·上海交通大学医学院附属瑞金医院教学改革专栏·

导航支气管镜技术与人工智能辅助在支气管镜基础技能培训中的实践与思考

韩丁培[1] 王心怡[1] 徐艳丽[2] 冯希佳[1] 张煜[3] 邓丽华[3] 李啸扬[2] 李鹤成[1]
[1]上海交通大学医学院附属瑞金医院胸外科,上海 200025;[2]上海交通大学医学院附属瑞金医院教育处,上海 200025;[3]上海交通大学医学院附属瑞金医院教育处毕业后教育办公室,上海 200025
通信作者:李鹤成,Email:lihecheng2000@hotmail.com

【摘要】 目的 探讨导航支气管镜技术与人工智能在住院医师支气管镜基础技能规范化培训中的实践效果,以进一步提升住院医师的操作技能水平。**方法** 选取2023年9月至2024年1月在上海交通大学医学院附属瑞金医院参加basic NBSTAT培训的26名学员为研究对象,其中包括住院医师规范化培训住院医师14名和专科医师规范化培训住院医师12名。培训采用以导航模式为核心设计理念的模块化课程,包括确定病灶、精确定位、路径规划、导航操作和实时纠错5个模块,并结合理论授课和实践操作。教学评价采用瑞金医院气管内镜模拟训练系统和电磁导航支气管镜系统进行模拟操作考核,评价学员的操作熟练度。使用SPSS 26.0软件行统计分析,运用t检验和Wilcoxon秩和检验进行差异显著性分析。**结果** 培训后,所有学员的操作技能均显著提升,模拟操作时间从(125.08 ± 48.16) s缩至(77.69 ± 24.75) s,失误次数从1次降至0次,总评分从(60.77 ± 15.01)分提高至(75.19 ± 17.63)分,导航操作时间从3(3,4) min降至2(2,3) min,差异均有统计学意义;住培医师及专培医师成绩差异无统计学意义。学员对培训的总体满意率达100.00%。**结论** 该培训课程在支气管镜基础技能培训中的实践效果显著,能够有效提升各类住院医师的支气管镜操作技能,是应对肺部疾病诊疗技术不断进步的有效途径。

【关键词】 导航支气管镜; 住院医师规范化培训; 导航理念; 模块化训练; 临床技能提升
【中图分类号】 R608
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240318-01831

Practice of navigation bronchoscopy and artificial intelligence in the basic navigational bronchoscopy skills and technique training

Han Dingpei[1], Wang Xinyi[1], Xu Yanli[2], Feng Xijia[1], Zhang Yu[3], Deng Lihua[3], Li Xiaoyang[2], Li Hecheng[1]
[1]Department of Thoracic Surgery, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China; [2]Education Office, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China; [3]Post-Graduate Education Office, Education Office, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China
Corresponding author: Li Hecheng, Email: lihecheng2000@hotmail.com

【Abstract】 Objective To investigate the effects of navigation bronchoscopy and artificial intelligence in the standardized training of residents on basic bronchoscopy skills, with the goal of enhancing their practical abilities. **Methods** We selected 26 trainees (14 on standardized training of residents and 12 on standardized training of specialists) who participated in the basic navigational bronchoscopy skills and technique training (NBSTAT) at Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine from September 2023 to January 2024. The training was structured around a modular curriculum with navigation as the core design concept, consisting of five modules: lesion identification, precise localization, route planning, navigation operation, and real-time error correction. Theoretical teaching and skill practice were combined. The skill proficiency of the trainees was assessed using the Ruijin Hospital bronchoscopy

simulation training system and the electromagnetic navigation bronchoscopy system. SPSS 26.0 was used to perform the *t*-test and Wilcoxon rank-sum test for comparisons. **Results** After the training, the trainees as a whole showed significant improvements in practicing the skills, with the simulated operation time was reduced from (125.08 ± 48.16) seconds to (77.69 ± 24.75) seconds, the number of errors decreased from 1 to 0, the total score increased from (60.77 ± 15.01) to (75.19 ± 17.63), and the navigation operation time was reduced from 3 (3, 4) minutes to 2 (2, 3) minutes (all $P<0.05$). There were no significant differences in these assessment items between resident trainees and specialist trainees. The satisfaction rate of the trainees with the training reached 100.00%. **Conclusions** The curriculum is effective in basic bronchoscopy skill training, remarkably enhancing the bronchoscopy skills of resident and specialist physicians, which is a useful approach for physicians to cope with the continuous development of diagnostic and therapeutic techniques for pulmonary diseases.

