

人工智能技术在宫颈癌筛查项目中细胞学质控的应用研究

王惠惠,李晨希,刘百阳,李建伟

(连云港市妇幼保健院妇女群体保健科,江苏 连云港 222000)

[摘要]目的 探讨人工智能技术在宫颈癌筛查项目细胞学质控工作中应用的可行性及价值,降低漏诊和误诊,提升筛查质量。**方法** 收集江苏省、四川省等多中心的宫颈癌筛查项目外送第三方实验室的2 500例液基细胞玻片样本,经质控排除不满意样本后,最终共入组2 365例样本纳入研究,由市级病理专家、人工智能技术对外送第三方司抽检样本分别进行质控阅片,并由省级病理专家对于市级病理专家与人工智能技术诊断不符合的标本随机抽取标本进行质控,比较人工智能技术和市级病理专家人工阅片复核结果的一致性差异,评价前者在宫颈癌筛查项目质控环节应用的可行性。**结果** 人工智能技术与市级病理专家质量控制结果相比,总体符合率无统计学差异($\chi^2=3.81, P>0.05$);按细胞学结果进行比较,未见上皮内病变的细胞和恶性细胞(NILM)及未明确意义的不典型鳞状上皮细胞(ASC-US)数据比较差异有统计学意义($\chi^2=55.57$ 和 $19.02, P<0.001$);低度鳞状上皮内病变(LSIL)、不典型鳞状上皮细胞-不除外高度鳞状上皮内病变(ASC-H)、高度鳞状上皮内病变(HSIL)、不典型腺上皮细胞(AGC)、鳞状细胞癌(SCC)数据比较差异无统计学意义($\chi^2=1.91, 2.00$ 和 $0.12, P>0.05$);市级病理专家与人工智能技术诊断不符合的146例样本,经省级病理专家质控,有119例结果为NILM及ASC-US的样本人工智能诊断与省级专家诊断不符合。**结论** 在缺少细胞病理质控专家的地区,可以考虑使用人工智能技术进行宫颈癌筛查项目中细胞学质控,但现阶段人工智能技术还需要不断优化去进一步提升质控准确性。

[关键词] 宫颈癌筛查;人工智能技术;细胞学;质量控制

Doi:10.3969/j.issn.1673-5293.2025.11.004

[中图分类号] R173

[文献标识码] A

[文章编号] 1673-5293(2025)11-0023-06

Application of artificial intelligence technology in quality control for cytological examination in cervical cancer screening program

WANG Huihui, LI Chenxi, LIU Baiyang, LI Jianwei

(Department of Women's Health Care, Lianyungang Municipal Maternal and Child Health Hospital, Jiangsu Lianyungang 222000, China)

[Abstract] Objective To explore feasibility and application value of artificial intelligence (AI) technology in quality control for cytological examination in cervical cancer screening program, reduce missed diagnosis and misdiagnosis, so as to improve screening quality. **Methods** 2500 liquid-based thinprep cytologic test (TCT) slide samples sent to third-party laboratories from multiple centers of cervical cancer screening in Jiangsu province and Sichuan province and so on were collected. After quality control, unsatisfactory samples were excluded, and finally 2 365 TCT slide samples were included in the study. Firstly, municipal-level pathologists and AI technology respectively conducted quality control slide reading on the liquid-based TCT slide samples sent to the third-party laboratories and selected in random sampling method. And then the provincial-level pathologists randomly selected those TCT slide samples with discordant diagnoses between the municipal-level pathologists and the AI, and reviewed those TCT slide samples for quality control assessment. The consistency between the AI results and the manual review results by the municipal-level pathologists was compared to evaluate feasibility of applying the AI technology in quality control procedures for cervical cancer screening programs. **Results** There was no significant difference in the overall coincidence rate between the quality control results of the AI technology and those of the municipal-level pathologists ($\chi^2=3.81, P>0.05$). However, according to cytological results, there were statistically significant differences in data of negative for intraepithelial lesion or malignancy (NILM) and atypical squamous cell of undetermined significance (ASC-US) between the quality control results of AI technology and those of municipal pathologists ($\chi^2=55.57$ and 19.02 respectively, both $P<0.001$), while the differences in data of low-grade squamous

[收稿日期] 2024-11-11

[基金项目] 中国妇幼保健协会妇幼健康领域科研创新技术项目(ZGFYBJXH-KY2101);连云港市重点研发计划(社会发展)项目(SF2203)

