

· 论 著 ·

一种全自动阴道分泌物检测仪的性能评价与分析^{*}

罗燕萍, 刘丽亚, 张秀明, 蔡珠妹, 莫红梅[△]

深圳市罗湖医院集团医学检验实验室, 广东深圳 518001

摘要: 目的 评价基于人工智能深度学习 DeepCell 引擎检测原理的 RT-F600 全自动阴道分泌物检测仪(以下简称 RT-F600)的性能。**方法** 按照仪器说明书要求及相关标准对 RT-F600 的重复性、携带污染率、自动稀释功能、与人工镜检的一致性、干化学项目阴性和阳性符合率、干化学项目检出限及与参考仪器的一致性进行验证。**结果** RT-F600 的重复性验证: 清洁度、真菌、滴虫、线索细胞、脯氨酸氨基肽酶(PIP)、唾液酸苷酶(SNA)、白细胞脂酶(LE)、乙酰氨基葡萄糖苷酶(NAG)、过氧化氢(H_2O_2)符合率为 100.00%, 菌丝符合率为 90.00%, pH 值的变异系数为 1.36%; 携带污染验证: 空白标本检测结果均阴性; 自动稀释功能验证: 符合率为 100.00%; 与人工镜检的一致性: 清洁度、真菌、线索细胞、滴虫、菌丝的 Kappa 值分别为 0.617、0.897、0.595、1.000、0.183; 干化学项目(5 项)的阴性和阳性符合率均为 100%; PIP 检出限为 0.5 U/mL, SNA 检出限为 8 U/L, LE 检出限为 65 U/L, NAG 检出限为 145 U/L, H_2O_2 检出限为 2 μ mol/L; 干化学项目与参考仪器的一致性: SNA、 H_2O_2 、PIP、LE、NAG 的 Kappa 值分别为 0.685、0.296、0.388、0.791、0.584。**结论** RT-F600 性能良好, 自动化程度高, 能降低人工镜检的工作负荷, 具有较高的临床应用价值。

关键词: 全自动阴道分泌物检测仪; 深度学习; 性能评价

DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2022.07.015 **中图法分类号:** R446.19

文章编号: 1673-4130(2022)07-0837-05

文献标志码: A

Performance evaluation and analysis of an automatic vaginal secretion detector^{*}

LUO Yanping, LIU Liya, ZHANG Xiuming, CAI Zhumei, MO Hongmei[△]

Medical Laboratory, Shenzhen Luohu Hospital Group, Shenzhen, Guangdong 518001, China

Abstract: Objective To evaluate the performance of RT-F600 automatic vaginal secretion detector(hereinafter referred to as RT-F600) based on the principle of artificial intelligence deep learning DeepCell engine detection. **Methods** According to the requirements of the instrument manual and related standards, the repeatability, carryover rate, automatic dilution function, consistency with manual microscopy, negative and positive coincidence rates of dry chemical items, detection limit of dry chemical items, and consistency with reference instruments were verified for RT-F600. **Results** The repeatability verification results of RT-F600 are as follows. The compliance rate of cleanliness, mold, trichomonas, clue cells, proline aminopeptidase(PIP), sialidase(SNA), leucocyte lipase(LE), acetyl glucosidase(NAG) and hydrogen peroxide(H_2O_2) was 100.00%, and the compliance rate of mycelia was 90.00%. The coefficient of variation of pH value was 1.36%, the verification results of carrying contamination were all negative for blank specimens and the coincidence rate of automatic dilution was 100.00%. The coincidence rate of microscopic examination identification is that the Kappa values of cleanliness, mold, clue cells, trichomonas and mycelia were 0.617, 0.897, 0.595, 1.000 and 0.183 respectively. The negative and positive coincidence rates of 5 items in dry chemistry were 100.00%. The limits of detection were 0.5 U/mL for PIP, 8 U/L for SNA, 65 U/L for LE, 145 U/L for NAG and 2 μ mol/L for H_2O_2 . In the dry chemical consistency verification, the Kappa values of SNA, H_2O_2 , PIP, LE and NAG were 0.685, 0.296, 0.388, 0.791 and 0.584 respectively. **Conclusion** RT-F600 has good performance and high degree of automation, which can reduce the workload of manual microscopic examination and has great clinical application value.