【Key words】 Navigational bronchoscopy; Standardized training of residents; Navigational concept; Modular training; Clinical skill enhancement

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240318-01831

随着高分辨率胸部CT的广泛应用，临床上对肺部病灶微创诊断及治疗的需求日益凸显，导航支气管镜（navigational bronchoscopy）技术已然成为肺部疾病诊疗的关键技术与未来发展方向之一，标志着支气管镜正式迈入“导航时代”[1-2]。为了适应当前时代的发展，未来住院医师支气管镜基础技能培训亟需革新培训模式，以满足日益增长的临床需求[3]。

为了探索住院医师支气管镜技能培训新模式，上海交通大学医学院附属瑞金医院胸外科凭借其丰富的临床教学经验和在导航支气管镜诊疗领域的深厚造诣[4-6]，结合瑞金医院教育处提供的高品质教学资源，设置了针对住院医师的导航支气管镜培训课程（navigational bronchoscopy skills and technique training，basic NBSTAT）。该课程整合了导航支气管镜技术和人工智能辅助技术，既有系统的理论教学，又涵盖丰富的实践操作环节，并设置了2项考核来评价住院医师操作能力的提升程度，从而验证此培训模式在住院医师支气管镜培训中的有效性及实用性。

1　对象与方法

纳入2023年9月至2024年1月在上海交通大学医学院附属瑞金医院参加basic NBSTAT培训的26名学员为研究对象，其中包括住院医师规范化培训住院医师（简称住培医师）14名和专科医师规范化培训住院医师（简称专培医师）12名。所有住院医师均为首次参与此类培训课程，无临床操作支气管镜经验。培训教师有3人，均具有培训教师资格及高级职称。住培医师及专培医师在本中心轮转期间均遵守《住院医师规范化培训内容与标准（2022年版）》《专科医师规范化培训内容与标准（2019年版）》的要求。

1.1　基于导航模式训练课程设置

本课程以导航思维模式为核心理念，与临床实践紧密结合，以到达具体目标（病灶）为导向，将导航操作全过程拆分为5个模块并深度融入培训课程中。这5个模块分别是确定病灶、精确定位、路径规划、导航操作和实时纠错。

1.1.1　模块一：确定病灶

此模块为理论授课，旨在明确阐述肺部病灶的临床诊断要点与处理指征。为提升教学效率，引入人工智能系统，即瑞金医院胸外科与上海数字医学创新中心合作研发的“肺部智能手术规划系统”。该系统能够辅助教师更精准地传达知识，帮助学生更深入地理解和掌握肺部病灶的诊疗方法，从而进一步提升教学质量和学习效果。

1.1.2　模块二：精确定位

此模块为理论授课，旨在使学生能够清晰掌握肺部病灶的具体位置，包括其所在的肺叶、肺段以及亚段，并深入了解其邻近的解剖结构。同时，将利用先进的人工智能系统进行三维重建，以辅助学生更加精准地辨认肺部病灶及其周边组织，从而进一步提升其理论水平和临床实践能力。

1.1.3　模块三：路径规划

此模块结合理论与实践，其核心教学目标在于让学员掌握导航规划软件的使用技巧。通过实际操作美敦力电磁导航支气管镜路径规划系统这一专业软件，学员能够更深入地理解病灶定位的原理与技巧，进而提升在实际医疗操作中的导航规划能力。

1.1.4　模块四：导航操作

此模块集理论授课与实践操作为一体，旨在使学员充分掌握导航支气管镜的基本操作技巧。教

学过程中，重点涵盖常规支气管镜（Simbionix 气管镜模拟训练器）和导航支气管镜（superDimension™ Navigation System，Medtronic）的操作训练。通过系统的学习与实操，学员将能够熟练掌握导航技巧，为今后的临床实践奠定坚实的基础。

1.1.5 模块五：实时纠错

此模块为理论授课，旨在帮助学员掌握导航支气管镜操作过程中的纠错方法。具体教学内容涵盖利用导航规划软件进行纠错、掌握操作技巧以及处理可能出现的并发症等多个方面。通过这些内容的学习，学员将能够更好地应对实际操作中可能遇到的问题，提高操作的准确性和安全性。

1.2 培训质量评价及反馈

本课程的培训质量评价考核内容为学员对导航支气管镜基础操作的熟练度，考核方式：①学员通过瑞金医院气管内镜模拟训练系统（MEDIVISION，扬州维森视觉技术有限公司）进行气管镜模拟操作（考核一），包括过喉操作及路径训练，考核指标（系统记录）：完成 2 项操作的总时间（秒）、失误次数及系统评分（100 分制）；②学员操作电磁导航支气管镜系统 7.0（superDimension™ Navigation System，Medtronic）进行模拟肺部结节定位（考核二），通过操作磁导航鞘管将探头导航至预设靶标，考核指标（系统记录）：导航时间（分钟）。所有学员须进行 2 次考核操作，分别在培训前及培训后。在第 1 次考核前，所有学员均接受气管镜及导航系统基本操作讲解。

