

· 中青年学者论坛 ·



**张伟** 海军军医大学第一附属医院呼吸与危重症医学科副主任、重症医学中心主任，副教授、副主任医师，硕士生导师，入选海军军医大学“深蓝”人才工程“领航”人才计划、上海市“医苑新星”杰出青年医学人才计划等。现任上海市医学会呼吸病学专科分会委员兼呼吸治疗学组组长、中华医学会呼吸病学分会呼吸危重症医学学组委员、中华医学会结核病学分会重症专业委员会副主任委员、中国医学装备协会呼吸病学装备技术委员会常务委员、中国医师协会呼吸医师分会危重症医学工作委员会委员，国家卫生健康委员会“十四五”规划教材《呼吸系统与疾病》（第2版）编委。长期从事呼吸危重症、介入呼吸病学、肺血管疾病和肺癌的临床工作，对复杂气道狭窄、复杂气道瘘、急性呼吸窘迫综合征、肺癌、间质性肺病、肺血管疾病等呼吸系统疾病有较丰富的临床经验。主要研究方向为呼吸危重症学与介入呼吸病学的交叉融合、肺癌的免疫治疗等。近5年作为第一作者或通信作者在 *JAMA*、*JITC*、*Chest* 等 SCI 收录期刊发表论著 14 篇。作为第一申请人获批专利 5 项，其中发明专利 1 项。荣获教育部科技进步奖一等奖、军队科技进步奖一等奖各 1 项。

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240257

## 介入呼吸病学与呼吸危重症学的融合是呼吸与危重症医学科发展的必由之路

冯唐韬<sup>1</sup>，张伟<sup>1,2\*</sup>

1. 海军军医大学（第二军医大学）第一附属医院呼吸与危重症医学科，上海 200433
2. 海军军医大学（第二军医大学）第一附属医院重症医学中心，上海 200433

**【摘要】** 介入呼吸病学是指运用各种介入手段对呼吸系统疾病进行诊断和治疗的一门新兴呼吸亚学科。近年来，随着各种介入诊疗的新理念、新方法、新技术的不断涌现，介入呼吸病学技术已成为呼吸系统疾病不可或缺的诊断和治疗手段。呼吸危重症学是对呼吸系统危重疾病提供气道管理、机械通气及其他呼吸支持的传统呼吸亚学科，为呼吸危重症患者提供紧急救治，旨在提高患者的生存率和改善生活质量。介入呼吸病学可以通过高清影像、精准定位和微创操作等手段对呼吸危重症患者进行快速、准确的诊断和治疗，呼吸危重症学可利用氧疗支持、体外膜肺氧合辅助及其他呼吸危重症技术为呼吸介入诊疗创造必要的条件。在呼吸与危重症医学科发展的过程中，介入呼吸病学与呼吸危重症是两个相辅相成的呼吸亚专科，不但为呼吸其他亚专科的发展提供了基础支持，也是军事医学中胸部创伤救治领域的重要组成部分，两者的融合发展成为呼吸与危重症医学科发展的必由之路。

**【关键词】** 介入呼吸病学；呼吸危重症学；融合发展；支气管镜检查；氧疗；体外膜肺氧合

**【引用本文】** 冯唐韬，张伟. 介入呼吸病学与呼吸危重症学的融合是呼吸与危重症医学科发展的必由之路[J]. 海军军医大学学报, 2025, 46(6): 703-709. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240257.

### Integration of interventional pulmonology and respiratory and critical care medicine: the only way for respiratory and critical care medicine

FENG Tangtao<sup>1</sup>, ZHANG Wei<sup>1,2\*</sup>

1. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China
2. Critical Care Medical Center, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[收稿日期] 2024-04-19

[接受日期] 2024-09-25

[作者简介] 冯唐韬，硕士生. E-mail: fimmu1992edu@163.com

\*通信作者 (Corresponding author). E-mail: zhangweismmu@126.com

[Abstract] Interventional pulmonology is a new subdiscipline of respiratory disease diagnosis and treatment by various interventional means. In recent years, a variety of new ideas, new methods and new technologies for interventional diagnosis and treatment continue to emerge, and interventional pulmonology has become an indispensable diagnosis and treatment technology for respiratory diseases. Respiratory and critical care medicine is a traditional respiratory subdiscipline that provides airway management, mechanical ventilation, and other respiratory support for critically ill patients. It provides emergency treatment and improves survival rate and quality of life. Interventional pulmonology can provide rapid and accurate diagnosis and treatment through high-definition imaging, precise positioning and minimally invasive operations. Respiratory and critical care medicine also uses oxygen therapy support, extracorporeal membrane oxygenation assistance, and other respiratory and critical care techniques to create the necessary conditions for respiratory interventional treatment. In the development of pulmonary and critical care medicine, interventional pulmonology and respiratory and critical care medicine are 2 complementary pulmonary subspecialties, which provide not only basic support for the development of other pulmonary subspecialties, but also important components and indispensable support for the rescue of war wounds. The integration of them has become the only way for respiratory and critical care medicine.