* 基金项目: 广东省深圳市政府医疗卫生“三名工程”(SZSM201601062)。

作者简介: 罗燕萍, 女, 主管技师, 主要从事临床血液与体液学的相关研究。 △ 通信作者, E-mail: 437897734@qq.com。

本文引用格式: 罗燕萍, 刘丽亚, 张秀明, 等. 一种全自动阴道分泌物检测仪的性能评价与分析[J]. 国际检验医学杂志, 2022, 43(7): 837-841.

Key words: automatic vaginal secretions detector;

deep learning; performance evaluation

阴道分泌物由阴道黏膜渗出物、宫颈腺体、前庭大腺及子宫内膜分泌物组成,含阴道上皮脱落细胞、白细胞等,俗称“白带”。阴道分泌物检查是妇科最常用、最基本的实验室检查项目,其检查结果对诊断生殖系统感染、肿瘤等有一定的参考价值^[1]。传统的阴道分泌物检查主要是通过生理盐水涂片进行人工显微镜检查,其结果的准确性仍依赖于检验人员的经验和技术能力,同时也存在灵敏度、特异度以及主观误差性大的严重问题。为此,本科室引入了使用人工智能深度学习 DeepCell 引擎的全自动阴道分泌物检测仪,并参照《医学实验室质量和能力认可准则在体液学检验领域的应用说明》^[2],中华人民共和国医药行业标准 YY/T-0996-2015:尿液有形成分分析仪(数字成像自动识别)^[3]、YY/T0475-2011:干化学尿液分析仪^[4],以及中华人民共和国卫生行业标准 WS/T-505-2017:定性测定评价指南^[5]中的要求,参考全自动尿液分析仪性能评价相关文献[6-7]对其进行性能评价,评价其基于人工智能算法的检测系统的基本性能及与人工显微镜检、参考仪器检测结果的一致性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 阴道分泌物标本来源于本院的门诊、住院患者及于本院进行体检的成年女性患者,排除外观为血性或有明显阴道用药的标本。标本由妇科医生采集,采集后的棉拭子放入洁净无菌的试管中送检。

1.2 仪器和试剂 实验仪器为深圳市瑞图生物技术有限公司生产的 RT-F600 全自动阴道分泌物检测仪(以下简称 RT-F600),试剂为仪器配套的 RT-F600A 阴道炎联合检测试剂盒和质控品。参考仪器为郑州安图生物工程股份有限公司生产的全自动生殖道分泌物工作站 Autowomo(以下简称安图),试剂为其配套的阴道炎五联检测试剂盒,人工镜检使用的是日本 Olympus 公司的 CX31 型光学显微镜。

1.3 方法

1.3.1 验证项目 本研究参考阴道分泌物分析仪性能评价相关文献[8-10]结合本实验室实际情况,对 RT-F600 的检测重复性、携带污染率、自动稀释功能、与人工镜检的一致性、干化学项目阴阳符合率、检出限、与参考仪器干化学项目检测的一致性进行验证。

1.3.2 仪器检测重复性验证 选取阴道分泌物标本 20 例(包括真菌阳性、细菌阴道病阳性标本)充分混合均匀,分装到 20 个标本管中,按常规方法上机连续检测 20 次,评价仪器的重复性;形态学指标验证通过标准:清洁度结果应无差异或浮动不超过一个等级,真