[作者简介] 王惠惠(1997—),女,住院医师,主要从事妇女群体保健相关研究。

[通讯作者] 李建伟,主任医师。

intraepithelial lesion (LSIL), atypical squamous cells-cannot exclude HSIL (ASC-H), high-grade squamous intraepithelial lesion (HSIL), atypical glandular cell (AGC) and squamous cell carcinoma (SCC) were not statistically significant between the municipal pathologists and the AI technology ($\chi^2 = 1.91, 2.00$ and 0.12 respectively, both $P > 0.05$). Among the 146 slide samples whose diagnosis was inconsistent between the municipal pathologists and AI technology, 119 slide samples whose diagnosis results were NILM and ASC-US were inconsistent between the AI's diagnoses and the provincial-level pathologists' diagnoses after quality control by the provincial-level pathologists. **Conclusion** In areas lacking cytopathological quality control experts, AI technology can be considered for cytological quality control in cervical cancer screening programs, but at present, AI technology still needs to be continuously optimized to further improve accuracy of quality control.

[Key words] cervical cancer screening; artificial intelligence technology; cytology; quality control

宫颈癌是女性常见的恶性肿瘤之一,发病率排名第四,仅次于乳腺癌、结直肠癌和肺癌;此外,它也是导致女性死亡的第四大原因^[1]。2022 年数据显示,全球年新发病例约 66 万例,死亡约 35 万例^[2];我国子宫颈癌新发病例和死亡病例约为 10.9 万和 5.9 万例,分别占全球新发病例和死亡病例的 18.2% 和 17.3%^[3]。近年来,我国宫颈癌的发病年龄逐渐趋向年轻化,给家庭和社会带来沉重的疾病负担^[4]。

目前我国宫颈癌筛查方式主要是人乳头瘤病毒(human papilloma virus, HPV)检测和宫颈液基薄层细胞检测(thinprep cytologic test, TCT)。HPV 检测存在无法立即获得结果、误诊风险大及成本较高等缺点^[5],目前在大人群众宫颈癌筛查项目中较难推广。TCT 存在灵敏度较低,一致性和重复性较差的缺点,根据中国子宫颈癌筛查及异常管理相关问题专家共识,细胞病理学工作人员(包括诊断医师和筛查员)在每个工作日(8 小时)阅片的宫颈细胞学涂片数量不宜超过 100 张^[6],我国部分地区宫颈细胞学阅片人员不足,以致无法完成辖区宫颈癌筛查任务量。TCT 除了技术本身的限制,又依赖于阅片者的经验及技术水平,主观性强,导致诊断灵敏度下降,难以满足大规模筛查的需求^[7-8]。

最近,人工智能(artificial intelligence, AI)系统越来越多地应用于包括宫颈癌筛查在内的医疗保健领域^[9]。研究表明,人工智能在 HPV 检测、细胞学检查和阴道镜检查中的应用对癌前病变取得了良好的检出率和准确性^[10]。AI 具有客观性,不受限于工作量、对所有抽检样本具有统一的标准的优点,可显著提升工作效率,减轻阅片人员的工作负担,对宫颈癌的早期筛查具有重要意义。本研究共抽检 2 365 例 TCT 样本,通过比较人工智能技术和市级病理专家人工阅片在基层宫颈癌筛查项目细胞学质

控工作中的检出情况,并由省级病理专家对于市级病理专家与人工智能技术诊断不符合的标本随机抽取标本进行质控,验证人工智能技术在基层宫颈癌筛查项目细胞学质控工作中应用价值。

1 资料与方法

1.1 样本来源

随机选取江苏省、四川省等多中心的 35~64 周岁自愿参加宫颈癌筛查的行宫颈细胞学检查外送第三方实验室的液基细胞玻片样本,共计 2 500 例,经质控排除不满意样本后,最终共入组 2 365 例样本纳入研究。本研究已获得连云港市妇幼保健院医学伦理委员会的审核通过(批号:LYG-MER2021003)。

1.2 标本采集

标本采集在非月经时进行,取材前需要 48 小时无性生活、阴道冲洗及塞药。取材时请妇女排空膀胱,然后取膀胱结石位,医师用窥阴器置入阴道直至暴露宫颈。擦拭宫颈分泌物后,医师取宫颈采样刷放入宫颈转化区,同一方向旋转,圈数为 3~5,将其取出放入有保存液的标本瓶中,贴上患者信息条形码,密闭送检。

1.3 细胞学诊断标准

诊断标准以伯塞斯达系统(The Bethesda System, TBS)分类,结果描述分为:正常:未见上皮内病变的细胞和恶性细胞(negative for intraepithelial lesion or malignancy, NILM),异常:未明确意义的不典型鳞状上皮细胞(atypical squamous cell of undetermined significance, ASC-US)、不典型鳞状上皮细胞-不排除高度鳞状上皮内病变(atypical squamous cells-cannot exclude HSIL, ASC-H)、低度鳞状上皮内病变(low-grade squamous intraepithelial lesion, LSIL)、高度鳞状上皮内病变(high-grade

squamous intraepithelial lesion, HSIL)、鳞状细胞癌(squamous cell carcinoma, SCC);不典型腺上皮细胞(atypical glandular cell, AGC)、原位腺癌(adenocarcinoma in situ, AIS)、腺癌等。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 23.0 统计学软件进行数据分析。计数资料以频数(百分比)[n(%)]形式表示,组间比较采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 对外送第三方样本质控结果