[Key words] interventional pulmonology; respiratory and critical care medicine; integrated development; bronchoscopy; oxygen therapy; extracorporeal membrane oxygenation

[Citation] FENG T, ZHANG W. Integration of interventional pulmonology and respiratory and critical care medicine: the only way for respiratory and critical care medicine[J]. Acad J Naval Med Univ, 2025, 46(6): 703-709. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20240257.

介入呼吸病学 (interventional pulmonology) 是一门针对呼吸系统疾病进行侵入性诊断和治疗操作的学科<sup>[1]</sup>。1897年,德国五官科医师 Killian<sup>[2]</sup>首次用改良的食管镜通过喉部进入气管,成功从气管内取出骨性异物,开创了硬质内窥镜在气管进行操作的历史。1999年,由 Beamis 和 Mathur<sup>[3]</sup>合著的 *Interventional pulmonology* 一书出版,正式将介入呼吸病学这一概念引入学界视野。呼吸危重症学 (respiratory and critical care medicine) 的概念最早可追溯到 19 世纪 50 年代,克里米亚战争中南丁格尔在手术室旁设立术后患者恢复病房被认定为 ICU 的起源<sup>[4]</sup>。现代呼吸危重症学是指运用包括经鼻高流量湿化氧疗 (high-flow nasal cannula oxygen therapy, HFNC)、呼吸机辅助通气、俯卧位通气、体外二氧化碳清除、一氧化氮吸入治疗、高频振荡通气、体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 等一系列技术手段对呼吸系统危重症及其并发症开展气道管理、机械通气及呼吸支持的学科,在呼吸危重症的诊断和治疗方面发挥了重要的作用。随着介入呼吸病学的普及,许多呼吸危重症领域的疾病开始采用介入技术进行诊断和治疗,显著提高了危重症诊治的准确率和成功率;同时,呼吸危重症领域在理论和临床实践方面的不断进步也为介入呼吸病学的深入发展提供了强有力的支持。介入呼吸病学和呼吸危重症的发展与融合成为呼吸与危重症医学科发展的必由之路,也

为战伤救治提供了必不可少的支撑。

## 1 介入呼吸病学技术协助呼吸危重症的诊治

### 1.1 介入呼吸病学技术救治气道梗阻的呼吸危重症患者

1.1.1 大气道狭窄 大气道狭窄的主要原因包括恶性肿瘤引起的大气道占位及气管插管、气管切开后引起的气道挛缩和塌陷。既往大气道狭窄的治疗手段有限,部分患者只能选择开胸手术。随着支气管镜技术的发展,已有许多介入方法被应用于治疗大气道狭窄并取得了较好的疗效,其中最常用的是气道支架置入<sup>[5]</sup>。目前临床上应用的气道支架可根据制造材料(金属或硅酮)进行分类。金属支架比硅酮支架更易置入,但硅酮支架更易移除<sup>[6]</sup>。本中心对 2000 年 1 月至 2017 年 12 月收治的 87 例结核分枝杆菌感染致气管支气管狭窄患者进行了自膨胀金属支架的置入,通过回顾性分析发现,短期置入自膨胀金属支架患者的狭窄段管腔直径、呼吸困难问卷评分和肺功能指标与支架置入前相比均有显著改善<sup>[7]</sup>。硅酮支架于 20 世纪 90 年代由 Dumon<sup>[8]</sup>提出,具有易置入、易移除和肉芽增生发生率低的特点,目前在临床上广泛用于良性气道狭窄的治疗。Karush 等<sup>[9]</sup>对 63 例良性中央气道梗阻患者共置入 243 枚硅酮支架,临床数据分析表明硅酮支架置入治疗良性中央气道梗阻安全有效。近年来,生物可降解支架、药物洗脱支架和三维打印支架等新

型气道支架已成为组织工程气管领域研究的新方向。生物可降解支架无须取出,可在预定时间内维持气道通畅并逐渐降解为无毒副产物<sup>[10]</sup>,减少长期置入后的并发症<sup>[11]</sup>;药物洗脱支架是在裸支架上聚合减少肉芽肿形成的药物、在气道局部逐渐洗脱释放药物的支架,能够有效预防气道再次狭窄的发生<sup>[11]</sup>;三维打印支架是根据气道解剖结构为复杂气道狭窄患者定制的支架<sup>[10]</sup>,对目前临床上复杂气道狭窄患者的治疗具有潜在优势。

