道 Y 型单子弹头一体化自膨式金属覆膜支架治疗右主支气管残端瘘 17 例分析[J]. *介入放射学杂志*, 2013, 22: 46-49.
- [4] Han X, Yin M, Li L, et al. Customized airway stenting for broncho-pleural fistula after pulmonary resection by interventional technique: single-center study of 148 consecutive patients[J]. *Surg Endosc*, 2018, 32: 4116-4124.
- [5] Han X, Wu G, Li Y, et al. A novel approach: treatment of bronchial stump fistula with a plugged, bullet-shaped, angled stent[J]. *Ann Thorac Surg*, 2006, 81: 1867-1871.
- [6] Aliberti S, Dela Cruz CS, Amati F, et al. Community-acquired pneumonia[J]. *Lancet*, 2021, 398: 906-919.
- [7] 翟振州, 赵军, 李畅, 等. 胸腔镜肺叶切除术后肺容积减少与患者肺功能丢失的相关性分析[J]. *中国肺癌杂志*, 2022, 25: 21-25.
- [8] Zanotti G, Mitchell JD. Bronchopleural fistula and empyema after anatomic lung resection[J]. *Thorac Surg Clin*, 2015, 25: 421-427.
- [9] Li Y, Liu Y, Ren K, et al. Customised Y-shaped self-expandable covered metallic stent with a dead end for the treatment of bronchopleural fistula[J]. *Thorax*, 2022, 77: 1048-1049.
- [10] Biswas A, Jantz MA, Penley AM, et al. Management of chronic empyema with unexpandable lung in poor surgical risk patients using an empyema tube[J]. *Lung India*, 2016, 33: 267-271.
- [11] Ernst M, Nies C. Thoracoscopic therapy of pleural empyema after pneumonectomy[J]. *Chirurg*, 1999, 70: 1480-1483.
- [12] Marchioni A, Mattioli F, Tonelli R, et al. Endoscopic broncho-pleural fistula repair using autologous fat graft[J]. *Ann Thorac Surg*, 2022, 114: e393-e396.
- [13] Boudaya MS, Smadhi H, Zribi H, et al. Conservative management of postoperative bronchopleural fistulas[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 146: 575-579.
- [14] He Z, Shen L, Xu W, et al. An 83-year-old male with bronchopleural fistula and empyema successfully treated with multidisciplinary management of thoracostomy, endoscopic, and surgical treatment; a case report[J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9: 427.
- [15] Cafarotti S, Dall'Armi V, Cusumano G, et al. Small-bore wire-guided chest drains: safety, tolerability, and effectiveness in pneumothorax, malignant effusions, and pleural empyema[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2011, 141: 683-687.
- [16] Ji J, Fang S, Chen M, et al. Precision interventional radiology[J]. *J Interv Med*, 2021, 4: 155-158.
- [17] Wu G, Li ZM, Han XW, et al. Right bronchopleural fistula treated with a novel, Y-shaped, single-plugged, covered, metallic airway stent[J]. *Acta radiol*, 2013, 54: 656-660.
- [18] Li X, Wang S, Yin M, et al. Treatment of peripheral broncho-pleural fistula with interventional negative pressure drainage[J]. *Ther Adv Respir Dis*, 2022, 16: 17534666221111877.
- [19] Bribresco A, Patterson GA. Management of postpneumonectomy bronchopleural fistula: from thoracoplasty to transsternal closure[J]. *Thorac Surg Clin*, 2018, 28: 323-335.

(收稿日期: 2023-05-13)

(本文编辑: 谷 珂)