

# 人工智能与免疫荧光染色结合技术对支气管肺泡灌洗液病原学诊断的快速现场评价应用研究

杜海莲<sup>1</sup>, 田春燕<sup>1</sup>, 赵利<sup>1</sup>, 张海津<sup>1</sup>, 何明鸿<sup>1</sup>, 袁相恋<sup>2</sup>, 刘菲<sup>1</sup> (1. 潍坊市益都中心医院呼吸科, 山东潍坊 262500; 2. 江苏诺磊生物科技有限公司, 江苏泰州 225300)

**摘要:** **目的** 探讨人工智能与免疫荧光染色结合的人工智能免疫荧光快速现场评价(AI-IF-ROSE)在肺部下呼吸道感染中支气管肺泡灌洗液(BALF)病原学快速检测中的临床价值。**方法** 选取2021年4月~2024年3月在潍坊市益都中心医院呼吸科就诊的448例疑似肺部感染患者为研究对象, 患者的BALF标本分别采用AI-IF-ROSE染色法和常规快速现场评价(ROSE)染色法进行病原微生物的检测。以培养法检测结果为金标准, 绘制受试者工作特征(ROC)曲线并计算曲线下面积(AUC), 分析两种ROSE技术对于BALF病原学的快速诊断价值。**结果** AI-IF-ROSE染色法的镜下真菌、细菌和结核分枝杆菌形态典型, 易于观察辨别。AI-IF-ROSE染色法对于真菌感染、细菌感染和结核分枝杆菌感染的阳性率分别为14.73%、27.00%和10.94%, 均高于常规ROSE染色法的阳性率(10.04%、19.87%、7.14%), 差异具有统计学意义( $\chi^2=4.535$ 、6.369、3.923, 均 $P<0.05$ )。培养法检出真菌感染68例, 细菌感染122例, 结核分枝杆菌感染50例。以培养法结果为诊断标准, ROC曲线分析显示, AI-IF-ROSE组检测真菌、细菌和结核分枝杆菌感染的AUC分别为0.985(95%CI: 0.962~1.000)、0.996(95%CI: 0.987~1.000)、0.979(95%CI: 0.947~1.000), 高于常规ROSE组检测的0.831(95%CI: 0.761~0.901)、0.865(95%CI: 0.816~0.913)、0.820(95%CI: 0.737~0.903), 差异具有统计学意义(均 $P<0.001$ )。**结论** AI-IF-ROSE技术能够对BALF的微生物做快速的区分和分类, 在肺部下呼吸道感染的早期快速筛查和后续精准治疗中具有较高的临床优势和应用价值。

**关键词:** 快速现场评价; 人工智能; 免疫荧光; 支气管肺泡灌洗液

中图分类号: R392-33; R446.19 文献标志码: A 文章编号: 1671-7414(2026)01-170-06

doi:10.3969/j.issn.1671-7414.2026.01.033

## Application Study of Artificial Intelligence-Integrated Immunofluorescence Staining Technology for Rapid On-Site Evaluation of Pathogen Diagnosis in Bronchoalveolar Lavage Fluid

DU Hailian<sup>1</sup>, TIAN Chunyan<sup>1</sup>, ZHAO Li<sup>1</sup>, ZHANG Haijin<sup>1</sup>, HE Minghong<sup>1</sup>, YUAN Xianglian<sup>2</sup>, LIU Fei<sup>1</sup>  
(1. Department of Respiratory, Yidu Central Hospital of Weifang, Shandong Weifang 262500, China; 2. Jiangsu Nuoge Biotechnology Co. Ltd, Jiangsu Taizhou 225300, China)

