·专科医师培养·

支气管镜虚拟仿真系统在PCCM学员临床培训中的应用研究

吕行[1]　毕卫云[2]　张艳[1]　逯新宇[1]
[1]空军军医大学西京医院呼吸与危重症医学科，西安　710032；[2]空军军医大学西京医院临床技能培训中心，西安　710032
通信作者：逯新宇，Email：tixinyu@fmmu.edu.cn

【摘要】 目的　探讨支气管镜虚拟仿真训练系统在呼吸与危重症医学（pulmonary and critical care medicine，PCCM）专科规范化培训学员临床理论和技能培训中的应用。**方法**　选取2018至2021年在空军军医大学西京医院参加过虚拟支气管镜培训的50名PCCM学员作为研究对象。采用自身前后对照研究，分别在培训前、培训1周和培训2周对其进行理论及操作考核，并采取调查问卷形式对培训效果进行评价。应用SPSS 23.0进行配对t检验和卡方检验。**结果**　50名PCCM学员均完成了虚拟仿真支气管镜培训，培训结束后理论成绩提升[（80.0 ± 5.2）分 vs.（92.4 ± 3.8）分]，且参训学员在基础性操作总时间[（1 050.9 ± 103.3）s vs.（386.4 ± 47.7）s]、碰壁次数[（88.3 ± 12.7）次 vs.（27.0 ± 5.3）次]等指标方面均减少，肺泡灌洗液回收率[（27.6 ± 7.4）% vs.（58.0 ± 8.2）%]及活检阳性率[（19.2 ± 13.1）% vs.（86.8 ± 10.8）%]提高。最终成绩的学习曲线提示，培训第1周内成绩提升更快，培训第2周成绩提升趋于平缓。培训前后的调查问卷提示，虚拟仿真培训可提升学员对支气管镜检查的信心和熟练度。**结论**　参训学员经过虚拟仿真支气管镜系统培训后，理论和操作水平比培训前提高。因此，虚拟仿真支气管镜训练系统对于提高PCCM学员临床支气管镜的整体培训效果具有现实意义，值得推广。

【关键词】 虚拟仿真系统；　呼吸与危重症医学；　技能培训；　考核指标
【中图分类号】 R3
基金项目：陕西省卫生健康科研基金项目（2021A006）；空军军医大学提升计划（2020JSTS10）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210722-01358

Application of virtual intelligent system in bronchoscopy theory and operation training for PCCM physicians

Lü Xing[1], Bi Weiyun[2], Zhang Yan[1], Ti Xinyu[1]
[1]Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Xijing Hospital, Air Force Medical University, Xi'an 710032, China; [2]Department of Clinical Skills Training Center, Xijing Hospital, Air Force Medical University, Xi'an 710032, China
Corresponding author: Ti Xinyu, Email: tixinyu@fmmu.edu.cn

【Abstract】 Objective　To evaluate the role of virtual bronchoscopy intelligent system in improving the theory and operation level of bronchoscopy in pulmonary and critical care medicine (PCCM) teaching for standardized training specialists. **Methods**　A total of 50 PCCM physicians who had participated in virtual bronchoscopy training in Xijing Hospital, Air Force Medical University from 2018 to 2021 were selected as research subjects. In this study, self-controlled method was adopted to evaluate the change of assessment indicators after 1 week and 2 weeks of training. Questionnaire survey was also used to evaluate the training effect. SPSS 23.0 software was used for paired t-test and Chi-square test. **Results**　All the 50 PCCM physicians successfully completed the training of virtual bronchoscopy operation. The theoretical score was significantly improved after the training [(80.0 ± 5.2) points vs. (92.4 ± 3.8) points]. The basic operation time [(1 050.9 ± 103.3) s vs. (386.4 ± 47.7) s], and the number of hitting the bronchial wall [(88.3 ± 12.7) times vs. (27.0 ± 5.3) times] were significantly reduced. The recovery rate of alveolar lavage fluid [(27.6 ± 7.4)% vs. (58.0 ± 8.2)%] and the positive rate of biopsy [(19.2 ± 13.1)% vs. (86.8 ± 10.8)%] were significantly

increased. The learning curve of the final score indicated that the score improved more rapidly in the first week of training, and the score improved more slowly in the second week of training. Questionnaires before and after the training indicated that virtual intelligent training could significantly improve the confidence and proficiency of students in bronchoscopy. **Conclusion** Through the systematic training of virtual bronchoscopy intelligent system, the PCCM physicians have significantly improved their theoretical knowledge and operational proficiency. Therefore, the virtual bronchoscopy training system has practical significance for improving the overall training effect of clinical bronchoscopy for PCCM trainees, which is worthy of promotion.