菌、滴虫、线索细胞及菌丝的符合率 $\geq 90\%$;干化学项目的验证通过标准:脯氨酸氨基肽酶(PIP)、唾液酸苷酶(SNA)、白细胞酯酶(LE)、乙酰氨基葡萄糖苷酶(NAG)、过氧化氢(H_2O_2)符合率 $\geq 90\%$,pH 值重复性检测结果变异系数(CV) $\leq 5\%$ 。

1.3.3 携带污染率验证 选择 10 例阴道分泌物标本与稀释液(空白样本)按常规检测方法交替检测,记录其结果。携带污染率验证通过标准:空白标本检测结果为阴性。清洁度 I~II 度为阴性,III~IV 度为阳性。

1.3.4 自动稀释功能验证 根据目视观察的结果,选择 10 例高浓度标本进行测试,观察系统是否提示样本浓度过高,检测完成后查看测试结果是否有稀释标志。评价标准:系统提示样本浓度过高,测试结果有“*2”标注并自动纠正。验证通过标准为符合率 $\geq 90\%$ 。

1.3.5 与人工镜检的一致性验证 选取 412 例阴道分泌物标本,按仪器使用要求进行检测后,剩余标本交由实验工作人员严格按照《全国临床检验操作规程》第 4 版^[11]要求进行涂片人工镜检。镜检项目包括清洁度、真菌、线索细胞、滴虫及菌丝,统计仪器镜检结果与人工镜检结果的总符合率、假阴性率及一致性。由于清洁度的判读是根据白细胞、上皮细胞、乳酸杆菌和球菌的多少来进行分级,参照《尿液有形成分分析仪(数字成像自动识别)》中关于细胞识别率的要求以及《临床微生物检验程序验证指南》^[12]中关于细菌的显微镜检查评价方法。验证通过标准:清洁度总符合率 $\geq 80\%$,真菌、线索细胞、滴虫、菌丝总符合率 $\geq 90\%$,假阴性率 $\leq 5\%$ 。

1.3.6 干化学项目阴性符合率和阳性符合率验证 按照瑞图阴道炎联合检测试剂盒质控品说明书要求,随机抽取不同批次干化学检测试剂卡 20 块,分别用阴性参考品与阳性参考品按照常规方法各检测 10 次,评价干化学项目(PIP、SNA、LE、NA、 H_2O_2)的阴性符合率和阳性符合率。验证通过标准:阳性参考品检测结果不能为阴性,阴性参考品结果不能为阳性,符合率 $\geq 90\%$ 。

1.3.7 干化学项目检出限验证 随机抽取不同批次干化学检测试剂卡 20 块,根据瑞图 RT-F600A 阴道炎联合检测试剂盒质控品说明书配备干化学项目检出限附近浓度的参考品(浓度:PIP 0.5 U/mL, SNA 8U/L, LE 65 U/L, NAG 145 U/L, H_2O_2 2 μ mol/L),分别检测 20 次,评价干化学的检出限。观察检测结果是否为阳性,验证通过标准:各项目符合率 $\geq 90\%$ 。

1.3.8 干化学项目一致性验证 选取 81 例阴道分泌

物标本,分别用 RT-F600A、安图进行检测,记录各项目的检测结果并统计总符合率、假阴性率及一致性。验证通过标准:总符合率 $\geq 90\%$,假阴性率 $\leq 5\%$ 。

1.4 统计学处理 采用 SPSS24.0 统计软件进行数据处理。采用 Kappa 一致性检验来评价 RT-F600A 与人工镜检、RT-F600A 与安图检测结果的一致性。Kappa >0.8 表明有很好的一致性;0.6 $<\text{Kappa}<0.8$ 表明有较高的一致性;0.4 $<\text{Kappa}<0.6$ 表明一致性一般;Kappa <0.4 表明一致性较差;此外还通过 χ^2 检验,比较不同方法间的结果差异,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 仪器重复性验证 20 次重复性检测中,清洁度、真菌、滴虫、线索细胞、PIP、SNA、LE、NAG、H₂O₂ 的结果均完全一致;菌丝除 2 例为阴性外,其余均为阳性;pH 的检测值除 1 例为 4.6 外,其余均在 4.4~4.5。清洁度、真菌、滴虫、线索细胞的重复性结果符合率为 100.00%,菌丝为 90.00%;干化学项目(PIP、SNA、LE、NAG、H₂O₂ 检测)的重复性符合率均为 100.00%;pH 值重复性检测的 CV 为 1.36%,小于 5.00%;验证通过。