**Abstract: Objective** To explore the clinical value of the artificial intelligence immunofluorescence rapid on-site evaluation (AI-IF-ROSE) method, which combines artificial intelligence with immunofluorescence staining technology, for the rapid detection of pathogens in bronchoalveolar lavage fluid (BALF) in lower respiratory tract infections of the lung. **Methods** A total of 448 patients presenting with suspected lung infection at the respiratory department of Yidu Central Hospital of Weifang from April 2021 to March 2024 were included in this investigation. Patient alveolar lavage fluid samples were tested for pathogenic microorganisms by AI-IF-ROSE staining and routine ROSE staining. Using the results of culture method as the gold standard, the receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn and the area under the curve (AUC) was calculated to analyze the rapid diagnostic value of the two ROSE techniques for the etiology of bronchoalveolar lavage fluid. **Results** The AI-IF-ROSE staining method demonstrated typical morphology of microscopic fungi, bacteria and *Mycobacterium tuberculosis*, making it easy to observe and distinguish. The positive detection rates for fungi, bacteria, and *Mycobacterium tuberculosis* were 14.73%, 27.00% and 10.94%, respectively. These rates were higher than those achieved with the routine ROSE staining method (10.04%, 19.87% and 7.14%, respectively), and the differences were statistically significant ( $\chi^2=4.535$ , 6.369, 3.923, all  $P<0.05$ ). Culture methods detected 68 cases of fungal infection, 122 cases of bacterial infection, and 50 cases of *Mycobacterium tuberculosis* infection. Using the results of culture methods as the diagnostic standard, ROC curve analysis showed that the AUC for detecting fungal infections in the AI-IF-ROSE group was 0.985 (95%CI: 0.962~1.000), for bacterial infections was 0.996 (95%CI: 0.987~1.000), and for *Mycobacterium*

**基金项目:** 潍坊市卫健委科研计划项目(WFWSJK-2021-257)。

**作者简介:** 杜海莲(1982-), 女, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 呼吸病学研究, E-mail: duhailian82@163.com。

**通讯作者:** 刘菲(1988-), 女, 硕士, 主治医师, 研究方向: 呼吸病学和肺恶性肿瘤研究, E-mail: 15006619696@163.com。

tuberculosis infections was 0.979 (95%CI: 0.947~1.000), these values were higher than those detected by the conventional ROSE group, which were 0.831 (95%CI: 0.761~0.901), 0.865 (95%CI: 0.816~0.913) and 0.820 (95%CI: 0.737~0.903), respectively. The differences were statistically significant (all  $P < 0.001$ ). **Conclusions** AI-IF-ROSE technology can quickly distinguish and classify the microorganisms of bronchoalveolar lavage fluid, and has high clinical advantages and application value in the early rapid screening of pulmonary lower respiratory tract infection and subsequent precision treatment.

**Keywords:** rapid on-site evaluation; artificial intelligence; immunofluorescence; bronchoalveolar lavage fluid (BALF)

快速现场评价(rapid on-site evaluation, ROSE)是指采用穿刺、刷检、活检等方式获取标本,通过直接细胞液涂片或组织标本制片,由专业人员应用快速染色方法对标本进行即时现场评估,并得出初步诊断结果或现况评估的一项操作技术,操作过程主要包括制片、染色和结果判读三个部分,已被广泛应用于肺部疾病的初步诊断、病情评估以及疗效的预判中<sup>[1-2]</sup>。其中染色和结果判读是ROSE提高临床诊断价值的关键,目前ROSE常用染色方法有Diff-Quik染色、甲苯胺蓝染色以及改良快速巴氏染色等,而免疫荧光染色方法的临床优势不断在幽门螺杆菌、结核分枝杆菌、真菌等病原菌检测中得到重视<sup>[3-8]</sup>。人工智能(Artificial Intelligence, AI)的概念第一次提出可溯源至1956年MCCARTH在美国达特默斯的一次学术会议上,目前已逐渐将其应用于影像智能判读、手术机器人、新药研发等医学领域<sup>[9-12]</sup>。同时, AI参与并有效推进了检验医学领域的样本处理、形态学检验、结果审核以及报告解读等相关检验质量的提升,并在多种疾病和科室中得到应用<sup>[13-15]</sup>。但是免疫荧光染色联合AI技术应用在肺部下呼吸道感染的支气管肺泡灌洗液(bronchoalveolar lavage fluid, BALF)的ROSE诊断中而形成人工智能免疫荧光快速现场评价(AI-IF-ROSE)技术则未见报道。本研究旨在探讨AI-IF-ROSE技术在肺部下呼吸道感染的BALF病原学检测中的临床价值,有望为现代ROSE技术提供一种新思路和新方法。

## 1 材料与方法

1.1 研究对象 选取2021年4月~2024年3月就诊于潍坊市益都中心医院呼吸科448例疑似肺部感染患者的肺泡灌洗液为研究对象。其中男性283例,女性165例,年龄21~75(49.7 ± 6.1)岁。纳入标准:①疑似肺部感染,胸部CT有渗出性病灶;②排除支气管镜检查的禁忌。排除标准:①有活动性大咯血的患者;②心脑血管事件急性期的患者。本研究通过潍坊市益都中心医院医学伦理委员会论证(X2021-001),研究对象均知情并签署知情同意书。

