

经支气管镜肺泡灌洗在重症肺炎治疗中的作用及研究进展

徐龙辉¹, 李 钊^{2*}

¹济宁医学院临床医学院, 山东 济宁

²济宁医学院附属医院呼吸与危重症医学科, 山东 济宁

收稿日期: 2025年1月18日; 录用日期: 2025年2月11日; 发布日期: 2025年2月24日

摘 要

重症肺炎是呼吸系统常见的危重症疾病, 它是由多种细菌或者病毒感染导致, 病情发展迅速, 病死率高达50%。治疗时, 除了一般治疗外, 经支气管镜肺泡灌洗是不可或缺的一部分。经支气管镜肺泡灌洗(bronchoalveolar lavage, BAL)是通过气管镜向支气管肺泡中灌入0.9%氯化钠溶液并进行抽吸, 以收集肺泡表面液体, 用于诊断或清除的技术。在治疗方面, 其可以清除气道黏膜分泌物、稀释炎性物质、促进分泌物排出以及指导抗生素的使用。本文对经支气管镜肺泡灌洗治疗重症肺炎的应用进展展开综述。

关键词

经支气管镜肺泡灌洗, 重症肺炎, 治疗

The Role and Research Progress of Bronchoalveolar Lavage through Bronchoscopy in the Treatment of Severe Pneumonia

Longhui Xu¹, Zhao Li^{2*}

¹School of Clinical Medicine, Jining Medical University, Jining Shandong

²Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining Shandong

Received: Jan. 18th, 2025; accepted: Feb. 11th, 2025; published: Feb. 24th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 徐龙辉, 李钊. 经支气管镜肺泡灌洗在重症肺炎治疗中的作用及研究进展[J]. 临床个性化医学, 2025, 4(1): 493-500. DOI: 10.12677/jcpm.2025.41073

Abstract

Severe pneumonia is a common critical illness of the respiratory system, which is caused by various bacterial or viral infections and develops rapidly, the mortality rate is as high as 50%. During treatment, in addition to general treatment, bronchoalveolar lavage through bronchoscopy is an indispensable part. Bronchoalveolar Lavage (BAL) is a technique in which 0.9% sodium chloride solution is infused into the alveoli through bronchoscopy and suctioned to collect surface fluid for diagnosis or clearance. In terms of treatment, it can clear airway mucosal secretions, dilute inflammatory substances, promote secretion excretion, and guide the use of antibiotics. This article provides a review of the application progress of bronchoalveolar lavage in the treatment of severe pneumonia through bronchoscopy.

Keywords

Bronchoalveolar Lavage, Severe Pneumonia, Treatment

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

重症肺炎(severe pneumonia, SP)是起病急、进展快、症状重、预后差的常见呼吸内科疾病,社区获得性肺炎(communitary-acquired pneumonia, CAP)、医院获得性肺炎(hospital-acquired pneumonia, HAP)、健康护理(医疗)相关性肺炎(health care-associated pneumonia, HCAP)和呼吸机相关肺炎(ventilator associated pneumonia, VAP)均可引起重症肺炎[1]-[5]。成人 CAP 发病率每年高达 5% [6], 占有住院人数的 2.8% [7], 全球每年 1000 例病人中有 5~10 人发生 HAP, 其中 VAP 更是占通气患者的 10%~25% [8], 必须对此加以重视。以往对重症肺炎的治疗多采用机械通气、抗感染、纠正电解质、体位引流、药物化痰、吸痰等方法治疗。常规吸痰考验操作者的手法和经验, 可能存在吸痰不彻底的问题, 无法为患者彻底清除气道内的黏稠痰液, 故而患者肺通气换气功能的改善有限。SP 患者呼吸道常伴有痰液黏着, 炎症因子活跃在肺部, 对此, 祛痰、保护肺脏是治疗目的之一, 经支气管镜肺泡灌洗的优势便显示出来, 经支气管镜肺泡灌洗是将支气管镜楔入肺部影像显示感染较重或是镜下分泌物较多的肺段或支气管内, 每次灌入常温(一般为 25℃)的生理盐水 10~20 ml, 总量在 50~60 ml, 最后经负压将盐水吸入收集瓶中的过程[9]。在治疗方面, 其可以改善引流, 恢复气道通畅, 促进炎症的吸收缓解以及肺复张[10]。近年来, 支气管镜在临床应用广泛, 可有效促进分泌物的排出, 促进患者肺通气的改善。本文就经支气管镜肺泡灌洗在重症肺炎中的应用展开综述, 希望为临床实践提供参考。