【Key words】 Virtual intelligent system; Pulmonary and critical care medicine; Skill training; Assessment indicator

Fund program: Shaanxi Provincial Health Care Scientific Research Fund Project (2021A006); Air Force Medical University Promotion Program (2020JSTS10)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210722-01358

2013 年 9 月，中华呼吸学会与美国胸科医师学院发表联合声明，共同促进中国呼吸与危重症医学（pulmonary and critical care medicine，PCCM）专科规范化培训体系的建立，而支气管镜是 PCCM 学员必须掌握的操作技能之一[1]。因其创伤小、恢复快、适应证广等特点，支气管镜在呼吸及危重症的诊治中意义重大。国外 PCCM 学员在进行临床支气管镜操作之前，需完成标准化支气管镜培训并通过考核，但我国尚无规范的支气管镜培训和考核体系[2]。虚拟仿真支气管镜训练系统由高性能计算机、图像处理系统、特殊软件和设备构成[3]，能够提供完整的上、下呼吸道模拟图像和支气管镜检查路线，并提供视觉、触觉和听觉反馈[4-5]。该系统可以模拟临床真实操作情景，学员可在无医疗风险的条件下反复练习支气管镜，对学员夯实理论知识、提高操作水平有重要意义。本研究通过自身对照方式，观察 PCCM 学员利用虚拟仿真支气管镜系统培训前后各项指标的变化情况，探讨该系统在支气管镜理论和操作培训中的应用，为提升 PCCM 学员支气管镜培训效果提供理论依据和方法支持。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究纳入 2018 至 2021 年在西京医院参加虚拟仿真支气管镜培训的 50 名 PCCM 学员，其中男性 33 人、女性 17 人，均为硕士研究生以上学历（含硕士研究生），年龄（28.1 ± 4.5）岁。所有参训者均未进行过任何形式的支气管镜培训或独立完成过支气管镜检查。

1.2 研究方法

培训内容包括理论讲解、操作演示、操作训练、理论考核与操作考核。在西京医院临床技能培训中心完成虚拟支气管镜培训。理论内容包括支气管解剖结构、支气管镜适应证和禁忌证、支气管镜基本操作技巧等，操作内容结合临床常用需求和虚拟系统的存储病例进行选择。总培训时间为 2 周，理论授课后将课件分发给学员自行学习，操作练习时间每天约 2 h，每周上机操作 5 天。培训时完全按照实际操作的环境和步骤进行要求。在进行模拟支气管镜操作前，复习支气管树的解剖特点，简单讲解支气管镜的构造、操作方法、体位和观察各级支气管的基本方法（理论讲解）。之后由指导教师上机演示虚拟支气管镜各项操作方法，同时讲解操作技巧（操作演示）。

本研究使用的虚拟仿真操作系统是 The AccuTouch Flexible Bronchoscopy Simulator（Immersion Medical，Gaithersburg，MD，图 1）。整个操作培训分为支气管镜基础性操作和诊断性操作两部分。基础性操作包括支气管镜基本操作技能和解剖学认知；诊断性操作包括肺泡灌洗和病变组织钳夹活检。虚拟病例可以在学员进行操作时模拟真实状态，训练学员操作及处置并发症（如咳嗽、出血等）的能力，并根据学员操作情况模拟刺激性咳嗽，出现分泌物或者出血等各种情况。学员可通过使用虚拟吸引器、局部麻醉药、止血药、镇静药等方式改善气管镜操作视野或缓解症状。虚拟支气管镜的工作通道可以用来实现生理盐水注入、活检钳插入等相关操作，用于学员进行肺泡灌洗及病变组织活检。

1.3 考核方法

总成绩包括理论及操作考核两部分，计算方式为：总成绩=理论成绩 × 0.3+操作成绩 × 0.7。理论考核采用试卷形式。操作考核分为基础性操作和诊断性操作，各占 50.0%。在基础性操作部分，需探