1.2 仪器与试剂 全自动荧光生物显微镜、免疫显色试剂(I型)、免疫显色试剂(CELL-I)和抗酸分枝杆菌荧光染色试剂(江苏诺高生物科技有限公司),低速离心机DM0424(大龙兴创实验仪器股份公司),革兰氏染色液(江苏凯基生物技术股份有限公司),

PAS染色液和萋尼氏抗酸染色液(珠海贝索生物技术有限公司)。

### 1.3 方法

1.3.1 取样、分组及制片:标本来源于患者BALF,新鲜标本在无菌操作下直接吸取并置于灭菌容器内立即送检,标本容量至少5ml。BALF常规纯化处理,2 500 r/min离心10min,弃上清液,取沉淀,在载玻片上均匀涂抹制片。每例患者的标本制片分为AI-IF-ROSE组和常规ROSE组,标本针对同一种感染的两种诊断方法,均制片不低于两张用于两种ROSE染色方法,分别采用免疫荧光染色联合全自动荧光生物显微镜进行自动分析诊断和常规病原菌染色法手工进行检查。

1.3.2 染色:常规ROSE组染色:严格按照试剂盒说明书操作,真菌采用PAS染色,细菌采用革兰氏染色,结核分枝杆菌采用萋-尼(Ziehl-Neelsen, Z-N)染色,在普通显微镜10×100倍油镜下判读。AI-IF-ROSE组染色:严格按照试剂盒说明书操作,采用免疫显色试剂(I型)、免疫显色试剂(CELL-I)、抗酸分枝杆菌荧光染色试剂,分别对真菌、细菌和抗酸分枝杆菌进行免疫荧光染色,最后调节全自动荧光生物显微镜参数,自动镜下观察判读。

1.3.3 检测指标:采用AI-IF-ROSE染色法和常规ROSE染色法分析448例疑似肺部感染患者的BALF病原菌(真菌、细菌和结核分枝杆菌)的阳性检出率及两种方法镜下病原菌的不同形态。以培养法检测结果为诊断标准,分析和评估AI-IF-ROSE染色法和常规ROSE染色法用于临床肺部下呼吸道感染患者BALF快速检测的诊断价值。

1.4 统计学分析 检验结果数据采用SPSS 22.0统计学软件进行处理分析,计量资料用均数 ± 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,进行 $t$ 检验;计数资料以 $n(\%)$ 表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。以培养法结果为诊断标准,绘制ROC曲线,并计算AUC,分析两种ROSE法对于肺部下呼吸道感染患者BALF的临床诊断价值,以AUC>0.90为预测准确性高,并根据最佳临界值,计算敏感度和特异度, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

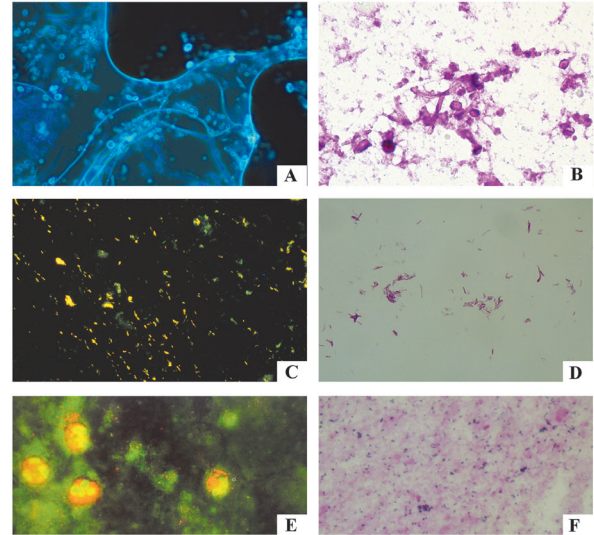
2.1 两种ROSE染色法镜下病原菌形态对比 见图1。通过免疫荧光染色后,UV波段下观察,真菌呈亮蓝色形态,菌丝为藕节状,有典型横隔结构;孢子

为圆形或椭圆形,出芽的芽生孢子形态典型。PAS染色法真菌与背景反差小,部分菌丝和孢子形态较小且容易与杂质混淆,见图1A、1B。结核分枝杆菌呈金黄色或橘色,清晰可见呈现稍弯曲的杆状,螺旋状以及各种交叉杆状结构,容易识别;而传统Z-N抗酸染色,镜下可见菌体呈现红色细杆状,稍弯曲,镜检时间长,见图1C、1D。AI-IF-ROSE镜下B波段下观察细菌,镜下可见橙红色细菌黏附在细胞上,形态典型易于观察;而常规ROSE革兰氏染色法用油镜观察细菌,操作繁琐,视野小,镜检时间长,形态与背景差异小,见图1E、1F。