2. 重症肺炎的临床特点

2.1. 重症肺炎的危险因素

重症肺炎是累计肺实质的可导致多系统受损的急性炎症, 多由细菌感染引起, 危险因素包括年龄、酗酒、伴随疾病、免疫抑制剂或应用糖皮质激素、肿瘤患者、心脏病、精神或神经疾病或者治疗延迟等, 主要由 HAP、CAP 引起, 需要呼吸, 急诊, 监护病房, 感染, 检验等多科室共同协作才能完成, 若不及时控制病情, 一旦致病微生物进入血液, 容易因瀑布式炎症级联反应而导致多器官功能障碍、感染性休

克,甚至累及泌尿、神经、循环、凝血等系统,增加病死率[11]。在过去的治疗中,此病常进行全身用药,然而,此方式无法长时间维持药效在患者的病灶部位,同时需要使用大量的抗菌药物,不断增加的耐药菌数量极有可能导致无法控制感染的情况患者发生肺炎后感染控制难度较大,对抗生素的依赖较强,使得治疗难以控制感染,因此必须对此疾病加以重视。

2.2. 重症肺炎的主要机制

重症肺炎的主要临床表现为高热、休克、多脏器功能衰竭(MODS) [12],其中呼吸功能衰竭是引起 SP 患者死亡的重要原因之一。患者存在气道分泌物的增加、咳痰困难及痰液的粘稠度增加,容易阻塞气管支气管从而导致通气功能发生障碍,尤其对于伴有通气功能障碍的患者的生命健康造成严重的威胁。其发病机制非常复杂,包括病原体侵入、宿主免疫反应和氧化应激反应等方面。其中病原体侵入是 SP 发展的重要机制之一。

SP 大多数情况下由细菌、病毒或真菌等微生物引起。造成重症肺炎的病原体有很多类型,常见的有铜绿假单胞菌,鲍曼不动杆菌,大肠埃希菌,金黄色葡萄球菌,肺炎克雷伯杆菌等。研究显示,在重症社区获得性肺炎患者中,不同年龄段感染的病原体不同,成年人(18~60 岁)仅发现细菌-细菌合并感染率较高,儿童为呼吸道合胞病毒(21.30%)和肺炎链球菌(12.61%),老年人为流感病毒(10.94%)和铜绿假单胞菌(15.37%) [13]。病原体通过不同途径迁移到肺部,其中包括定植于咽部的细菌、吸入空气中的病毒颗粒(<5 μm)及空气中的真菌孢子。其次,由于肺内存在微生物清除机制,包括肺泡巨噬细胞气管上皮细胞可以感知微生物、调节宿主免疫及粘膜纤毛系统的周期咳嗽来清除微生物,因此我们对病原体有一定的抵抗能力。但是伴随着吸烟、酗酒、营养不良、空气污染、慢性气道炎症及年龄等因素影响使得气道清除功能下降,病原体由此进入下呼吸道。最后,虽然肺泡中存在抑制微生物生长的微环境,包括缺乏微生物生长的养分、宿主衍生因子及免疫细胞,但是随着炎症的进展,肺内的水肿及气道粘液,不仅为微生物生长提供适宜环境更会灭活稀释抗菌分子,同时微生物的毒力因子促进组织损伤及宿主的免疫防御来改变肺泡微环境[14],引起机体免疫系统失衡以及氧化应激反应增强,进而导致肺泡和血管内皮细胞受损,出现急性肺损伤/急性呼吸窘迫综合征(ARDS)等病理改变。同时,在机体免疫应答方面,机体免疫系统会释放多种炎症因子,如白细胞介素-6 (interleukin-6, IL-6)、肿瘤坏死因子 α (tumor necrosis factor α , TNF- α)、间质细胞来源性肺泡蛋白-3 (Interstitial cell-derived pulmonary alveolar protein-3, S100A3) [15]等,引起全身炎症反应和局部肺部炎症,因此本病呼吸道常伴有痰液黏着。在氧化应激方面,SP 患者体内出现自由基及抗氧化酶系统的失衡,导致氧化应激反应增强。这一过程进一步激活细胞因子,加剧炎症反应和凝血功能障碍,最终使肺组织受损。