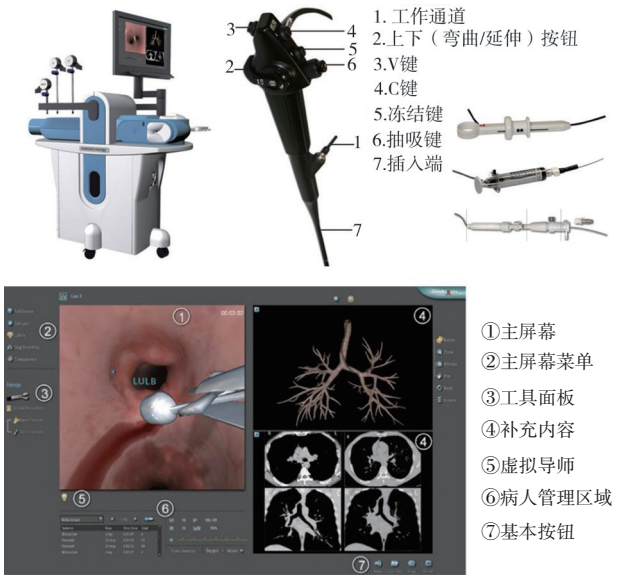


图1　虚拟仿真气管镜培训系统展示及具体操作界面说明

查全部叶段支气管，并按要求到达特定叶段支气管。记录总操作时间、通过声门时间、碰壁次数、叶段支气管到达率、利多卡因用量及操作成绩。在诊断性操作部分，要求学员对特定叶段进行肺泡灌洗（总量 50 ml）和回收（吸引 5 s/次 ×3 次），并对病变部位进行多次活检（共 10 钳）。记录操作总时间、病变部位到达时间、肺泡灌洗液回收率、活检阳性率等结果。在初次理论讲解和操作演示后，进行一次理论及操作考核，培训 1 周及 2 周后，对学员分别进行中期及最终考核，记录各项考核结果。每次考核后，利用调查问卷评价学员对支气管镜的认知水平（表 1）。

1.4　统计学方法

数据采用 SPSS 23.0 进行统计学分析。计量资料采用（均数 ± 标准差）表示，验证正态分布和方差齐性后，利用配对 t 检验对相关指标分别进行两组间比较。利用卡方检验对调查问卷各项目中不同等级的人数分布情况进行统计分析。检验水准 α=0.05。

2　结果

2.1　理论考核

利用试卷对学员进行理论考核，考核内容包括支气管解剖、CT 阅片定位病灶、支气管镜检查适应证及禁忌证、支气管镜操作技巧、支气管镜检查常见问题的处置原则等。PCCM 学员在培训前理论成绩仅为（80.0 ± 5.2）分，培训 1 周后成绩提高至（89.9 ± 4.2）分，培训 2 周后理论成绩为（92.4 ± 3.8）分，较培训 1 周有进一步提高。

2.2　基础性操作考核

经培训后，学员完成全肺叶段支气管镜探查的总操作时间、通过声门时间、碰壁次数和利多卡因用量均显著减少，叶段支气管到达率明显增加。相较于培训 1 周，培训 2 周的各项指标提升效果更加显著（表 2）。

2.3　诊断性操作考核

经培训后，学员的总操作时间、到达病变部位的时间和利多卡因用量均减少，灌洗液回收率及活检阳性率均增加。相较于培训 1 周，培训 2 周的各项指标提升效果更加显著（表 3）。

表1　支气管镜调查问卷内容

问卷项目	程度分级
支气管镜操作信心	1.完全没有信心；2.有点信心；3.比较有信心；4.非常有信心
支气管镜操作熟练程度	1.完全不熟练；2.有点熟练；3.比较熟练；4.非常熟练
支气管镜适应证认知	1.完全不清楚；2.有点清楚；3.比较清楚；4.非常清楚
支气管镜禁忌证认知	1.完全不清楚；2.有点清楚；3.比较清楚；4.非常清楚
通过CT识别病变位置	1.完全不会识别；2.少部分可识别；3.大部分可识别；4.都可识别
镜下简单问题处置	1.完全不会处置；2.少部分可处置；3.大部分可处置；4.都可处置