2.2 携带污染率验证 10 例空白标本清洁度、真菌、滴虫、线索细胞、PIP、SNA、LE、NAG、H₂O₂ 的检测结果均为阴性,携带污染率验证通过。

2.3 自动稀释功能验证 10 例高浓度样本经上机测试,仪器均提示“样本浓度过高”,测试结果均显示有“*2”标注并进行了自动纠正,符合率为 100.00%,验证通过。

2.4 与人工镜检的一致性 仪器检测与人工镜检结果进行比较:清洁度、真菌、线索细胞、滴虫、菌丝的差异均有统计学意义($P<0.05$);真菌、滴虫的 Kappa 值 >0.8 ,表示两种方法有很好的一致性;清洁度的 Kappa 值为 0.6~0.8,表示两种方法有较高的一致性;线索细胞的 Kappa 值为 0.4~0.6,表示两种方法的一致性一般;菌丝的 Kappa 值 <0.4 ,表示两种方法一致性较差。清洁度的假阴性率为 18.20%,菌丝的假阴性率为 6.07%。见表 1。

2.5 干化学项目阴性符合率和阳性符合率 阴性参考品在 10 次检测中干化学项目结果均为阴性,阳性参考品 10 次检测各项目结果均为阳性,阴性符合率和阳性符合率均为 100.00%,验证通过。

2.6 干化学项目检出限 PIP 的检出限(0.5 U/mL)符合率为 90.00%,SNA(8U/L)、LE(65 U/L),NAG(145 U/L)、H₂O₂(2 $\mu\text{mol}/\text{L}$)检出限符合率均为 100.00%,验证通过。

2.7 与参考仪器干化学项目检测的一致性 RT-

F600 与安图进行比较,PIP、SNA、LE、NAG、H₂O₂ 的检测结果差异均有统计学意义($P<0.05$)。一致性检验显示:SNA 和 LE 的 Kappa 值分别为 0.685 和 0.791,表明两种方法有较高的一致性;NAG 的 Kappa 值为 0.584,表明两种方法一致性一般;H₂O₂、PIP 的 Kappa 值均小于 0.4,表明两种方法的一致性较差。见表 2。

表 1 RT-F600 与人工镜检符合率验证结果($n=412$)

RT-F600	人工镜检		总符合率 (%)	假阴性率 (%)	P	Kappa 值
	阴性	阳性				
清洁度			80.30	18.20	<0.05	0.617
阴性	175	75				
阳性	6	156				
真菌			97.60	2.43	<0.05	0.897
阴性	351	10				
阳性	0	51				
线索细胞			93.20	2.46	<0.05	0.595
阴性	366	6				
阳性	19	21				
滴虫			100.00	0	<0.05	1.000
阴性	410	0				
阳性	0	2				
菌丝			93.90	6.07	<0.05	0.183
阴性	384	25				
阳性	0	3				

表 2 RT-F600 干化学项目一致性验证结果($n=81$)

RT-F600	安图		总符合率 (%)	假阴性率 [*] (%)	P	Kappa 值
	阴性	阳性				
SNA			92.59	2.47	<0.05	0.685
阴性	67	2				
阳性	4	8				
H ₂ O ₂			70.37	1.23	<0.05	0.296
阴性	9	1				
阳性	23	48				
PIP			96.30	3.70	<0.05	0.388
阴性	77	3				
阳性	0	1				
LE			91.40	6.17	<0.05	0.791
阴性	20	5				
阳性	2	54				
NAG			93.80	1.23	<0.05	0.584
阴性	72	1				
阳性	4	4				