总之,SP 的发病机制十分复杂,重症肺炎患者临床表现为气道黏膜水肿、充血,黏性异物分泌增多以及血性分泌物的附着,影响肺部气体交换,降低肺部通气功能,甚至诱发低氧血症、呼吸功能衰竭,致死风险较高。临床需尽快给予高效、合理的抗感染治疗。

3. 支气管镜的应用进展

3.1. 支气管镜的发展史

支气管镜自 1897 年问世至今已有 127 年的历史,1897 年有“气道内镜之父”之称的德国医生古斯塔夫·基里安首先报道了用食管镜为一名青年男性从气道内取出骨性异物,从而开创了硬质窥镜插入气管和对支气管进行内镜操作的历史,然而,传统支气管镜镜片镀铜易脱落、操作复杂以及当时麻醉技术的落后,限制了其进一步应用。直至 20 世纪 60 年代中期以后,支气管镜发展成纤维支气管镜和电子支气管镜。随后支气管镜的发展经历了传统硬质支气管镜/纤维支气管镜和现代电子支气管镜、电视硬支气管镜、超

声支气管镜共用的三个历史阶段[16]。随着现代技术的不断发展,出现了可以到达普通支气管难以到达的周围肺的超细支气管镜[17],有学者将其定义为内径 $\leq 3.5\text{ mm}$ [18],其相比于普通支气管镜更小、更灵活,可以帮助医生们看到更加精确的图像。近年来,随着麻醉技术的日益进步以及支气管镜检查中对于患者舒适度和耐受度提出了更高的要求[19],无痛支气管镜出现在大众的视野,其采用局部麻醉联合静脉镇静镇痛的方法,减轻或消除了患者在支气管镜诊疗中的痛苦,提高患者的舒适度及耐受度[20]。

3.2. 支气管镜的工作原理

支气管镜作为一种医疗器械,用于诊断或者治疗人体呼吸系统疾病。支气管镜主要由内窥镜、光源和图像控制系统等部分组成,其中内窥镜是最主要的部分,我们通过它可以清晰地观察到支气管的内部结构,主机主要是高清成像处理中心,光源则为我们提供视野。随着技术的更新,电子支气管镜已经成为主流,将电荷耦合器(CCU)安装在支气管前端用来代替原来的内窥镜,由电缆代替纤维束来传达影像,相对轻便且操作简便,可用于体内较深的部位,如肺小叶的支气管等,因此被广泛应用于呼吸系统疾病的诊断和治疗中,如肺炎、肺癌、支气管炎等,成为医生诊断和治疗呼吸系统疾病的重要工具[21]。近年来越来越多学者更加推荐一次性支气管镜。由便携式触屏显示器及不同型号的支气管内镜两部分组成[22]。其优势包括: 1) 一次性支气管镜经过了彻底灭菌,解决了普通支气管镜清洁不完全的情况,进一步降低交叉感染的风险[23]。2) 成本较低,避免了较高的维修费用,降低潜在感染风险患者治疗成本[24]。3) 方便携带并可作为教学、科研工具[24]。