外送第三方实验室宫颈细胞学抽检样本 2 365 例,包括阴性样本 1 722 例,阳性样本 643 例。市级病理学专家人工阅片对外送第三方实验室宫颈细胞学抽检样本的进行质控工作,认为阴性样本 1 768 例,阳性样本 597 例,阳性率为 25.2%。人工智能技术对外送第三方实验室宫颈细胞学抽检样本的进行质控工作,认为阴性样本 1 737 例,阳性样本 628 例,阳性率为 26.6%,见表 1。

2 365 例样本中,1 722 例阴性样本经市级病理专家质控后有 1 692 例结果仍为阴性,符合率为 98.3%,漏诊 30 例,漏诊率为 1.7%。阴性样本经人工智能技术质控后有 1 603 例结果仍为阴性,符合率为 93.1%,漏诊 119 例,漏诊率为 6.9%,见表 2、表 3。

643 例阳性样本经市级病理专家质控发现,567 例结果仍为阳性,阳性符合率为 88.2%。其中 ASC-US 433 例经质控后有 321 例结果仍为 ASC-US,符合率为 74.1%。LSIL 160 例经质控后有 132 例结果仍为 LSIL,符合率为 82.5%。ASC-H 25 例经质控

后有 22 例结果仍为 ASC-H,符合率为 88.0%。HSIL 23 例经质控后有 18 例结果仍为 HSIL,符合率为 78.3%。AGC 1 例和 SCC 1 例经质控后结果与原结果相同,符合率均为 100%,见表 2。

对初诊阳性病例 643 例经人工智能技术质控发现,509 例结果仍为阳性,阳性符合率为 79.2%。其中 ASC-US 433 例经质控后有 262 例结果仍为 ASC-US,符合率为 60.5%。LSIL 160 例经质控后有 122 例结果仍为 LSIL,符合率为 76.3%。ASC-H 25 例经质控后有 18 例结果仍为 ASC-H,符合率为 72.0%。HSIL 23 例经质控后有 17 例结果仍为 HSIL,符合率为 73.9%。AGC 1 例经质控后结果与原结果相同,符合率为 100%。SCC 1 例经质控后结果为 HSIL,符合率为 0,见表 3。

表 1 市级病理专家与人工智能技术对
第三方样本质控结果(n)

Table 1 Quality control results by the municipal-level pathologists and the AI technology for the third-party TCT slide samples (n)

级别	第三方	市级病理专家	AI
NILM	1 722	1 768	1 737
ASC-US	433	371	409
LSIL	160	163	170
ASC-H	25	39	26
HSIL	23	22	21
AGC	1	1	2
SCC	1	1	0
合计	2 365	2 365	2 365

表 2 市级病理专家对第三方不同结果的 TCT 样本的质控结果[n(%)]

Table 2 Quality control results by the municipal-level pathologists for TCT slide samples with different results from the third-party [n(%)]

第三方	例数	市级病理专家						
		NILM	ASC-US	LSIL	ASC-H	HSIL	AGC	SCC
NILM	1 722	1 692(98.3)	30(1.7)	0	0	0	0	0
ASC-US	433	72(16.7)	321(74.1)	28(6.5)	10(2.3)	2(0.4)	0	0
LSIL	160	4(2.5)	20(12.5)	132(82.5)	4(2.5)	0	0	0
ASC-H	25	0	0	1(4.0)	22(88.0)	2(8.0)	0	0
HSIL	23	0	0	2(8.7)	3(13.0)	18(78.3)	0	0
AGC	1	0	0	0	0	0	1(100.0)	0
SCC	1	0	0	0	0	0	0	1(100.0)
合计	2 365	1 768	371	163	39	22	1	1

表 3 人工智能技术对第三方不同结果的 TCT 样本的质控结果[n(%)]
Table 3 Quality control results by the AI technology for TCT slide samples with
different results from the third-party [n(%)]