2.2 肺部下呼吸道感染患者两种ROSE染色法BALF病原菌检出结果对比 AI-IF-ROSE染色法对于真菌、细菌和结核分枝杆菌感染的阳性率分别为14.73%(66/448)、27.00%(121/448)和10.94%(49/448),均高于常规ROSE染色法的阳性率[10.04%(45/448)、19.87%(89/448)、7.14%(32/448)],差异具有统计学意义( $\chi^2=4.535、6.369、3.923$ ,均 $P<0.05$ )。

2.3 两种ROSE染色法对肺部下呼吸道感染患者BALF病原菌诊断效能 见表1、2,图2。培养法检出真菌感染68例,细菌感染122例,结核分枝杆菌感染50例。以培养法结果为诊断标准,ROC曲线分析

显示,AI-IF-ROSE组检测真菌、细菌、结核分枝杆菌感染的AUC高于常规ROSE组,差异具有统计学意义( $Z=4.06、5.14、3.53$ ,均 $P<0.001$ )。



注:左图A、C、E分别为AI荧光显微镜下真菌菌丝和孢子、结核分枝杆菌、细菌形态图(400×);右图B、D、F分别为普通显微镜油镜下真菌菌丝和孢子、结核分枝杆菌、细菌形态图(1000×)。其中,A和B、C和D、E和F均为同一患者标本,两种染色方案的对比,非同视野。

图1 两种ROSE染色法镜下病原菌形态对比

表1 两种ROSE染色方法与培养法对真菌、细菌和结核分枝杆菌检测结果(n)

感染类型	AI-IF-ROSE组	培养法		合计	常规ROSE组	培养法		合计
		+	-			+	-	
真菌	+	66	0	66	+	42	3	45
	-	2	380	382	-	26	377	403
	合计	68	380	448	合计	68	380	448
细菌	+	121	0	121	+	86	3	89
	-	1	326	327	-	36	323	359
	合计	122	326	448	合计	122	326	448
结核分枝杆菌	+	49	0	49	+	31	1	32
	-	1	398	399	-	19	397	403
	合计	50	398	448	合计	50	398	448

表2 AI-IF-ROSE与常规ROSE检测肺部BALF真菌、细菌和结核分枝杆菌感染的诊断效能

感染类型	检验结果变量	AUC	SE	P	95%CI	敏感度(%)	特异度(%)
真菌	AI-IF-ROSE组	0.985	0.012	<0.001	0.962~1.000	97.06	100.00
	常规ROSE组	0.831	0.036	<0.001	0.761~0.901	61.76	99.21
细菌	AI-IF-ROSE组	0.996	0.005	<0.001	0.987~1.000	99.18	100.00
	常规ROSE组	0.865	0.025	<0.001	0.816~0.913	70.49	99.08
结核分枝杆菌	AI-IF-ROSE组	0.979	0.016	<0.001	0.947~1.000	96.00	100.00
	常规ROSE组	0.820	0.042	<0.001	0.737~0.903	62.00	99.75

### 3 讨论

ROSE是微创介入手术中用来快速现场评估标本的一种方法,尤其微生物学快速现场评价(microbiological rapid on-site evaluation, M-ROSE)可在短期内获得病原学证据,能在一定程度上区分感染、定植还是标本污染的问题,现已在消化、儿科、肿瘤等临床学科中得到不同程度的广泛应用,但在肺部感染中的应用报道较少<sup>[16-21]</sup>。肺部感染作为临床常见呼吸系统疾病,其发病和致死率不容忽视,其中重症和老年患者的肺部感染发病率占据首位,肺部感染的严重耐药情况会对M-ROSE提出更高的要求,

需要在肺部感染这类良性疾病中快速定性微生物种类,明确肺部感染的病因,便于制定后期精准治疗方案以改善患者的预后状态<sup>[22-24]</sup>。BALF作为反映肺部下呼吸道感染的重要体液样本,不同于痰液样本检测会受到口腔咽部等病原菌的污染,其病原菌的检测对于肺部下呼吸道感染的确诊至关重要。本研究AI-IF-ROSE采用荧光染色试剂含有进口荧光素标记的抗体直接与病原菌抗原结合,然后在全自动荧光显微镜下自动特异性成像,病原菌形态典型,与背景差异大,容易识别,充分发挥免疫学、形态学和全自动荧光扫描技术的多重优势。