4. 经支气管镜肺泡灌洗治疗重症肺炎

4.1. 经支气管镜肺泡灌洗治疗的机制

经支气管镜肺泡灌洗是通过纤维支气管镜进入气道深处,对其气道内黏膜分泌物进行清除;同时,其通过肺泡灌洗液将气道内的炎性渗出液进行稀释,降低患者机体的细菌毒素反应,并且其操作视野清晰,不会对气道黏膜造成损伤。经纤维支气管镜肺泡灌洗技术是在不破坏支气管黏膜的情况下利用灌洗液反复冲洗气道并抽吸肺泡灌洗液,使得抗感染效果更加明显,进而有效改善肺组织生理功能,促使患者临床症状得以缓解。支气管镜及灌洗液均可对气道黏膜产生局部刺激,有效促进分泌物的排出,在缓解患者临床不适症状的同时,一定程度上可维持患者的气道水平、缓解呼吸肌疲劳,并且在治疗后对分泌物进行培养,以针对性选择相应抗生素。支气管大量分泌物的堆积使大量炎症细胞聚集,炎症因子水平升高。肺泡灌洗可带出积于气管中的痰液等分泌物、炎症细胞及炎症因子,达到清除炎症介质的目的,使得炎症因子水平降低,现有的临床研究并未对其降低炎症介质的具体机制存在详细的阐述,仅孔祥伟[25]等研究发现其可以清除机体炎症介质,降低 CRP、PTX-3 等炎症介质的水平并改善血气指标,减轻炎症反应。

4.2. 经支气管镜肺泡灌洗的优势

重症肺炎病情进展过程中,可增加肺内黏液的分泌,使得气道严重阻塞,且痰液过多还会阻碍抗菌药物的渗透,导致药物难以在病灶处形成有效浓度,故吸痰治疗尤为重要。常规吸痰技术主要依据操作人员经验,存在遗漏等问题,无法保证彻底清除黏液,对肺功能改善效果具有一定局限性[26]。同时积累在气管中的痰痂及血块可完全或部分阻塞支气管,导致通气换气功能障碍,严重会导致窒息或者心肺骤停等严重并发症。由此,支气管镜的优势便显现出来,支气管镜能通过前端的镜头直接取出黏着在气道上的痰液及血块,能够在短时间内将患者呼吸道内的分泌物清理干净,减少痰液量,清除器官中堵塞的痰痂及血块,恢复气道通畅程度。对于经支气管镜肺泡灌洗治疗重症肺炎的适应症包括去除支气管内粘

稠不易去除的分泌物、难以用口服或注射药物来控制的重症肺部感染、协助选择针对性的抗生素及血气指标异常的严重感染患者。Kun Qian 研究显示, 对于有顽固性痰痂的患者, 可以用支气管镜吸取顽固性痰痂, 有利于气管插管的成功脱管以及有效降低术后并发症, 降低患者的死亡率[27]。Capasso [28]等的研究表明, 痰痂形成后气管破裂也可能增加死亡率。研究结果显示, 试验组治疗时间、治疗后血气指标、炎症因子均优于对照组, 提示试验组治疗更利于患者病情抑制, 快速排出痰液, 帮助患者恢复气道功能, 抑制炎症反应, 进而促进患者尽快恢复, 缩短治疗时间[29]。经支气管肺泡灌洗通过反复灌入生理盐水, 具有以下方面的优势[30]: 1) 经支气管镜下实施灌洗, 能够清晰地观察到患者的病变部位, 并且能够直达病灶, 更彻底地清除患者气道的分泌物。尤其是在分泌物较粘稠的情况下, 通过灌入生理盐水也能够起到稀释炎症因子的作用, 更有助于恢复气道通畅。2) 反复冲洗和吸引等操作, 可增强局部冲洗效果, 灌洗液可刺激气道, 诱发排痰, 减轻粘膜水肿, 起到增湿、诱发咳嗽反射等作用。促进痰液进一步排出, 从而为治疗提供更适宜的环境。3) 通过实施灌洗能够直接作用于患者病灶部位, 从而提升灭菌效果, 加速局部炎性介质吸收。与此同时可以在病变处取样来进行病原学检测, 以便更为准确地判断其感染的病原菌种类, 从而有针对性地选取抗生素进行抗菌治疗, 以有效减少病原菌耐药的情况出现。并且早期经支气管镜肺泡灌洗可以显著改善患者症状, 缩短住院时间[31]。也有研究指出说明经支气管镜吸痰联合盐酸氨溴索治疗老年重症肺炎能改善患者氧合指数和血气指标[32]。由于支气管镜可以在患者中快速进行, 并发症相对少, 是一种良好的治疗方法, 这也是其在 ICU 受欢迎的因素[33]。