注: * 表示以安图的检测结果为参考。

3 讨 论

阴道炎作为妇科门诊中最常见及复发率最高的疾病,它严重威胁着妇女的身心健康,对其工作和生活造成影响^[13]。阴道分泌物有形成分主要包括白细胞、上皮细胞、线索细胞、杆菌和真菌等,对阴道分泌物进行检测具有非常重要的临床意义。随着标本量的剧增,人工镜检已不能满足日益增长的检测需求,拥有一套能自动检测且精度高的检测识别系统尤为重要。近年来,有许多的检测识别算法应用于临床,例如马丽文^[14]提出了一种对妇科分泌物显微图像中各成分进行自动检测的识别算法;PRINYAKUPT 等^[15]利用线性和朴素贝叶斯分类器对血涂片显微图像中白细胞的自动检测和分类进行了研究,这些算法对妇科阴道分泌物细胞的检测精度依旧不高。本研究中使用的 RT-F600 是基于人工智能 DeepCell 引擎开发的一套针对细胞形态学进行高精度识别的系统,包括形态学和干化学检测两部分,检测过程全流程自动化、智能化,无需检测人员手工进行涂片、显微镜检、干化学检测等一系列繁琐操作,大幅度提高了检测人员的工作效率,同时也能避免人工操作时致病菌对实验室造成生物污染。本课题组对 RT-F600 的重复性、携带污染率、自动稀释功能、与人工镜检的一致性、干化学项目的阴性符合率和阳性符合率、检出限、与参考仪器检测结果的一致性进行了评价,各项指标性能良好。

由于国内目前尚没有全自动阴道分泌物检测仪性能评价的行业标准,形态学部分的重复性、携带污染率及仪器识别准确率参考了中华人民共和国医药行业标准 YY/T-0996-2015:尿液有形成分分析仪(数字成像自动识别)^[3]。本次性能评价试验中,仪器重复性、携带污染率符合率均 $\geq 90.00\%$,验证通过。真菌、线索细胞、滴虫及菌丝的仪器镜检识别总体符合率结果 $\geq 90.00\%$,高于标准 YY/T-0996-2015 中对尿液中识别率要求最高的白细胞评估标准($\geq 80.00\%$)。由于清洁度 I 和 II 度表示正常,III 和 IV 度表示有阴道炎症,所以将 I 和 II 度合并为阴性,III 和 IV 度合并为阳性,而《全国临床检验操作规程》第 4 版中关于清洁度的分级标准是根据杆菌、球菌、上皮细胞及白细胞的数量多少进行分级,对于检出少量真菌孢子而白细胞、上皮细胞、杆菌及球菌数量正常的标本,仪器报告清洁度为阴性,而人工镜检由于主观因素等原因会报告阳性,同时对于杆菌、球菌、上皮细胞及白细胞的数量处于临界值的标本,仪器结果与人工结果会有一定的差异,这导致了清洁度的总体符合率(80.30%)及假阴性率(18.20%)相对于其他形态学项目而言略差,但仍高于行业标准($\geq 80.00\%$),且