本课程的评价反馈通过问卷形式获得，发送对象为参与此次培训的所有学员。问卷内容包括课程整体满意度、理论授课满意度、操作授课满意度、教师带教满意度、对今后临床工作学习帮助以及建议与意见反馈，评价分 5 个等级：非常满意、比较满意、一般、不太满意及非常不满意。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以（均数 ± 标准差）表示，组间比较采用 t 检验；不符合正态分布的计量资料以中位数（四分位数）表示，组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验；同组培训前后比较采用配对样本 t 检验或配对样本 Wilcoxon 符号秩和检验。检验水准 α=0.05。

2 结果

2.1 考核一结果

所有学员均完成考核一，培训后操作时间从（125.08 ± 48.16）s 缩短至（77.69 ± 24.75）s，失误次数从 1 次降低至 0 次，总评分从（60.77 ± 15.01）分提高至（75.19 ± 17.63）分，3 项结果的差异均有统计学意义。按住院医师种类分组分析结果显示，无论住培医师还是专培医师，培训后的操作时间明显缩短，总评分显著提高，而失误次数差异尚无统计学意义（表 1）。

2.2 考核二结果

所有学员均完成考核二，培训后导航时间显著缩短，从 3.5 min 降至 2 min，差异有统计学意义。按住院医师种类分组分析结果显示，无论住培医师还是专培医师，培训后的操作时间显著缩短（表 1）。

2.3 住培医师与专培医师考核成绩比较

培训前，住培医师与专培医师在考核成绩上的

表 1 培训前后考核成绩对比

项目	培训前	培训后	t/u 值	P 值
合计（n=26）				
考核一：操作时间[$(\bar{x}\pm s)$，s]	125.08 ± 48.16	77.69 ± 24.75	−6.15	<0.001
考核一：失误次数[$M_d(P_{25},P_{75})$，次]	1（0，1）	0（0，0.75）	98.00	0.027
考核一：总评分[$(\bar{x}\pm s)$，分]	60.77 ± 15.01	75.19 ± 17.63	2.89	<0.001
考核二：导航时间[$M_d(P_{25},P_{75})$，min]	3（3，4）	2（2，3）	210.00	<0.001
住培医师（n=14）				
考核一：操作时间[$(\bar{x}\pm s)$，s]	122.43 ± 54.35	77.36 ± 29.56	−4.43	<0.001
考核一：失误次数[$M_d(P_{25},P_{75})$，次]	0.5（0，1）	0（0，0.75）	27.00	0.222
考核一：总评分[$(\bar{x}\pm s)$，分]	64.64 ± 17.70	75.71 ± 17.85	2.77	0.016
考核二：导航时间[$M_d(P_{25},P_{75})$，min]	3.5（3，4）	2（2，3）	55.00	0.005
专培医师（n=12）				
考核一：操作时间[$(\bar{x}\pm s)$，s]	128.17 ± 41.95	78.08 ± 18.96	−4.11	0.002
考核一：失误次数[$M_d(P_{25},P_{75})$，次]	1（0，1.25）	0（0，0.25）	25.00	0.066
考核一：总评分[$(\bar{x}\pm s)$，分]	56.25 ± 10.03	74.58 ± 18.15	2.80	0.017
考核二：导航时间[$M_d(P_{25},P_{75})$，min]	3（3，4）	2（1.75，2）	55.00	0.005

差异无统计学意义；培训后，两组医师的考核成绩差异也不具有统计学意义。培训前后考核成绩差异在两组医师间同样无统计学意义（表2）。

2.4 培训课程评价反馈

本次培训课程整体满意率达100.00%（非常满意+比较满意），96.15%（25/26）的学员认为此次培训对其今后临床工作学习非常有帮助。另外，在收到的反馈建议中有66.67%（6/9）的学员建议增加实践操作及培训次数（表3）。