**1.1.2 支气管镜辅助人工气道的建立** 因各种原因出现严重呼吸衰竭的患者需要建立人工气道,包括气管插管和气管切开。临床医师可以在支气管镜引导下经鼻气管插管和经皮气管切开术。支气管镜辅助经皮气管切开术有利于在术中观察气管前壁的穿刺部位是否居中、气切套管插入的深度是否合适,从而避免气管后壁损伤及套管置入位置不当的风险<sup>[12]</sup>。本中心对2007年1月至2008年2月收治的28例经皮气管切开患者进行了分析,其中16例在支气管镜辅助下行单步经皮旋转气管切开术、12例行传统气管切开术,结果显示支气管镜辅助组的手术时间和并发症发生率均低于传统组(均 $P<0.05$ ),表明支气管镜辅助下行单步经皮旋转气管切开术具有操作简便、耗时短、损伤及出血少等优点<sup>[13]</sup>。目前支气管镜辅助人工气道建立技术在呼吸重症监护室中的应用已越来越广泛。

口腔颌面部及颈部损伤为战伤最常见部位之一<sup>[14]</sup>,有研究报道气道损伤是战伤导致死亡的第三大原因<sup>[15]</sup>。及时有效的气道管理对降低战伤死亡率非常重要。便携式支气管镜在紧急气管插管困难、支气管异物、大咯血等抢救中发挥着重要作用<sup>[16]</sup>。建立紧急人工气道可以及时解除呼吸道梗阻、恢复肺部供氧,为后续救治奠定基础,从而降低伤死率<sup>[17]</sup>,是挽救战伤伤员生命的重要环节。

**1.1.3 吸入性气道损伤** 现代战伤救治中,烧伤、爆震伤和吸入性损伤具有占比大、死亡率高的特点<sup>[18-20]</sup>。严重的吸入性气道损伤在支气管镜下可表现为溃疡、坏死,会引起患者窒息、死亡<sup>[21]</sup>,临床上需反复行支气管镜检查,定期评估吸入性损伤的严重程度。Gad等<sup>[22]</sup>对30例吸入性损伤患者的治疗过程进行了分析,患者均在入院后24~72 h内接受支气管镜检查,结果提示支气管镜检查可以早期识别大气道损伤。在吸入性气道损伤患

者中,利用支气管镜采集的支气管肺泡灌洗液(bronchoalveolar lavage fluid, BALF)是重要的微生物检测标本,可为抗生素的精准使用提供指导。此外,支气管镜可进行气道局部冲洗以减少吸入的颗粒物在气道管壁黏附,去除吸入性气道损伤形成的有害假膜<sup>[23]</sup>,去除呼吸道过多的分泌物及坏死组织、异物等<sup>[24]</sup>,从而缩短机械通气持续时间和ICU住院时间<sup>[24-25]</sup>。本中心对20例吸入性气道损伤患者在损伤发生后18~72 h内进行了第1次支气管镜检查,其中12例表现为G1级改变(轻度充血水肿,伴或不伴碳粒沉着区)、8例表现为G2级改变(气道黏膜严重充血水肿,伴或不伴碳粒沉着区);对出现G1级和G2级改变的患者分别于72 h后和24 h后进行支气管镜复查,并在后续每2~3 d复查1次,结果发现12例G1级患者的气道损伤在2~8 d内恢复,8例G2级患者的气道损伤恢复时间较长,为6~21 d<sup>[23]</sup>。由此可见,使用支气管镜检查对吸入性损伤的诊断及随访具有重要价值。

**1.2 介入呼吸病学技术救治累及肺实质和肺间质的呼吸危重症患者**

**1.2.1 支气管镜下肺泡灌洗辅助重症肺炎患者的诊断** 对于气管插管或气管切开的重症肺炎患者,可在支气管镜引导下进行肺泡灌洗,此操作简便,可在床边进行,且风险可控。通过规范操作获取的BALF样本较鼻腔、口腔和口咽部位的痰液样本诊断价值更高。Wu等<sup>[26]</sup>对329例重症社区获得性肺炎患者进行支气管镜检查并采集BALF,通过宏基因组测序技术明确了297例患者的病原学诊断,采取其他实验室检查方法获得130例患者的病原学诊断。