表2　基础性操作考核成绩（$\bar{x} \pm s$）

项目	培训前	培训1周	培训2周	t_1值	t_2值	t_3值	P_1值	P_2值	P_3值
总操作时间（s）	1050.9 ± 103.3	721.7 ± 87.2	386.4 ± 47.7	24.00	28.80	52.60	<0.001	<0.001	<0.001
通过声门时间（s）	120.1 ± 25.7	68.7 ± 13.6	27.5 ± 5.1	17.50	19.40	25.70	<0.001	<0.001	<0.001
碰壁次数（次）	88.3 ± 12.7	48.0 ± 9.2	27.0 ± 5.3	23.60	23.30	37.90	<0.001	<0.001	<0.001
叶段支气管到达率（%）	57.7 ± 8.7	91.7 ± 5.5	97.0 ± 3.3	24.70	7.20	31.70	<0.001	<0.001	<0.001
利多卡因用量（ml）	52.1 ± 8.3	26.2 ± 5.2	23.4 ± 5.0	21.70	3.40	22.80	<0.001	0.001	<0.001
操作成绩（分）	57.4 ± 7.7	87.7 ± 6.5	95.5 ± 4.3	23.90	8.60	31.30	<0.001	<0.001	<0.001

注：t_1 和 P_1 值为培训 1 周和培训前相比，t_2 和 P_2 值为培训 2 周和培训 1 周相比，t_3 和 P_3 值为培训 2 周和培训前相比。

2.4　总成绩变化趋势

接受培训前学员的平均总成绩为(60.2 ± 4.2)分,培训 1 周后为(82.7 ± 3.4)分,相较于培训前提高(P<0.001)。培训 2 周后学员的平均成绩为(90.4 ± 2.8)分,相较于培训前和培训 1 周后差异有统计学意义(P<0.001)。通过绘制最终成绩的平均值变化曲线,发现在培训第 1 周内成绩提升更快,培训第 2 周成绩提升趋于平缓(图 2)。

2.5　调查问卷

培训前学员各问卷项目评分均为 1 分,经培训后各项认知指标均得到提升,其中提升明显的是对支气管镜适应证和禁忌证的判断。但是,对镜下简单问题的处置能力提升有限,甚至经过 2 周培训后,少部分学员因无法准确判断问题严重程度,处置问题能力反而不如培训 1 周时(表 4)。

3　讨论

3.1　虚拟支气管镜培训的必要性

支气管镜作为 PCCM 医生最重要的“武器”之一,在临床诊疗当中使用频率及诊断价值极高。临床低年资医生无法短时间内接触到足够的患者来提高自身的操作技能,但是支气管镜水平又需要大量实践经验不断提高,在这种矛盾之下虚拟培训应运而生[6]。

传统的支气管镜培训模式主要是“观摩示教+支气管树模型+真实患者实践”的组合应用。虽然

表 3　诊断性操作考核成绩

项目	培训前	培训 1 周	培训 2 周	t_1值	t_2值	t_3值	P_1值	P_2值	P_3值
总操作时间(s)	1259.3 ± 88.2	782.7 ± 71.6	518.5 ± 63.5	38.00	19.10	53.00	<0.001	<0.001	<0.001
到达部位的时间(s)	229.6 ± 42.5	93.2 ± 13.1	50.1 ± 12.7	24.80	23.30	32.90	<0.001	<0.001	<0.001
灌洗液回收率(%)	27.6 ± 7.4	48.3 ± 7.6	58.0 ± 8.2	16.70	12.50	24.60	<0.001	<0.001	<0.001
活检阳性率(%)	19.2 ± 13.1	64.4 ± 15.8	86.8 ± 10.8	19.00	10.50	30.20	<0.001	<0.001	<0.001
利多卡因用量(ml)	58.7 ± 8.1	33 ± 6.5	32.6 ± 6.6	20.00	0.30	21.60	<0.001	0.735	<0.001
诊断性操作成绩	45.9 ± 6.7	71.5 ± 7.3	83.6 ± 7.1	22.40	14.10	32.50	<0.001	<0.001	<0.001