4.3. 支气管镜治疗重症肺炎的并发症

研究显示, 支气管镜并发症的发生率为 0.03%~0.4% [34], 支气管镜并发症包括一般并发症及致命并发症, 一般并发症包括少量出血、单侧气胸、血流动力学改变、发烧感染、保健利用、咳嗽及其他呼吸道症状及不适, 致命并发症包括死亡、大量出血、喉痉挛、低氧血症、支气管痉挛及双侧气胸[35], 除此之外, Sokol Bilali [36]研究发现, 在支气管镜诊疗中会出现致命空气栓塞这一致命的并发症。由于患有重症肺炎的患者中大多为老年人, 年龄也成为我们治疗过程中的考虑因素, 然而在 Yildizeli [37]研究发现 75 岁以上患者进行支气管镜检查发证并发症的发生率与其他年龄组无差异。需要注意的是, 弥漫性肺泡出血也是近几年新发现的致命并发症[38]。

4.4. 支气管镜并发症的处理

针对出血这一并发症, 除了在术前排除禁忌症, 可针对出血量采取不同措施, 大多数为自限性, 出血较多, 可给予 1:10,000 肾上腺素和/或 10 U/ml 凝血酶局部止血, 若为不受控制的出血, 可支气管内填塞, 或者在术前我们选取不出血的肺进行插管[9]。发热与感染在其中的发生率为 1%~20%, 多是 24 h 内消退的短暂菌血症及促炎因子的释放, 尤其是在肺泡灌洗术后尤为明显, 研究报告显示对于 FB 后的菌血症, 不建议预防性预防心内膜炎, 除非存在无脾、假瓣膜及既往心内膜炎病史患者[39]。喉痉挛患者, 应立即解除诱因, 正压通气并加深麻醉, 必要时采用肌松药物[40]。对于低氧血症, 我们应补充氧气, 尽可能快的进行手术, 特别是在机械通气患者中, 必要时从患者气道取出支气管镜以进行通气, 而且支气管痉挛及心律失常多由于低氧及交感神经张力的升高导致, 所以纠正低氧血症是有必要的, 轻者可自行缓解, 重者立即停止操作, 氧气吸入, 用肾上腺素或糖皮质激素扩张支气管[41]。Cusick [42]发现一例双侧气胸的罕见病例, 一般气胸无需特殊治疗, 而双侧气胸则可采取胸腔引流、减少气体侧漏、促进再扩张等方法来治疗, 双侧气胸的触发因素或许是气流停止和不希望的瓦尔萨尔瓦动作引起, 注意鉴别及早期发现。Saya [38]研究显示拔罐后喉痉挛是导致弥漫肺泡出血的一个因素, 由于剧烈吸气对抗急性的上呼吸道的阻塞引起, 治疗包括气道的护理以及控制血流动力学的稳定, 一般在 12 到 24 小时缓解。对于少见且致命的空气脑栓塞, 我们不仅要早期识别及时发现, 比如嗜睡、意识丧失及生命体征的不稳定,

及早发现, 早期治疗, 这包含了避免正压通气、应用高压氧疗法及摆正常见的 Trendelenburg 体位来应对[36]。支气管镜的并发症相对发生率低, 是一项较为安全的无创技术, 但是也需要我们医生经常练习来保持能力[43], 对于支气管镜并发症的预防, 术前应完善相关检查以排除禁忌症、充分地麻醉以及在操作时注意观察患者的体征不适及时处理。操作时注意充分沟通缓解患者紧张的心情、操作温柔及加强监测, 尽可能降低不良事件的发生率。