**1.2.2 冷冻肺活检在呼吸危重症中的应用** 对于原因未明的呼吸危重症患者,需要尽早明确诊断。以往肺活检方法主要是开胸手术或经支气管肺活检(transbronchial lung biopsy, TBLB),危重症患者不具备开胸肺活检的条件,而TBLB有时取得的肺组织量难以满足病理诊断的要求,且发生出血等并发症的风险大。冷冻技术于1976年应用于呼吸系统疾病,主要是对气道肿瘤进行治疗,直到2008年Hetzel等<sup>[27]</sup>提出了冷冻活检的概念,2009年经支气管冷冻肺活检(transbronchial lung cryobiopsy, TBLC)正式被应用于临床<sup>[28]</sup>。TBLC具有创伤小、

获取的组织样本体积大、并发症少、费用低等优势<sup>[29]</sup>。Wang等<sup>[30]</sup>在病因不明的70例急性呼吸衰竭患者中分别进行TBLB( $n=45$ )和TBLC( $n=25$ ),接受TBLC的患者病情更重,结果显示这2种肺活检方法的总体操作相关并发症无明显差异,但接受TBLC的患者病理诊断率(72.0%,18/25)明显高于接受TBLB的患者(37.8%,17/45)。

### 1.3 介入呼吸病学技术救治累及肺血管的呼吸危重症患者

**1.3.1 大咯血的处理** 当患者出现危及生命的大咯血时,需要立即在床边实施救治。患者采取患侧卧位并及时进行气管插管保持气道通畅,在静脉应用止血药物治疗的同时可通过支气管镜下冰盐水或止血药局部灌注的方法进行止血<sup>[31]</sup>,还可以使用激光、电烙术、氩等离子体凝固术和选择性球囊导管支气管内填塞及硅胶导管进行支气管内闭塞等方法来控制可见的支气管内病变出血<sup>[32-34]</sup>,必要时使用支气管动脉栓塞术进行治疗。随着呼吸内镜诊疗技术的广泛开展,临床支气管镜诊疗操作相关大出血的发生率逐渐升高,成为支气管镜诊疗操作所致死亡的主要原因。本中心调查了我国33家大型综合医院呼吸内镜中心2001—2013年的支气管镜诊疗操作情况,结果显示大出血的发生率为39.0/10万,死亡率为4.2/10万<sup>[31]</sup>。除了前述的止血治疗外,还可以使用一次性支气管镜配合可重复使用型支气管镜联合进行“双镜手术”止血<sup>[35]</sup>。

**1.3.2 急性肺血栓栓塞症的经皮导管介入取栓及溶栓治疗** 肺血栓栓塞症是指静脉系统或右心的血栓阻塞肺动脉及其分支,造成以肺循环(含右心)和呼吸功能障碍为临床表现的疾病<sup>[36]</sup>。选择性肺动脉造影为肺血栓栓塞症诊断的金标准<sup>[37]</sup>。经皮导管介入术是一种治疗肺栓塞的介入手术方法,通过将导管插入肺动脉内,使用器械或药物将血栓取出或溶解,恢复肺动脉通畅。陈剑飞等<sup>[38]</sup>对2016年5月至2017年12月在陆军军医大学第二附属医院就诊的79例急性肺栓塞患者进行回顾性研究,其中高危组28例、中危组51例,均接受经皮导管介入术治疗(包括血栓抽吸、球囊碎栓及经导管溶栓等),所有患者均未发生咯血、心包填塞和大出血,提示经皮导管介入术治疗急性肺栓塞中高危患者的疗效确切、安全性高。对于急性高危或伴有临床恶化的中危肺血栓栓塞症,若有肺动脉主干或主

要分支血栓,存在出血风险高、溶栓禁忌或溶栓及内科治疗无效者,可行经皮导管介入治疗<sup>[37]</sup>。

**1.4 介入呼吸病学技术救治累及胸膜及纵隔的重症支气管胸膜瘘(bronchopleural fistula, BPF)患者** BPF主要有手术治疗和介入治疗2种方式。手术治疗包括开胸手术、胸廓成形术和皮瓣直接闭合瘘管等方式,术后复发率高达23.6%<sup>[39]</sup>。对于全身状况差的重症患者,手术治疗往往难以实施。目前呼吸介入技术已广泛应用于BPF的治疗,与传统手术治疗相比,具有成本低、创伤小、适用范围广等优点。呼吸介入治疗BPF可分为使用密封剂和闭塞装置2种方法<sup>[40]</sup>。密封剂主要应用于瘘口直径 $<3$  mm的BPF,包括胶原蛋白基质塞<sup>[38]</sup>、胶原螺旋塞<sup>[41]</sup>、不同的生物胶<sup>[42-43]</sup>和合成水凝胶<sup>[44]</sup>。闭塞装置包括支气管内单向阀、支气管塞、封堵支架等<sup>[45]</sup>。对于瘘口过大或残端位置不佳、无法使用闭塞装置的BPF,临床治疗仍是巨大挑战<sup>[46]</sup>。本中心对3例瘘口直径为3~8 mm的BPF合并脓胸患者选用先天性心脏病(房间隔缺损、室间隔缺损和动脉导管未闭)封堵器进行治疗,封堵器置入过程顺利,术后随访均未发生瘘口周围组织坏死、瘘道复发、封堵器移位、局部感染等并发症<sup>[46]</sup>。这提示临床上对于瘘口较大的BPF,可使用先天性心脏病封堵器进行治疗。