3 讨论

3.1 导航理念显著提升住培医师及专培医师支气管镜操作技能

本中心的研究数据表明，住培医师在导航支气管镜操作上的表现与专培医师差异无统计学意义。这可能是由于两组医师都未曾接受过专门的技能培训。尽管专培医师具备相对丰富的临床经验，但这并未助他们在此次培训考核中脱颖而出，这反映出传统住培/专培医师培养体系中，此类技能培训课程的明显缺失。因此，将相关技能培训纳入早期住院医师规范化培训体系显得尤为必要且切实可行。本中心的basic NBSTAT课程将理论与实践相结合，并将导航理念融入教学设计之中。学员在亲身完成一次成功的导航支气管镜操作的过程中，能够全面掌握相关的解剖结构知识，熟练掌握立体空间重建技巧，并深入训练导航支气管镜操作的核心技能，从而实现全面而系统的技能提升。结果显示，学员的考核成绩在培训后显著提升。同时，课程还邀请了具有丰富临床经验的专家进行现场指导和点评，为学员提供即时反馈，帮助他们及时纠正操作中的不足，进一步提升技能水平。

为保证实践操作的真实性，培训过程中采用了大量与真实手术环境高度一致的临床设备，包括电磁导航支气管镜系统及其相关软件和耗材。这些设备的运用，为学员提供了一个极为贴近实际的临床模拟环境，使他们能够在更加真实的情境中学习和实践。学员对该培训课程表现出很高的兴趣，总体满意率达100.00%。其中66.67%学员建议增加实践操作及培训次数，以进一步巩固和提升自己的技能。真实情景模拟在气管镜教学中的作用已得到广泛认可。通过模拟真实情境，学员们能够更快地掌握操作要领，增强临床工作中的信心[7]。本研

表2 住培医师与专培医师考核成绩对比

项目	住培医师（n=14）	专培医师（n=12）	t/W值	P值
培训前				
考核一：操作时间[$(\bar{x}\pm s)$，s]	122.43 ± 54.35	128.17 ± 41.95	−0.30	0.764
考核一：失误次数[$M_d(P_{25},P_{75})$，次]	0.5（0，1）	1（0，1.25）	77.50	0.741
考核一：总评分[$(\bar{x}\pm s)$，分]	57.5（50，73.75）	50（50，61.25）	107.00	0.207
考核二：导航时间[$M_d(P_{25},P_{75})$，min]	3.5（3，4）	3（3，4）	92.50	0.664
培训后				
考核一：操作时间[$(\bar{x}\pm s)$，s]	77.36 ± 29.56	78.08 ± 18.96	−0.08	0.940
考核一：失误次数[$M_d(P_{25},P_{75})$，次]	0（0，0.75）	0（0，0.25）	88.50	0.790
考核一：总评分[$(\bar{x}\pm s)$，分]	70.0（65，95）	75.0（65，83.75）	82.00	0.938
考核二：导航时间[$M_d(P_{25},P_{75})$，min]	2（2，3）	2（1.75，2）	109.00	0.172
培训前后变化				
考核一：操作时间[$(\bar{x}\pm s)$，s]	45.07 ± 38.05	50.08 ± 42.22	−0.32	0.755
考核一：失误次数[$M_d(P_{25},P_{75})$，次]	0（0，1）	0.5（0，1）	71.50	0.517
考核一：总评分[$(\bar{x}\pm s)$，分]	11.07 ± 14.96	18.33 ± 22.70	−0.95	0.356
考核二：导航时间[$M_d(P_{25},P_{75})$，min]	1（0.25，1.75）	1（1，2）	70.00	0.465

表3 培训课程评价[例（%）]

项目	非常满意	比较满意	一般	不太满意	非常不满意
课程整体	23（88.46）	3（11.54）	0（0.00）	0（0.00）	0（0.00）
理论授课	24（92.31）	2（7.69）	0（0.00）	0（0.00）	0（0.00）
操作授课	23（88.46）	2（7.69）	1（3.85）	0（0.00）	0（0.00）
教师带教	25（96.15）	1（3.85）	0（0.00）	0（0.00）	0（0.00）
对工作帮助	25（96.15）	1（3.85）	0（0.00）	0（0.00）	0（0.00）

究结果显示,通过培训,气管镜操作时间及导航气管镜操作时间在住培医师及专培医师中均显著缩短,这一成果充分证明了本中心basic NBSTAT课程的有效性和实用性。

3.2 导航理念在医学教育中产生积极作用

本次培训首次将导航理念应用于支气管镜技能培训,并取得了显著成效。这种创新型的培训模式极大地提升了学员们的操作技能,使他们顺利跨入了导航气管镜这一临床新技术的门槛。导航理念的核心在于其创新的递进式模块化教学结构,它引导医师通过一系列精确的导航步骤,高效、准确地定位并抵达支气管树的各个病变区域。这一体系不仅全面覆盖了支气管树的关键解剖学特征,还针对不同的解剖位置提供了专门的操作技巧。