Kappa 值为 0.617,提示两种方法间有较高的一致性,验证符合要求。由于标本中细胞及病原体并非完全均匀分布于整个涂片,镜检视野的选择会影响细胞数目及病原体的镜检检出率^[16];仪器默认只随机拍摄 10 个视野图片,视野过少可导致部分数量较少的病原体(如菌丝)漏检,当涂片中菌丝与上皮细胞稍有重叠时仪器无法自动识别出菌丝而不能分类,这也是导致菌丝假阴性率(6.07%)过高及一致性较差(Kappa 值为 0.183)的原因,在实际检测过程中需要检验人员对不能分类的图片进行浏览、筛查,并对可疑标本通过显微镜镜检确认后进行最后的结果修正。对于浓度高的阴道分泌物标本,因细胞分层会存在有的细胞清晰而有的细胞模糊,导致细胞无法识别的问题,本研究中 10 例高浓度样本检测时系统均有异常提示,结果中均进行了纠正。线索细胞是由于大量的阴道加德纳菌或小杆菌等覆盖于阴道鳞状上皮细胞表面,使细胞边缘模糊粗糙,呈颗粒状或云雾状,通过线索细胞检查诊断细菌性阴道炎已经在临幊上获得了广泛性认可^[17],在部分溶细胞性阴道病的阴道分泌物中,大量的革兰阳性乳杆菌形态细菌覆盖破碎的上皮细胞,其形态和线索细胞相似,被称为“假线索细胞”^[18-19],仪器会把这类细胞错误分至线索细胞栏目中,这是导致线索细胞仪器镜检与人工镜检两种方法间一致性一般(Kappa 为 0.595)的原因,但其总符合率 $\geq 90.00\%$,验证符合要求。

干化学功能酶检测主要通过检测 PIP、SNA、LE、NAG、H₂O₂ 等与致病因素相关的酶类对阴道疾病做出诊断,可提高阴道疾病诊断的特异度,具有快速、简单、指标客观的优点^[20]。H₂O₂ 是阴道中有益乳酸杆菌特别是产生 H₂O₂ 的乳酸杆菌的一种代谢产物,其浓度的高低是评价乳酸杆菌功能的重要指标^[10]。LE 是白细胞膜上的一种蛋白质,炎症感染时多核型白细胞由于趋化作用在炎症灶聚集而释放大量白细胞脂酶,并通过阴道上皮细胞黏膜渗透到分泌物中,其活性的高低与多核型白细胞数量呈正相关。PIP 可由多种厌氧细菌和真菌产生,也是动弯杆菌、大部分加德纳菌和假丝酵母菌的特异性酶。SNA 又称神经氨酸酶,在阴道微生态微生物群中,普雷沃菌、类杆菌和部分加德纳菌是使 SNA 活性增加的主要病原菌,测定阴道分泌物中的 SNA 活性可以辅助诊断由以上菌群引起的细菌性阴道病。NAG 是滴虫具有的一种特异性酶,可通过检测 NAG 活性水平来诊断滴虫性阴道炎^[21]。本次性能评价中,干化学项目的重复性验证符合率为 100%,表明仪器稳定性良好;10 例空白样本的结果均为阴性,提示检测过程中本底干扰及交叉污染可忽略,表明仪器的冲洗性能好,携带污染率验

证通过;检出限中除 PIP(0.5 U/mL)符合率为 90.00%外,其余项目检出限符合率均为 100.00%,表明仪器有较高灵敏度。由于方法学及酶特异性的局限性,目前国内尚没有阴道分泌物干化学功能酶相关指标检测的室间质评物,本文使用阴性参考品与阳性参考品进行干化学项目的阴阳符合率验证,各项目的符合率均为 100.00%,表明仪器干化学结果有较高的准确性。在检验结果的一致性方面,通过与已上市的安图阴道五联检试剂盒干化学项目进行比对, H_2O_2 、PIP 一致性不佳(Kappa 分别为 0.296 和 0.388),不能单独作为诊断标准^[10],需结合形态学检测结果共同判断;总符合率方面,除 H_2O_2 总符合率(70.37%)略低外,其余项目总符合率均 $\geq 90.00\%$,能满足临床需求。

综上所述,RT-F600 性能良好,检测速度较快,图像显示清晰,细胞分类标识较准确,能快速识别病原体,联合干化学功能酶学检测可用于临床阴道炎症相关疾病的筛查,能降低人工镜检的工作负荷,具有较好的临床应用价值,但对于部分标本仍需要人工镜检确认,检验人员形态学水平的提高仍然很重要^[22]。自动化的检测仪器在未来还需要进一步优化算法及升级版本以拍摄更多视野,提高各项指标检测的准确性。