注:t_1和P_1值为培训 1 周和培训前相比,t_2和P_2值为培训 2 周和培训 1 周相比,t_3和P_3值为培训 2 周和培训前相比。

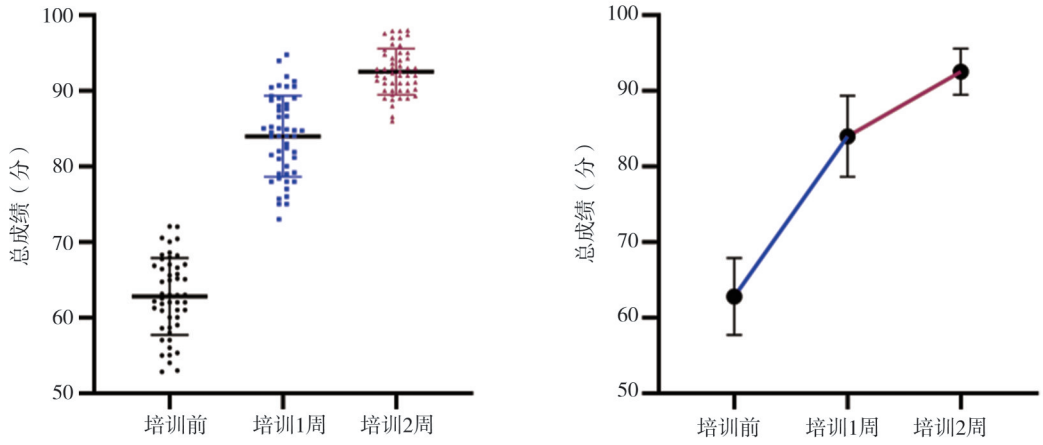


图 2　培训前、培训 1 周及培训 2 周最终成绩的变化趋势

表 4　培训前、中、后调查问卷不同程度的人数分布

问卷项目	培训前 1/2/3/4	培训 1 周 1/2/3/4	培训 2 周 1/2/3/4	χ^2值	P值
支气管镜操作信心	50/0/0/0	11/22/17/0	0/16/28/6	106.00	<0.001
支气管镜操作熟练程度	50/0/0/0	17/16/17/0	0/13/16/21	107.13	<0.001
支气管镜适应证认知	50/0/0/0	0/22/13/15	0/0/16/34	122.81	<0.001
支气管镜禁忌证认知	50/0/0/0	0/16/17/17	0/0/14/36	120.36	<0.001
通过 CT 识别病变位置	50/0/0/0	22/11/17/0	0/13/14/23	105.92	<0.001
镜下简单问题处置	50/0/0/0	11/22/17/0	17/13/20/0	44.11	<0.001

传统模式也可以使受训学员掌握支气管镜的基本理论和操作，但是其缺点明显：一是不同教师教学方法各异，导致教学效果一致性差，学员学习后操作水平参差不齐；二是支气管树模型缺乏真实感，且无法进行病变活检等操作训练；三是真实患者实践的初期，通常会因为操作者技术不熟练导致患者舒适性及配合度下降，甚至增加医疗风险[7-8]。本研究所采用的虚拟支气管镜系统通过计算机虚拟患者病情，通过高仿真技术，使学员能体验操作过程中的各种信息反馈[9]。它的主要特点包括：情景虚拟仿真性强[10]、风险低且可重复、练习自由度高、操作情况实时记录[11]。因此，本研究选择虚拟系统作为PCCM学员支气管镜培训的首选方式，并通过检索文献与临床经验结合，拟定培训及评价指标。

3.2　虚拟支气管镜培训的有效性

本次研究中对50位PCCM学员在虚拟支气管镜培训前、中、后进行对比，培训前与培训后考核结果如上所述。在虚拟训练后，基础性操作的各项指标显著提升，提示学员的操作速度、准确性和舒适性均得到了提高。而诊断性操作中，肺泡灌洗液回收率及活检阳性率在训练后均得到提高，表明学员持镜的稳定性及手眼配合能力得到提高，所需时间的减少意味着支气管镜的整体操作熟练度得到提升。调查问卷结果也显示，接受培训后，学员对于支气管镜操作的自信心、适应证和禁忌证的判断及通过胸部CT寻找病变部位的能力均提高。因此，虚拟仿真培训不仅使PCCM学员在理论和操作水平上得到提高，也克服了心理上的畏难情绪，为其在临床中独立完成支气管镜检查打下了坚实的基础。