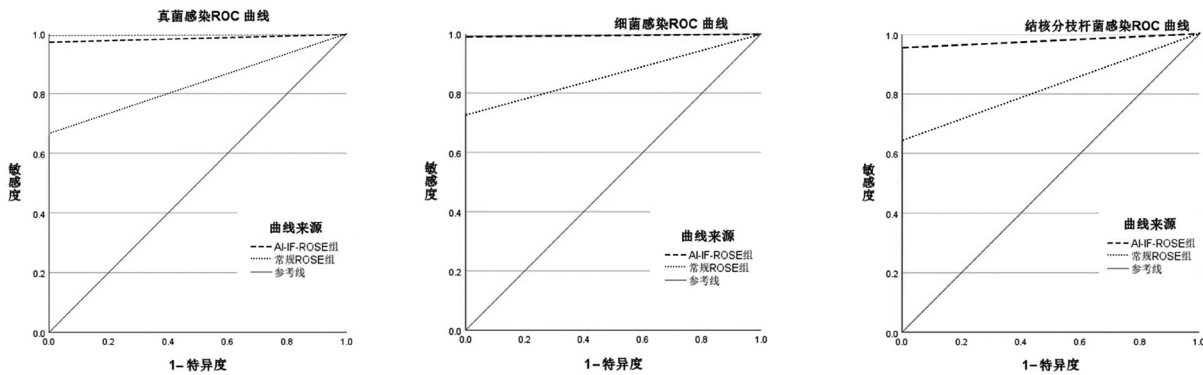


图2 AI-IF-ROSE与常规ROSE检测肺部BALF真菌、细菌、结核分枝杆菌感染的ROC曲线

AI技术是未来人类智慧医疗的一大发展趋势, AI用于细胞形态以及疾病诊断的优势也逐步得到重视,而将AI相关诊断技术与免疫荧光染色技术相结合并应用于肺部下呼吸道感染的病原体检测中具有不可忽视的潜力<sup>[25-26]</sup>。本研究联用AI和免疫荧光染色技术用于肺部下呼吸道感染BALF的检测,其中AI技术涉及到以全自动荧光扫描设备自带的先进图像识别技术为基础而建立三大软件系统功能模块:图像采集、算法训练和算法应用。首先从临床样本中获得大量检验数据,经过预处理(包括结构化、标准化、归一化等)转变成机器学习算法可以识别和学习的数据格式,结合不同病原微生物特征而建立病原菌的相关图谱和AI算法数据库,同时进行数据库的学习、训练、评估和大量临床验证,并不断优化、升级和完善,最后结合设备硬件系统的控制平台,实现全自动对待检样本的快速扫描及结果判定,既保证了图片的高识别率,也实现了对标本中病原菌的实时检测,及时判读结果和自动出具彩色图文报告。研究表明,经过ROC曲线分析, AI-IF-ROSE法检测BALF真菌感染、细菌感染和结核分枝杆菌感染的AUC均高于常规ROSE法检测结果,表明AI-IF-ROSE法检测准确度更高,且AI-IF-ROSE法对三种感染的阳性率、灵敏度、特异度均高于常规ROSE法的检测结果,差异具有统计学意义。AI-IF-ROSE

联用检测效果比房宇坤等<sup>[27]</sup>分析M-ROSE对肺部感染患者的检测结果更为理想。临床实操中, AI-IF-ROSE法操作简便、检测时间短,大大减少人为误判,提高病原菌的诊断效率和临床工作效率,积极响应国家推进“互联网+人工智能”的临床应用服务的倡导,辅助医生快速给予精准的诊疗方案。

综合分析表明, AI-IF-ROSE技术在临床上已展现出对肺部感染诊断的显著成效,该技术在确保样本质量、提供快速初步诊断和精准治疗计划等方面具有明显优势,对提高临床诊断效率和准确性具有重要意义。然而目前该技术在病原微生物种类和形态识别上有待进一步完善,云端AI算法数据库需要进一步扩展以满足临床多元化样本检测的需求。结合微生物学快速现场评价(M-Rose)和细胞学快速现场评价(C-Rose)技术,通过病原微生物判定与细胞学分析相结合,可及时为临床患者提供更多感染和疾病良恶性评估的参考依据,为治疗决策提供有力的病原学支持,可在临床上进一步推广应用。