5. 小结与展望

总体而言, 支气管镜治疗重症肺炎具有显著的优势, 包括了进行快、并发症少、治疗效果好等优势。随着科学技术的进步和发展, 相信在未来支气管镜的精密度及舒适度会越来越高, 也会更加普及, 为重症肺炎患者的治疗提供一个良好的方向。虽然支气管镜是一项安全的技术, 但仍有可能出现危及生命的并发症, 对此我们需要保证有规范地操作以及对于适应症的充分了解才能做到避免出现对患者不必要的伤害。

基金项目

济宁市科技局(2022YXNS053)。

参考文献

- [1] Restrepo, M.I., Mortensen, E.M., Velez, J.A., Frei, C. and Anzueto, A. (2008) A Comparative Study of Community-Acquired Pneumonia Patients Admitted to the Ward and the ICU. *Chest*, **133**, 610-617. <https://doi.org/10.1378/chest.07-1456>
- [2] Mortensen, E.M., Restrepo, M., Anzueto, A. and Pugh, J. (2004) Effects of Guideline-Concordant Antimicrobial Therapy on Mortality among Patients with Community-Acquired Pneumonia. *The American Journal of Medicine*, **117**, 726-731. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2004.06.028>
- [3] Hraiech, S., Alingrin, J., Dizier, S., Brunet, J., Forel, J., La Scola, B., *et al.* (2013) Time to Intubation Is Associated with Outcome in Patients with Community-Acquired Pneumonia. *PLOS ONE*, **8**, e74937. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0074937>
- [4] Muscedere, J.G., Day, A. and Heyland, D.K. (2010) Mortality, Attributable Mortality, and Clinical Events as End Points for Clinical Trials of Ventilator-associated Pneumonia and Hospital-Acquired Pneumonia. *Clinical Infectious Diseases*, **51**, S120-S125. <https://doi.org/10.1086/653060>
- [5] Restrepo, M.I., Mortensen, E.M., Rello, J., Brody, J. and Anzueto, A. (2010) Late Admission to the ICU in Patients with Community-Acquired Pneumonia Is Associated with Higher Mortality. *Chest*, **137**, 552-557. <https://doi.org/10.1378/chest.09-1547>
- [6] Mandell, L.A., *et al.* (2007) Infectious Diseases Society of America/American Thoracic Society Consensus Guidelines on the Management of Community-Acquired Pneumonia in Adults. *Clinical Infectious Diseases*, **44**, S27-S72.
- [7] Georges, H., Leroy, O., Vandenbussche, C., Guery, B., Alfandari, S., Tronchon, L., *et al.* (1999) Epidemiological Features and Prognosis of Severe Community-Acquired Pneumococcal Pneumonia. *Intensive Care Medicine*, **25**, 198-206. <https://doi.org/10.1007/s001340050816>
- [8] Cillóniz, C., Torres, A. and Niederman, M.S. (2021) Management of Pneumonia in Critically Ill Patients. *BMJ*, **375**, e065871. <https://doi.org/10.1136/bmj-2021-065871>
- [9] 与支气管镜在急危重症临床应用专家共识组. 支气管镜在急危重症临床应用的专家共识[J]. 中华急诊医学杂志, 2016, 25(5): 568-572.
- [10] 杨敏等. 支气管肺泡灌洗治疗肺炎支原体肺炎合并肺不张的效果及其影响因素[C]//浙江省医学会儿科学分会. 2018 年浙江省医学会儿科学分会学术年会论文汇编. 2018: 222.
- [11] 中国急诊重症肺炎临床实践专家共识[J]. 中国急救医学, 2016, 36(2): 97-107.
- [12] Rider, A.C. and Frazee, B.W. (2018) Community-Acquired Pneumonia. *Emergency Medicine Clinics of North America*, **36**, 665-683. <https://doi.org/10.1016/j.emc.2018.07.001>
- [13] Liu, Y., Zhang, Y., Xu, Q., Qiu, Y., Lu, Q., Wang, T., *et al.* (2023) Infection and Co-Infection Patterns of Community-Acquired Pneumonia in Patients of Different Ages in China from 2009 to 2020: A National Surveillance Study. *The Lancet Microbe*, **4**, e330-e339. [https://doi.org/10.1016/s2666-5247\(23\)00031-9](https://doi.org/10.1016/s2666-5247(23)00031-9)