## 2 呼吸危重症技术对介入呼吸病学的支持

**2.1 呼吸介入治疗中的氧疗支持** HFNC是一种新型的无创辅助呼吸方法,可设定吸入气体的流量和吸入氧浓度,耐受性和舒适性较好。在急性呼吸衰竭中,HFNC与常规低流量吸氧相比具有减少机械通气支持、缩短恢复时间的优势<sup>[47]</sup>。较常规氧疗,介入治疗过程中使用HFNC患者发生缺氧的概率更低,Wang等<sup>[48]</sup>对行支气管镜检查的788例患者进行前瞻性随机对照研究,将患者随机分为改良HFNC组( $n=392$ )和常规氧疗组( $n=396$ ),改良HFNC组进行单鼻孔通气以方便进行气管镜操作,常规氧疗组使用鼻导管吸氧,结果显示改良HFNC组在行支气管镜检查时出现血氧饱和度 $<90\%$ 的患者比例低于常规氧疗组(12.5% vs 28.8%, $P<0.001$ )。呼吸危重症患者对氧气的需求较高,这类患者进行硬质支气管镜操作时,传统的机械通气模式由于缺乏密闭回路无法保证氧供。

为解决硬质支气管镜操作过程中非密闭条件下氧供无法保持和通气操控舒适性的问题,本中心设计了一种手控高频通气机,该装置主要由软管和阀门组成,通过在软管上加装通用氧气快速接头,使氧气以高频高压的方式快速喷入气道内,使用枪柄型阀门,增设压力表掌控通气压力,减少可能带来的高压损伤。该机器已获专利授权<sup>[49]</sup>,对保障有高需氧要求的重症患者进行复杂的介入手术,具有重要的临床应用价值。

**2.2 ECMO辅助下完成重症患者的呼吸介入治疗** ECMO是一种心肺生命支持技术,将血液通过股静脉或右心房从静脉系统中导出,利用机械泵在体外循环向血液中添加氧气并清除二氧化碳,然后再通过股动脉或升主动脉使血液回流到体内循环<sup>[50]</sup>。ECMO可以维持呼吸危重症患者的生命体征,创造接受介入治疗的机会。2018年Moreira等<sup>[51]</sup>报道了1例有5年硅肺病史的44岁男性病例,该患者被诊断为继发性肺泡蛋白沉积症,因全身麻醉下出现严重的呼吸衰竭无法进行全肺灌洗术,通过ECMO辅助成功进行了全肺灌洗治疗,患者在术后2 h停用ECMO,转入ICU 4 h后拔管,1 d后转入普通病房,第3天血氧水平恢复正常[血氧分压为71 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa),吸入气氧浓度为21%],安全出院。

**2.3 胸部战伤的救治** 胸部战伤伤员占伤员总数的4.4%~33.0%,是战伤死亡的重要原因<sup>[52]</sup>。现代战争武器致伤效应的多样化导致胸部战伤程度加重,需要进行损害控制复苏术和重症监护的伤员比例增加,若救治不及时伤员死亡率较高<sup>[53]</sup>。及时进行损害控制性复苏和控制性开胸手术对提高胸部战伤伤员生存率、减少早期和晚期并发症具有重要意义<sup>[53]</sup>。在胸部战伤的救治中,尤为重要是有效的气道管理,容量复苏,控制危及生命的出血及预防感染,避免酸中毒、低体温和凝血障碍等<sup>[54]</sup>。呼吸危重症技术不仅能为重症胸部战伤患者实施紧急开胸或控制性开胸术创造条件<sup>[52]</sup>,也可为后续介入治疗创造条件。