#### 参考文献:

- [1] WENG X W, ZHI L J, AN X, et al. Diagnostic value of rapid on-site evaluation in interventional pulmonology: a protocol for systematic review and meta analysis[J]. *Medicine*, 2020, 99(29): e21168.
- [2] 夏婷婷,左春磊,史家欣,等.快速现场评价在呼吸系统疾病中的应用进展[J].*医学研究与战创伤救治*,

- 2023,36(1):86-89.
- XIA T T, ZUO C L, SHI J X, et al. Application progress of rapid on-site evaluation in respiratory diseases[J]. *Journal of Medical Research & Combat Trauma Care*, 2023, 36(1): 86-89.
- [3] AGARWAL P, TOI P C, SUBRAMANIAM H, et al. Prospective comparison of cytological specimen adequacy assessment by different rapid staining techniques for rapid on-site evaluation in fine needle aspiration cytology and their cost-effectiveness[J]. *Diagnostic Cytopathology*, 2019, 47(5): 469-474.
- [4] ZALOUDEK C J, HENDRICKSON M R, SOSLOW R A. Mesenchymal tumors of the uterus; in Kurman RJ, Hedrick Ellenson L, Ronnet B M(eds): *Blaustein's Pathology of the Female Genital Tract* [M]. 6th Ed. New York:Springer, 2011: 455-530.
- [5] BENNETT J A, BRAGA A C, PINTO A, et al. Uterine PEComas: a morphologic, immunohistochemical, and molecular analysis of 32 tumors[J]. *American Journal of Surgical Pathology*, 2018, 42(10): 1370-1383.
- [6] 陈丽雅,王凤翔,朱方超,等.免疫荧光染色在幽门螺杆菌检测中的应用价值[J]. *中国现代医生*, 2022, 60(21):42-45.
- CHEN L Y, WANG F X, ZHU F C, et al. Application value of immunofluorescence staining in *Helicobacter pylori* detection[J]. *China Modern Doctor*, 2022, 60(21): 42-45.
- [7] 吴殿水,王新芳,朱妍妍,等.免疫磁珠荧光染色法在痰液结核分枝杆菌检测中的应用[J]. *现代检验医学杂志*, 2023,38(2):96-101.
- WU D S, WANG X F, ZHU Y Y, et al. Application of immunomagnetic bead fluorescence staining in detection of mycobacterium tuberculosis in sputum[J]. *Journal of Modern Laboratory Medicine*, 2023, 38(2): 96-101.
- [8] 王艳平,郑鹏,田敏,等.痰涂片荧光染色法在老年患者呼吸道真菌感染中的应用[J]. *检验医学与临床*, 2023,20(4):550-553.
- WANG Y P, ZHENG P, TIAN M, et al. Using ently stained sputum smear in respiratory fungal infections in elderly patients[J]. *Laboratory Medicine and Clinic*, 2023, 20(4): 550-553.
- [9] 陈鸣,崔巍,陈瑜,等.“检验医学”遇上“人工智能”[J]. *国际检验医学杂志*, 2020,41(5):513-517, 531.
- CHEN M, CUI W, CHEN Y, et al. “Laboratory medicine” meets “artificial intelligence”[J]. *International Journal of Laboratory Medicine*, 2020, 41(5): 513-517, 531.
- [10] ANDRAS I, MAZZONE E, VAN LEEUWEN F W B, et al. Artificial intelligence and robotics: a combination that is changing the operating room[J]. *World Journal of Urology*, 2020, 38(10): 2359-2366.
- [11] MAK K K, PICHIKA M R. Artificial intelligence in drug development: present status and future prospects[J]. *Drug Discovery Today*, 2019, 24(3): 773-780.
- [12] PARANJPE K, SCHINKEL M, HAMMER R D, et al. The value of artificial intelligence in laboratory medicine[J]. *American Journal of Clinical Pathology*, 2021, 155(6): 823-831.
- [13] 杨华,孙天舒,王瑶,等.人工智能辅助阅片与单纯人工阅片在女性阴道微生态系统形态学诊断中的对比研究[J]. *现代检验医学杂志*, 2023,38(1):169-174, 198.
- YANG H, SUN T S, WANG Y, et al. Comparative study of artificial intelligence-assisted analysis and manual visual analysis in gynecological microbiome diagnosis[J]. *Journal of Modern Laboratory Medicine*, 2023, 38(1): 169-174, 198.
- [14] 陈洁,李文生,张巍.人工智能辅助系统在宫颈液基细胞学分析中的应用价值研究[J]. *现代检验医学杂志*, 2023,38(5):155-159.
- CHEN J, LI W S, ZHANG W. Study on the value of artificial intelligence-assisted systems in cervical liquid-based cytology analysis[J]. *Journal of Modern Laboratory Medicine*, 2023, 38(5): 155-159.
- [15] 章鼎,尹飞.人工智能在脊髓疾病中的应用及研究进展[J]. *中国实验诊断学*, 2024,28(1):125-127,F0003.
- ZHANG D, YIN F. Application and research progress in artificial intelligence in spinal cord diseases[J]. *Chinese Journal of Laboratory Diagnosis*, 2024, 28(1): 125-126,F0003.
- [16] 董阿静,赵丹萍,李海波.快速现场评价技术在重症监护室的应用进展[J]. *临床肺科杂志*, 2024,29(1):123-127.
- DONG A J, ZHAO D P, LI H B. Progress in the application of the rapid field evaluation technology in the intensive care unit[J]. *Journal of Clinical Pulmonary Medicine*, 2024, 29(1): 123-127.
- [17] 覃善君,张朝顺,杨新魁,等.快速现场评价技术在消化道占位性病变诊断中的价值[J]. *新医学*, 2020, 51(4): 294-298.
- QIN S J, ZHANG C S, YANG X K, et al. The value of rapid on-site evaluation in the diagnosis of digestive tract space-occupying lesions[J]. *Journal of New Medicine*, 2020, 51(4): 294-298.
- [18] 王忠弢,石永生.快速现场评价在现代儿科介入呼吸病学的应用[J]. *中国实用儿科杂志*, 2019, 34(6): 470-475.
- WANG Z T, SHI Y S. Application of rapid on-site evaluation in contemporary pediatric interventional respiratory diseases[J]. *Chinese Journal of Practical Pediatrics*, 2019, 34(6): 470-475.
- [19] NATALI F, CANCELLIERI A, TINELLI C, et al. A trained pulmonologist can reliably assess endosonography-derived lymph node samples during rapid on-site evaluation[J]. *Respiration: International Review of Thoracic Diseases*, 2019, 97(6): 540-547.
- [20] JAIN D, ALLEN T C, AISNER D L, et al. Rapid on-site evaluation of endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspirations for the diagnosis of lung cancer: a perspective from members of the pulmonary pathology society[J]. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 2018, 142(2): 253-262.
- [21] WANG H S, REN T, WANG X, et al. Rapid on-site evaluation of touch imprints of biopsies improves the diagnostic