- [14] Vaughn, V.M., Dickson, R.P., Horowitz, J.K. and Flanders, S.A. (2024) Community-Acquired Pneumonia. *JAMA*, **332**, 1282-1295. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.14796>
- [15] 田翠燕, 刘君玲. 基于网络药理学探讨桔梗治疗重症肺炎的作用机制[J]. 天津药学, 2024, 36(2): 58-63.
- [16] Becker, H.D. (2010) Bronchoscopy: The Past, the Present, and the Future. *Clinics in Chest Medicine*, **31**, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2009.11.001>
- [17] Oki, M. and Saka, H. (2020) Diagnostic Value of Ultrathin Bronchoscopy in Peripheral Pulmonary Lesions: A Narrative Review. *Journal of Thoracic Disease*, **12**, 7675-7682. <https://doi.org/10.21037/jtd-2020-abpd-001>
- [18] Dhillon, S.S. and Harris, K. (2017) Bronchoscopy for the Diagnosis of Peripheral Lung Lesions. *Journal of Thoracic Disease*, **9**, S1047-S1058. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.05.48>
- [19] 钟玉英, 季爱琴, 沈旭慧. 无痛性纤维支气管镜检查 34 例疗效观察及护理[J]. 解放军护理杂志, 2007, 24(1): 67.
- [20] 陈璞莹, 等. 无痛技术在支气管镜检查中的应用[J]. 中国内镜杂志, 2019, 25(4): 60-64.
- [21] Ikeda, S., Tsuboi, E., Ono, R. and Ishikawa, S. (2010) Flexible Bronchofiberscope. *Japanese Journal of Clinical Oncology*, **40**, e55-e64. <https://doi.org/10.1093/jjco/hyq114>
- [22] Barron, S. and Kennedy, M.P. (2020) Single-Use Bronchoscopes: Applications in COVID-19 Pandemic. *Journal of Bronchology & Interventional Pulmonology*, **28**, e3-e4. <https://doi.org/10.1097/lbr.0000000000000685>
- [23] 何书贞, 谢丽华. 一次性使用支气管镜在呼吸系统疾病中的应用[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2023, 46(4): 436-440.
- [24] 中华医学会呼吸病学分会, 等. 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.
- [25] 孔祥伟, 等. 纤支镜下支气管肺泡灌洗对重症肺炎伴呼吸衰竭患者血气指标及炎症反应的影响[J]. 数理医药学杂志, 2020, 33(4): 489-491.
- [26] 蔡琦, 晏菽. 经纤支镜肺泡灌洗术治疗重症肺炎的临床价值[C]//榆林市医学会. 第五届全国医药研究论坛论文集(一). 2024: 128-131.
- [27] Qian, K., Wei, Y., Liu, X., Li, Z., Cao, S., Wen, D., et al. (2023) A Missed Diagnosis of Sputum Crust with Fiberoptic Bronchoscope Causing Extubation Failure: A Case Report. *BMC Pulmonary Medicine*, **23**, Article No. 153. <https://doi.org/10.1186/s12890-023-02457-w>
- [28] Capasso, R., Carbone, M., Rossi, E., Mamone, R., Zeccolini, R., Reginelli, A., et al. (2016) A 4-Year-Old Child Presenting Morning Onset of Spontaneous Tracheal Rupture Due to Bronchial Mucous Plug Occlusion during the Nighttime Sleep: A Case Report. *Journal of Medical Case Reports*, **10**, Article No. 141. <https://doi.org/10.1186/s13256-016-0912-9>
- [29] 姚红卫. 重症肺炎患者应用大剂量盐酸氨溴索联合纤维支气管镜吸痰治疗的效果及作用机制探讨[J]. 航空航天医学杂志, 2019, 30(3): 333-334.
- [30] 运莉娜. 经纤维支气管镜肺泡灌洗术对重症肺炎患者疗效及呼吸动力学的影响[J]. 航空航天医学杂志, 2024, 35(3): 302-304.
- [31] Long, T.W., Lin, J.L. and Dai, J.H. (2020) Influencing Factors for the Clinical Effect of Bronchoalveolar Lavage in Children with *Mycoplasma pneumoniae* Pneumonia and Atelectasis. *Chinese Journal of Contemporary Pediatrics*, **22**, 984-989.
- [32] Tang, H., Yuan, Z., Li, J., Wang, Q. and Fan, W. (2022) The Application of Ambroxol Hydrochloride Combined with Fiberoptic Bronchoscopy in Elderly Patients with Severe Pneumonia: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Medicine*, **101**, e28535. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000028535>
- [33] Ergan, B. and Nava, S. (2018) The Use of Bronchoscopy in Critically Ill Patients: Considerations and Complications. *Expert Review of Respiratory Medicine*, **12**, 651-663. <https://doi.org/10.1080/17476348.2018.1494576>
- [34] Miller, R.J., Casal, R.F., Lazarus, D.R., Ost, D.E. and Eapen, G.A. (2018) Flexible Bronchoscopy. *Clinics in Chest Medicine*, **39**, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2017.09.002>
- [35] Leiten, E.O., Martinsen, E.M.H., Bakke, P.S., Eagan, T.M.L. and Grønseth, R. (2016) Complications and Discomfort of Bronchoscopy: A Systematic Review. *European Clinical Respiratory Journal*, **3**, Article No. 33324. <https://doi.org/10.3402/ecrj.v3.33324>
- [36] Bilali, S., Bilali, V., Saraci, B., Zekja, I. and Nina, H. (2022) Fatal Air Embolism: A Grave Complication during Diagnostic Flexible Bronchoscopy. *Clinical Case Reports*, **10**, e05287. <https://doi.org/10.1002/ccr3.5287>
- [37] Yildizeli, S.O., Tufan, A., Arikan, H., Cinar, C., Kocakaya, D. and Eryuksel, E. (2017) Risk Factors for Bronchoscopic Complications in Patients over 75 Years of Age. *European Geriatric Medicine*, **9**, 89-94. <https://doi.org/10.1007/s41999-017-0001-7>