参考文献

- [1] 刘玲,林帅峰.阴道分泌物显微镜镜检法与阴道炎五联检测法的效果比较[J].实用妇科内分泌电子杂志,2015,2(7):19-20.
- [2] 中国合格评定国家认可委员会.医学实验室质量和能力认可准则在体液学检验领域的应用说明:CNAS-CL02-A002-2018[S].北京:中国标准出版社,2018.
- [3] 国家食品药品监督管理总局.尿液有形成分分析仪(数字成像自动识别):YY/T-0996-2015[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [4] 国家食品药品监督管理总局.干化学尿液分析仪:YY/T0475-2011[S].北京:中国标准出版社,2011.
- [5] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.定性测定性能评价指南:WS/T-505-2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [6] 刘小晴,凌利芬,全娜丽,等. US2000 全自动模块化尿液分析仪流水线性能验证[J].检验医学与临床,2021,18(5):649-653.
- [7] 罗燕萍,王成,蔡珠妹,等. Sysmex UF-1000i 全自动尿液有形成分分析仪性能评价[J].世界最新医学信息文摘,2020,20(94):37-40.
- [8] 赵传运,赵晖,宋蓓,等.全自动阴道分泌物检测工作站性能验证方案的建立及应用[J].国际检验医学杂志,2020,41(21):2654-2659.
- [9] 郑大勇,迪瑞 GMD-S600 全自动妇科分泌物分析系统的应用效果[J].医疗装备,2021,34(5):45-46.
- [10] 王欣颜,王立冬,陈因,等.全自动妇科分析仪有形成分检测的性能评价[J].中日友好医院学报,2020,34(6):373-374.
- [11] 尚红,王毓三,申子瑜.全国临床检验操作规程[M].4 版.北京:人民卫生出版社,2015.
- [12] 中国合格评定国家认可委员会.临床微生物检验程序验证指南:CNAS-GL028:2018[S/OL].(2018-03-01)[2022-03-25]. <https://www.cnas.org.cn/rkgf/sysrk/rkzn/2018/03/889150.shtml>.
- [13] 龚娅,段德令,史秋霞,等.阴道分泌物功能酶检测联合常规镜检在阴道微生态改变中的应用价值[J].国际检验医学杂志,2019,40(20):2491-2493.
- [14] 马丽文.基于纹理分析的妇科显微图像的成分统计与分析[D].济南:济南大学,2016.
- [15] PRINYAKUPT J, PLUEMPITIWIRIYAWEJ C. Segmentation of white blood cells and comparison of cell morphology by linear and naïve Bayes classifiers[J]. Biomed Eng Online, 2015, 14:63.
- [16] 王瑶,孙宏莉,赵颖,等.自动化镜检结合人工智能分析系统对阴道分泌物革兰氏染色涂片形态学的准确性评价[J].协和医学杂志,2021,12(4):503-509.
- [17] 任玉顺.线索细胞检查在宫颈炎诊断中的临床意义[J].中国妇幼保健,2017,32(5):949-951.
- [18] 郭雪冬,樊尚荣.阴道微生态的形态学诊断[J].中国实用妇科与产科杂志,2017,33(8):800-804.
- [19] 安瑞芳,曾宪玲.阴道微生态诊治的最新进展[J].中国实用妇科与产科杂志,2017,33(8):787-791.
- [20] 沈莉,卢红梅,梁芳芳.阴道炎五联检验对阴道炎病原体诊断与白带清洁度检测的应用效果分析[J].中华医院感染学杂志,2015,25(1):216-218.
- [21] 金淑芹,孙丽娜.干化学酶法在阴道分泌物检查中的应用效果[J].医疗装备,2019,32(6):56-57.
- [22] 张时民.医学检验领域人工智能技术应用与展望[J].国际检验医学杂志,2018,39(5):513-516.

(收稿日期:2021-10-12 修回日期:2022-01-21)