### 3 小结

介入呼吸病学作为新型的呼吸亚学科在呼吸系统疾病的诊断和治疗方面发挥着越来越重要的作用。介入呼吸病学的介入检查和治疗,可以实现

精确切除、引流、灌洗等操作,减少手术创伤,降低术后并发症的发生,提高呼吸危重症疾病的治疗效果。呼吸危重症的机械通气、气道管理、ECMO等现代呼吸支持手段的技术支持,可为呼吸危重症疾病的介入治疗创造机会。介入呼吸病学和呼吸危重症学的发展也为军事医学提供了极大的支撑。目前介入呼吸病学与呼吸危重症学已在多种疾病的治疗中取得融合发展,未来介入呼吸病学与呼吸危重症学将在经支气管导航技术、机器人支气管镜技术、冷冻活检在纵隔病变中应用技术、小气道疾病气道介入评估技术、肺血管介入等领域得到进一步研究和拓展。介入呼吸病学和呼吸危重症学的融合发展是呼吸亚专科发展的基石,将极大提高现代呼吸病学的诊断和治疗水平,为现代战争伤员救治提供了扎实的基础,是呼吸与危重症医学科发展的必由之路。

### [参考文献]

- [1] BOLLIGER C T, MATHUR P N, BEAMIS J F, et al. ERS/ATS statement on interventional pulmonology. European Respiratory Society/American Thoracic Society[J]. Eur Respir J, 2002, 19(2): 356-373. DOI: 10.1183/09031936.02.00204602.
- [2] KILLIAN G. Meeting of the Society of Physicians of Freiburg Dec 17, 1897[J]. Munchen Med Wschr, 1898, 45: 378.
- [3] BEAMIS J F, MATHUR P N. Interventional pulmonology[M]. New York: McGraw-Hill, 1999.
- [4] 解立新.呼吸与危重症:回顾历史,展望未来[J].重庆医科大学学报,2017,42(1):4-6. DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.001139.
- [5] WANG T, ZHANG J, QIU X J, et al. Scarring airway stenosis in Chinese adults: characteristics and interventional bronchoscopy treatment[J]. Chin Med J, 2018, 131(3): 276-281. DOI: 10.4103/0366-6999.223850.
- [6] SABATH B F, CASAL R F. Airway stenting for central airway obstruction: a review[J]. Mediastinum, 2023, 7: 18. DOI: 10.21037/med-22-65.
- [7] LI F, TIAN S, HUANG H, et al. Post-tuberculosis tracheobronchial stenosis: long-term follow-up after self-expandable metallic stents placement and development of a prediction score—the Restenosis Score[J]. Eur J Med Res, 2022, 27(1): 133. DOI: 10.1186/s40001-022-00765-1.
- [8] DUMON J F. A dedicated tracheobronchial stent[J]. Chest, 1990, 97(2): 328-332. DOI: 10.1378/chest.