- [1] 李博,张鹏,刘首娉,等. 高质量检验医学高等教育体系构建的思考与实践[J]. 中华检验医学杂志, 2021, 44(11): 1094-1096.  
LI B, ZHANG P, LIU S P, et al. Thinking and practice on establishing a high-quality university education system of laboratory medicine[J]. Chinese Journal of Laboratory Medicine, 2021, 44(11): 1094-1096.
- [2] 姜晓星,徐培青,丁磊,等. 医学检验专业本科毕业生质量调查与分析[J]. 诊断学理论与实践, 2019, 18(1): 117-119.  
JIANG X X, XU P Q, DING L, et al. Quality of graduates from medical laboratory science: investigation and analysis[J]. Journal of Diagnostics Concepts & Practice, 2019, 18(1): 117-119.
- [3] 高倩,江洪,陈禹保. 我国体外诊断行业发展现状与对策建议[J]. 中国生物工程杂志, 2022, 42(10): 105-111.  
GAO Q, JIANG H, CHEN Y B. In vitro diagnostics industry in China: current status and development strategies[J]. China Biotechnology, 2022, 42(10): 105-111.
- [4] SONG H B, ZHU Y Y. The in vitro diagnostics industry in China[J]. View, 2020, 1(1).
- [5] 龚道元,林月乔,王晓娟,等. 以开设体外诊断产业特色方向培养医学检验创业人才的探索[J]. 医学教育研究与实践, 2023, 31(5): 533-536.  
GONG D Y, LIN Y Q, WANG X J, et al. Exploration and practice of cultivating medical testing entrepreneurial talents by establishing special expanding direction of in vitro diagnostic industry[J]. Medical Education Research and Practice, 2023, 31(5): 533-536.
- [6] 龚道元,陈鑫,刘芳,等. “医工结合,校企协同”为特色的体外诊断应用型检验医学人才培养实践[J]. 中华医学教育探索杂志, 2019, 18(12): 1202-1206.  
GONG D Y, CHEN X, LIU F, et al. Cultivation of applicative talents in in-vitro diagnosis and laboratory medicine characterized by "medicine-engineering combination and school-enterprise cooperation"[J]. Chinese Journal of Medical Education Research, 2019, 18(12): 1202-1206.
- [7] 李丹,许颖,杨雨晗,等. 体外诊断行业医学检验技术专业人才培养模式探索[J]. 中国医药导报, 2023, 20(23): 190-193.  
LI D, XU Y, YANG Y H, et al. Exploration on training mode of medical laboratory technology professionals in in vitro diagnosis industry[J]. China Medical Herald, 2023, 20(23): 190-193.
- [8] 宋桂瑜,刘振荣,张永明,等. 分层递进培养模式在检验医学科住院医师规范化培训中的应用[J]. 现代检验医学杂志, 2024, 39(2): 181-183, 191.  
SONG G Y, LIU Z R, ZHANG Y M, et al. Application of a tiered progressive training model in the standardized residency training on laboratory medicine[J]. Journal of Modern Laboratory Medicine, 2024, 39(2): 181-183, 191.
- [9] 申丹凤,王维,王小林. 运用科学知识图谱分析基于问题的学习的发展规律及重要节点[J]. 中华医学教育探索杂志, 2022, 21(12): 1653-1658.  
SHEN D F, WANG W, WANG X L. The law of development and important nodes of problem-based learning analyzed by knowledge maps[J]. Chinese Journal of Medical Education Research, 2022, 21(12): 1653-1658.
- [10] 杨翔,府伟灵. 医工结合型检验医学研究生培养体系的探索与实践[J]. 中华检验医学杂志, 2024, 47(1): 94-97.  
YANG X, FU W L. Exploration and practice of training system for laboratory medicine postgraduates by the combination of medicine and engineering[J]. Chinese Journal of Laboratory Medicine, 2024, 47(1): 94-97.
- [11] 宋景晨,李传保,盖媛媛,等. 北京医院临床检验体外诊断试剂的遴选与优化管理实践[J]. 现代检验医学杂志, 2024, 39(3): 194-198.  
SONG J C, LI C B, GE Y Y, et al. Selection and optimization management of in vitro diagnostic reagents for clinical examination in Beijing hospital[J]. Journal of Modern Laboratory Medicine, 2024, 39(3): 194-198.