虚拟支气管镜培训可以在2周内使学员掌握支气管解剖结构、适应证及禁忌证，并且在操作速度、舒适性、准确性及稳定性上均提升，特别是灌洗及活检等诊断性操作。因此，此培训方法值得在教学医院进行推广，使更多PCCM学员获得高质量的临床前技能培训课程。进一步分析发现，培训2周后的效果优于培训1周，但第2周的提升幅度较第1周减小，且培训1周已经可以满足进入临床实践的基本操作要求。由此可见，虽然延长训练时间可增加培训效果，但对于时间紧迫、经费紧张的教学医院，可以采取1周培训模式，而对于条件相对充足的教学医院，2周培训效果更佳。

3.3　虚拟支气管镜培训的局限性

虚拟支气管镜培训虽然有诸多优势，但利用虚拟仿真系统进行支气管镜培训也存在一些局限性。首先，本研究只利用了虚拟仿真系统对学员进行量化考核，没有进一步随访培训后的学员在临床真实患者检查中的操作感受和完成时间，无法准确评估此方法培训后的临床水平。其次，虚拟教学无法完全模拟临床过程，很多患者特征都无法体现，如大量出血或医源性气胸等，会影响学员对后续操作的判断。最后，虚拟教学无法很好培养学员的爱伤观念，容易使初学者产生“求快不求稳”“麻药不限量”等错误观念[2]，这些不良习惯的养成都会在未来的临床实践中给患者带来风险甚至是直接伤害。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　吕行：数据统计、论文撰写；毕卫云：硬件保障、论文修改；张艳：虚拟仿真系统教学培训及考核；遆新宇：思路设计、论文审订

参考文献

[1] Fielding DI, Maldonado F, Murgu S. Achieving competency in bronchoscopy: challenges and opportunities [J]. Respirology, 2014, 19(4): 472-482. DOI: 10.1111/resp.12279.

[2] 裴迎华，张杰，王娟，等. 虚拟支气管镜模拟器在支气管镜培训中的应用[J]. 中华腔镜外科杂志(电子版)，2015，8(6)：399-402. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-6899.2015.06.006.

[3] 张敏利，张晓妮，王航辉，等. 虚拟仿真气管切开术护理实践教学项目的构建和开发[J]. 医学教育研究与实践，2020，28(4)：667-670. DOI: 10.13555/j.cnki.c.m.e.2020.04.028.

[4] 吴金栋，任光辉，黄东键，等. 基于虚拟仿真技术开展实践教学改革的研究与实践[J]. 实验室研究与探索，2018，37(5)：240-244. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7167.2018.05.057.

[5] 尹龙，张莉，赵莉，等. 虚拟仿真技术与创新创业教育深度融合研究[J]. 实验技术与管理，2018，35(4)：118-120，125. DOI: 10.16791/j.cnki.sjg.2018.04.029.

[6] 李小娟，白晋，杜永洪，等. 大型医疗设备课程中应用虚拟仿真教学仪器的思路与实践[J]. 中华医学教育探索杂志，2020，19(4)：435-439. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20190618-00100.

[7] 梅爱红，谈敏，颜正茂，等. 呼吸科专科年轻医师支气管镜技术培养方式探讨[J]. 中国医学教育技术，2012，26(6)：699-701. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.2012.06.028.

[8] 田庆，肖彬彬，陈良安. 气管镜培训模式的转变[J]. 国际呼吸杂志，2013，33(14)：1115-1117，封3. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-436X.2013.014.017.

[9] 陈小波，肖珠琳，姚遥，等. 虚拟支气管镜系统在呼吸内镜培训考核中的研究[J]. 中国继续医学教育，2019，11(18)：37-39. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2019.18.017.

[10] Badiger S, Fearnley A, Ahmad I. Fibreoptic tracheal intubation training using bronchoscopy simulation [J]. Eur J Anaesthesiol, 2015, 32(3): 209-210. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000135.

[11] Konge L, Arendrup H, von Buchwald C, et al. Using performance in multiple simulated scenarios to assess bronchoscopy skills [J]. Respiration, 2011, 81(6): 483-490. DOI: 10.1159/000324452.

（收稿日期：2021-07-22）
（本文编辑：唐宗顺）