- 97.2.328.
- [9] KARUSH J M, SEDER C W, RAMAN A, et al. Durability of silicone airway stents in the management of benign central airway obstruction[J]. *Lung*, 2017, 195(5): 601-606. DOI: 10.1007/s00408-017-0023-4.
- [10] LIU L, KONG J, GEORG C. Recent advances in airway stenting[J]. *Shanghai Chest*, 2020, 4: 6. DOI: 10.21037/shc.2019.11.02.
- [11] LIN C Y, CHUNG F T. Central airway tumors: interventional bronchoscopy in diagnosis and management[J]. *J Thorac Dis*, 2016, 8(10): E1168-E1176. DOI: 10.21037/jtd.2016.10.101.
- [12] JAROSZ K, KUBISA B, ANDRZEJEWSKA A, et al. Adverse outcomes after percutaneous dilatational tracheostomy versus surgical tracheostomy in intensive care patients: case series and literature review[J]. *Ther Clin Risk Manag*, 2017, 13: 975-981. DOI: 10.2147/TCRM.S135553.
- [13] 张伟,姚小鹏,董宇超,等.单步经皮旋转气管切开术的临床评价[J]. *中国呼吸与危重监护杂志*, 2008, 7(6): 463-466. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6205.2008.06.020.
- [14] 谭颖徽.颌面部现代创伤弹道学特点和火器伤救治原则[J]. *中华口腔医学杂志*, 2004, 39(1): 27-29. DOI: 10.3760/j.issn:1002-0098.2004.01.010.
- [15] EASTRIDGE B J, MABRY R L, SEGUIN P, et al. Death on the battlefield (2001-2011): implications for the future of combat casualty care[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2012, 73(6 Suppl 5): S431-S437. DOI: 10.1097/TA.0b013e3182755dcc.
- [16] 祝立勇.便携式纤维支气管镜在急诊抢救中的应用[J]. *现代医药卫生*, 2012, 28(8): 1214-1215.
- [17] ROELKER S A, BOWDEN M G, KAUTZ S A, et al. Paretic propulsion as a measure of walking performance and functional motor recovery post-stroke: a review[J]. *Gait Posture*, 2019, 68: 6-14. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2018.10.027.
- [18] 张琳,宗兆文,包俊强,等.基于潜在可存活伤亡原因的现代战伤救治关键技术需求分析[J]. *华南国防医学杂志*, 2017, 31(9): 609-612. DOI: 10.13730/j.issn.1009-2595.2017.09.009.
- [19] 秦昊,宗兆文,杨磊,等.现代战争胸部战伤救治需求分析及对策建议[J]. *人民军医*, 2017, 60(12): 1155-1157, 1162.
- [20] 王正国.重视战伤救治研究[J]. *创伤与急危重病医学*, 2013, 1(1): 1-4.
- [21] BARROW R E, SPIES M, BARROW L N, et al. Influence of demographics and inhalation injury on burn mortality in children[J]. *Burns*, 2004, 30(1): 72-77. DOI: 10.1016/j.burns.2003.07.003.
- [22] GAD S, KESHK T, KHAMES A, et al. Diagnostic value of bronchoscopy in assessing the severity of inhalational lung injury[J]. *Menoufia Med J*, 2018, 31(1): 158-162.
- [23] BAI C, HUANG H, YAO X, et al. Application of flexible bronchoscopy in inhalation lung injury[J]. *Diagn Pathol*, 2013, 8: 174. DOI: 10.1186/1746-1596-8-174.
- [24] MAREK K, PIOTR W, STANISŁAW S, et al. Fiberoptic bronchoscopy in routine clinical practice in confirming the diagnosis and treatment of inhalation burns[J]. *Burns*, 2007, 33(5): 554-560. DOI: 10.1016/j.burns.2006.08.030.
- [25] BITTNER E A, SHANK E, WOODSON L, et al. Acute and perioperative care of the burn-injured patient[J]. *Anesthesiology*, 2015, 122(2): 448-464. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000559.
- [26] WU X, LI Y, ZHANG M, et al. Etiology of severe community-acquired pneumonia in adults based on metagenomic next-generation sequencing: a prospective multicenter study[J]. *Infect Dis Ther*, 2020, 9(4): 1003-1015. DOI: 10.1007/s40121-020-00353-y.
- [27] HETZEL J, HETZEL M, HASEL C, et al. Old meets modern: the use of traditional cryoprobes in the age of molecular biology[J]. *Respiration*, 2008, 76(2): 193-197. DOI: 10.1159/000135934.
- [28] BABIAK A, HETZEL J, KRISHNA G, et al. Transbronchial cryobiopsy: a new tool for lung biopsies[J]. *Respiration*, 2009, 78(2): 203-208. DOI: 10.1159/000203987.
- [29] 江瑾玥,郭述良,李一诗.经支气管冷冻肺活检技术进展[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2017, 40(8): 619-622. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2017.08.015.
- [30] WANG S, FENG Y, ZHANG Y, et al. Transbronchial lung biopsy versus transbronchial lung cryobiopsy in critically ill patients with undiagnosed acute hypoxemic respiratory failure: a comparative study[J]. *BMC Pulm Med*, 2022, 22(1): 177. DOI: 10.1186/s12890-022-01966-4.
- [31] ZHOU G W, ZHANG W, DONG Y C, et al. Flexible bronchoscopy-induced massive bleeding: a 12-year multicentre retrospective cohort study[J]. *Respirology*, 2016, 21(5): 927-931. DOI: 10.1111/resp.12784.
- [32] RADCHENKO C, ALRAIYES A H, SHOJAEE S. A systematic approach to the management of massive hemoptysis[J]. *J Thorac Dis*, 2017, 9(Suppl 10): S1069-S1086. DOI: 10.21037/jtd.2017.06.41.
- [33] RYU C, BOFFA D, BRAMLEY K, et al. A novel endobronchial approach to massive hemoptysis complicating silicone Y-stent placement for tracheobronchomalacia: a case report[J]. *Medicine*, 2018, 97(8): e9980. DOI: 10.1097/MD.00000000000009980.
- [34] XU W, WANG H, HE H, et al. Massive haemoptysis from right middle lobe bronchus managed by