与传统灌输式培训相比,导航理念的优势在于其能够让学员系统地整合和灵活运用各个操作要点与技巧,实现了理论知识与实践技能的完美融合,从而大大提高了培训的效果和质量。此外,导航理念在住院医师培养中发挥着更深层次的作用,它能够有效整合原本分散、碎片化的教学内容,形成一个有机整体。

从确定病灶、精确定位,到路径规划、导航操作,再到实时纠错的整个过程,不仅构成了一个完整的诊疗流程,更是住院医师系统学习、不断提升的过程。首先,导航理念帮助住院医师设定明确的学习目标和方向,使他们更加有针对性地提升自己的临床知识和技能。其次,导航理念强调精确定位和路径规划,住院医师可以根据自身实际情况和学习进度,选择最适合自己的学习路径,从而提高学习效率。此外,在医学领域,病情变化多端,医师需要具备强大的应变能力和问题解决能力,而导航理念正好能够培养这些能力。最后,导航理念还有助于医师进行经验总结和反思,通过不断梳理和总结自己的知识体系,住院医师能够进一步提升临床技能水平。本次培训后的反馈显示,高达96.15%的学员认为此次培训对其今后的临床工作学习具有极大的帮助,这充分证明了导航理念在支气管镜技能培训中的有效性和重要性。

4 结语

随着医学技术的不断进步,特别是在精准医疗和微创手术快速发展的背景下,本次培训通过引入导航理念,实现了模块化课程设计的优化,显著提升了住院医师的操作技能。但本研究存在以下不足:样本量较小,且考核评价模式单一。为了弥补这一缺陷,本课程组将致力于进一步完善评价考核模式,将理论考核、技能考核以及并发症处理等多个方面相结合,以确保评估的全面性和准确性。此外,本课程组还将积极探索在培训中引入更多前沿的高科技模拟工具,如增强现实、虚拟现实、人工智能及手术机器人等,以提供更加沉浸式的学习体验。这些技术能够构建丰富多样的模拟场景,使医师在安全无风险的环境中模拟各种复杂的临床情况。这种学习方式不仅能够激发学生的学习兴趣,还能够有效提升他们的操作技能,为未来的医疗实践奠定坚实的基础[8]。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 韩丁培:提出论文构思、撰写论文;韩丁培、王心怡、徐艳丽、冯希佳、张煜、邓丽华:课程辅导、数据收集;李啸扬、李鹤成:总体把关、审订论文

参考文献

[1] Bowling MR, Folch EE, Khandhar SJ, et al. Fiducial marker placement with electromagnetic navigation bronchoscopy: a subgroup analysis of the prospective, multicenter NAVIGATE study [J]. Ther Adv Respir Dis, 2019, 13: 1753466619841234. DOI: 10.1177/1753466619841234.

[2] Kuo SW, Tseng YF, Dai KY, et al. Electromagnetic navigation bronchoscopy localization versus percutaneous CT-guided localization for lung resection via video-assisted thoracoscopic surgery: a propensity-matched study [J]. J Clin Med, 2019, 8(3): 379. DOI: 10.3390/jcm8030379.

[3] 杨超, 彭桂林, 徐鑫, 等. 胸外科临床医学专业学位研究生内镜培训体系改革探讨[J]. 基础医学教育, 2021, 23(6): 418-420. DOI: 10.13754/j.issn2095-1450.2021.06.15.

[4] 杨溯, 郭威, 吴晗, 等. 胸外科医生机器人手术培训模式: 瑞金医院单中心研究[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2020, 27(8): 918-921. DOI: 10.7507/1007-4848.202003081.

[5] 郭威, 杨溯, 李鹤成. 以创新科研能力为导向的胸外科研究生培养模式: 瑞金医院单中心研究[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2020, 27(4): 454-456. DOI: 10.7507/1007-4848.202001065.

[6] 陈香, 张亚杰, 韩丁培, 等. 电磁导航支气管镜引导下肺结节术前定位183例的单中心临床分析[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2023, 30(11): 1539-1544.

[7] 许玲, 胡蓬勃. 纤维支气管镜的情景模拟法教学在住院医师规范化培训中的研究[C]//南京康复医学会. 第三届全国康复与临床药学学术交流会议论文集, 2022: 5.

[8] 凌琳, 付娟娟, 范懿隽, 等. 虚拟现实技术在住院医师规范化培训中的应用[J]. 医学教育管理, 2023, 9(3): 360-364. DOI: 10.3969/j.issn.2096-045X.2023.03.016.

(收稿日期:2024-03-18)

(本文编辑:兰明娟)