收稿日期: 2024-09-21

修回日期: 2024-12-25

## (上接第 174 页)

- yield of transbronchial biopsy for endoscopically nonvisible malignancy: a retrospective study[J]. Japanese Journal of Clinical Oncology, 2021, 51(4): 622-629.
- [22] 王秀丽,王凯飞,解立新. 重症监护病房床旁病原学快速诊断-快速现场微生物学评价[J]. 中华检验医学杂志, 2023, 46(10): 997-1002.  
WANG X L, WANG K F, XIE L X. Rapid on-site pathogen diagnosis of intensive care unit: microbiological rapid on-site evaluation[J]. Chinese Journal of Laboratory Medicine, 2023, 46(10): 997-1002.
- [23] HOOVEN T A, POLIN R A. Pneumonia[J]. Seminars in Fetal & Neonatal Medicine, 2017, 22(4): 206-213.
- [24] TAO Y, SONG L C, FU H, et al. Application of microbiological rapid on-site evaluation in respiratory intensive care units: a retrospective study[J]. Annals of Translational Medicine, 2022, 10(1): 7.
- [25] 何文军,李曼,李涛,等. 基于血细胞形态识别的自动检测系统的研发[J]. 现代检验医学杂志, 2019, 34(2): 104-108.  
HE W J, LI M, LI T, et al. Study on automatic detection system base on blood cell morphology recognition[J]. Journal of Modern Laboratory Medicine, 2019, 34(2): 104-108.
- [26] 杨嫚. 人工智能技术辅助诊断肺小结节的临床应用价值[J]. 中国现代医药杂志, 2024, 26(6): 75-77.  
YANG M. Clinical application value of artificial intelligence technology to assist in the diagnosis of small pulmonary nodules[J]. Modern Medicine Journal of China, 2024, 26(6): 75-77.
- [27] 房宇坤,李玉,王剑,等. 微生物学快速现场评估在支气管镜下诊断肺部感染的价值[J]. 中国当代医药, 2020, 27(14): 4-7, 29.  
FANG Y K, LI Y, WANG J, et al. Value of microbiological rapid on-site evaluation in the diagnosis of pulmonary infection under bronchoscope[J]. China Modern Medicine, 2020, 27(14): 4-7, 29.

收稿日期: 2024-08-01

修回日期: 2024-12-13