- customized silicon stents[J]. *Respirol Case Rep*, 2019, 7(5): e00418. DOI: 10.1002/rcr2.418.
- [35] 中华医学会呼吸病学分会,中国医师协会内镜医师分会.一次性支气管镜临床应用专家共识[J].*中华结核和呼吸杂志*,2023,46(10):977-984. DOI: 10.3760/cma.j.cn112147-20230519-00252.
- [36] 中华医学会心血管病学分会肺血管病学组,中国医师协会心血管内科医师分会.急性肺血栓栓塞症诊断治疗中国专家共识[J].*中华内科杂志*,2010,49(1):74-81. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2010.01.026.
- [37] 中华医学会呼吸病学分会肺栓塞与肺血管病学组,中国医师协会呼吸医师分会肺栓塞与肺血管病工作委员会,全国肺栓塞与肺血管病防治协作组.肺血栓栓塞症诊治与预防指南[J].*中华医学杂志*,2018,98(14):1060-1087. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.14.007.
- [38] 陈剑飞,宋耀明,晋军,等.经皮导管介入术治疗急性肺栓塞的初步探讨[J].*中华心血管病杂志*,2018,46(12):972-975. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.12.008.
- [39] BRIBRIESCO A, PATTERSON G A. Management of postpneumonectomy bronchopleural fistula: from thoracoplasty to transsternal closure[J]. *Thorac Surg Clin*, 2018, 28(3): 323-335. DOI: 10.1016/j.thorsurg.2018.05.008.
- [40] ZENG J, WU X, CHEN Z, et al. Modified silicone stent for the treatment of post-surgical bronchopleural fistula: a clinical observation of 17 cases[J]. *BMC Pulm Med*, 2021, 21(1): 10. DOI: 10.1186/s12890-020-01372-8.
- [41] TAO H, ARAKI M, SATO T, et al. Bronchoscopic treatment of postpneumonectomy bronchopleural fistula with a collagen screw plug[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2006, 132(1): 99-104. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2006.02.021.
- [42] POTARIS K, MIHOS P, GAKIDIS I. Experience with an albumin-glutaraldehyde tissue adhesive in sealing air leaks after bullectomy[J]. *Heart Surg Forum*, 2003, 6(5): 429-433.
- [43] RANU H, GATHERAL T, SHETH A, et al. Successful endobronchial seal of surgical bronchopleural fistulas using BioGlue[J]. *Ann Thorac Surg*, 2009, 88(5): 1691-1692. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2009.03.012.
- [44] MEHTA H J, MALHOTRA P, BEGNAUD A, et al. Treatment of alveolar-pleural fistula with endobronchial application of synthetic hydrogel[J]. *Chest*, 2015, 147(3): 695-699. DOI: 10.1378/chest.14-0823.
- [45] SONG X, GU Y, WANG H, et al. The efficacy of endobronchial valves for the treatment of bronchopleural fistula: a single-arm clinical trial[J]. *J Thorac Dis*, 2022, 14(3): 712-720. DOI: 10.21037/jtd-22-258.
- [46] 王湘奇,黄海东,张伟,等.不同类型先天性心脏病封堵器在支气管胸膜瘘中的应用[J].*中国呼吸与危重监护杂志*,2021,20(1):37-41. DOI: 10.7507/1671-6205.201911070.
- [47] OSPINA-TASCÓN G A, CALDERÓN-TAPIA L E, GARCÍA A F, et al. Effect of high-flow oxygen therapy vs conventional oxygen therapy on invasive mechanical ventilation and clinical recovery in patients with severe COVID-19: a randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2021, 326(21): 2161-2171. DOI: 10.1001/jama.2021.20714.
- [48] WANG R, LI H C, LI X Y, et al. Modified high-flow nasal cannula oxygen therapy versus conventional oxygen therapy in patients undergoing bronchoscopy: a randomized clinical trial[J]. *BMC Pulm Med*, 2021, 21(1): 367. DOI: 10.1186/s12890-021-01744-8.
- [49] 中国人民解放军第二军医大学. 手控高频通气机: 2013200187926[P]. 2013-08-21.
- [50] AINSWORTH C R, DELLAVOLPE J, CHUNG K K, et al. Revisiting extracorporeal membrane oxygenation for ARDS in burns: a case series and review of the literature[J]. *Burns*, 2018, 44(6): 1433-1438. DOI: 10.1016/j.burns.2018.05.008.
- [51] MOREIRA J P, FERRAZ S, FREITAS C, et al. Whole-lung lavage for severe pulmonary alveolar proteinosis assisted by veno-venous extracorporeal membrane oxygenation: a case report[J]. *Rev Can De La Ther Respir*, 2018, 55(1): 9-12. DOI: 10.29390/cjrt-2018-019.
- [52] 中国医学救援协会创伤分会,宗兆文,王志农,等.现代胸部战伤分级救治的专家共识[J].*解放军医学杂志*,2018,43(11):901-909. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2018.11.01.
- [53] 张冠,宗兆文.胸部战伤的早期救治进展[J].*华南国防医学杂志*,2018,32(4):274-276,285. DOI: 10.13730/j.issn.1009-2595.2018.04.016.
- [54] 张连阳,李阳.爆炸伤的院前急救与早期救治策略[J].*第三军医大学学报*,2020,42(18):1771-1776. DOI: 10.16016/j.1000-5404.202006240.

[本文编辑] 孙岩