- [38] Tsukida, S., Watanabe, S., Hongo, M., Murase, Y., Yamamoto, Y., Kase, K., *et al.* (2023) Unexpected Diffuse Alveolar Hemorrhage after Bronchoscopy. *CHEST*, **164**, e71-e74. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2023.04.027>
- [39] Lv, Z. and Yuan, N. (2020) Construction of a Risk Prediction Model for Fever after Painless Bronchoscopy. *Medical Science Monitor*, **26**, e924911. <https://doi.org/10.12659/msm.924911>
- [40] 国家卫生健康委员会人才交流服务中心儿科呼吸内镜诊疗技术专家组, 等. 中国儿科可弯曲支气管镜术指南 (2018 年版) [J]. 中华实用儿科临床杂志, 2018, 33(13): 983-989.
- [41] 申昆玲, 等. 糖皮质激素雾化吸入疗法在儿科应用的专家共识(2018 年修订版) [J]. 临床儿科杂志, 2018, 36(2): 95-107.
- [42] Cusick, F., Wurm, K., König, V., Bauer, M. and Sponholz, C. (2019) Bilateral Pneumothorax during Awake Fiberoptic Intubation: A Rare Complication of Bronchoscopy. *Medizinische Klinik-Intensivmedizin und Notfallmedizin*, **115**, 491-494. <https://doi.org/10.1007/s00063-019-0582-7>
- [43] Asai, T. and Heidegger, T. (2023) Practical Training Method for Fiberoptic Intubation. *Journal of Anesthesia*, **37**, 811-812. <https://doi.org/10.1007/s00540-023-03211-6>