第三方	例数	市级病理专家						
		NILM	ASC-US	LSIL	ASC-H	HSIL	AGC	SCC
NILM	1 722	1 603(93.1)	112(6.5)	6(0.3)	1(0.1)	0	0	0
ASC-US	433	130(30.0)	262(60.5)	35(8.1)	5(1.1)	0	1(0.2)	0
LSIL	160	2(1.3)	35(21.9)	122(76.3)	0	1(0.6)	0	0
ASC-H	25	1(4.0)	0	4(16.0)	18(72.0)	2(8.0)	0	0
HSIL	23	1(4.3)	0	3(13.0)	2(8.7)	17(73.9)	0	0
AGC	1	0	0	0	0	0	1(100.0)	0
SCC	1	0	0	0	0	1(100.0)	0	0
合计	2 365	1 737	409	170	26	21	2	0

2.2 对总体质控结果符合率的比较

经统计,2 365 例样本中,2 187 例样本经市级病理专家质控后与原结果相同,总体符合率为 92.5%;2 023 例样本经人工智能技术质控后与原结果相同,总体符合率为 85.5%。整体上(阴性+阳性),市级病理学专家人工阅片质控与人工智能技术质控相比差异无统计学意义($\chi^2 = 3.81, P > 0.05$),说明人工智能技术可以对外送第三方实验室样本进行质控。

2.3 按细胞学分类质控结果的比较

市级病理专家和人工智能技术分别对外送第三方实验室宫颈细胞学抽检标本进行质控,结果见表 5。经分析发现,两种质控方式比较,NILM 和

ASC-US 数据比较差异有统计学意义($\chi^2 = 55.57$ 和 $19.02, P < 0.001$);LSIL、ASC-H、HSIL、AGC 和 SCC 数据比较差异无统计学意义($\chi^2 = 1.91, 2.00$ 和 $0.12, P > 0.05$)。

表 4 病理专家与人工智能技术在整体上
(阴性+阳性)质控比较[n(%)]

Table 4 Comparison of overall (negative + positive)
quality control coincidence rate between the
pathologists and the AI technology [n(%)]

诊断者	整体(阴性+阳性)	χ^2	P
市级病理专家	2 187(92.5)	3.81	>0.05
AI	2 023(85.5)		

表 5 按细胞学具体结果对市级病理专家与人工智能技术质控结果的比较[n(%)]
Table 5 Comparison of quality control results between the municipal-level pathologists and
the AI technology based on in specific cytological results [n(%)]

诊断者	第三方						
	NILM (1 722)	ASC-US (433)	LSIL (160)	ASC-H (25)	HSIL (23)	AGC (1)	SCC (1)
市级病理专家	1 692(98.3)	321(74.1)	132(82.5)	22(88.0)	18(78.3)	1(100.0)	1(100.0)
AI	1 603(93.1)	262(60.5)	122(76.3)	18(72.0)	17(73.9)	1(100.0)	0
χ^2	55.57	19.02	1.91	2.00	0.12	—	—
P	<0.001	<0.001	>0.05	>0.05	>0.05	—	—

2.4 省级病理专家质控结果

对于市级病理专家与人工智能技术诊断不符合的标本,进一步由省级病理专家随机抽取标本进行质控,共 146 例标本,结果见表 6。对假阴性和假阳性的统计结果显示,人工智能技术筛查中的假阳性

为 93 例,说明人工智能诊断结果在一定范围内会造成部分假阳性结果,这部分结果大多数存在于将 NILM 误判为 ASC-US,共计 88 例;同时,人工智能技术筛查结果中的假阴性为 22 例,这部分结果多数存在于将 ASC-US 误判为 NILM。人工智能诊断结

果为 NILM 及 ASC-US 的样本有 119 例与与省级专家诊断不符合。

表 6 省级病理专家诊断质量控制结果

Table 6 Contrasts of diagnosis quality control results among the provincial-level pathologists,the AI and the municipal-level pathologists

市级病理专家	AI	省级病理专家	例数(n=146)
NILM	ASC-US	NILM	88
NILM	LSIL	NILM	4
NILM	ASC-H	NILM	1
ASC-US	NILM	ASC-US	21
LSIL	NILM	LSIL	1
ASC-US	LSIL	ASC-US	9
LSIL	ASC-US	LSIL	8
HSIL	ASC-H	HSIL	1
LSIL	ASC-US	ASC-US	1
ASC-US	NILM	NILM	7
ASC-US	ASC-H	ASC-H	1
ASC-H	HSIL	HSIL	1
ASC-H	LSIL	HSIL	1
LSIL	ASC-US	ASC-H	1
LSIL	HSIL	LSIL+ASC-H	1

3 讨论

3.1 宫颈癌筛查现状

宫颈癌长期以来对女性的生命健康构成严重威胁,定期筛查宫颈病变,及时发现和治疗早期宫颈癌及癌前病变,是降低宫颈癌发病率和死亡率的重要措施。2009 年我国开展由政府主导推行的农村妇女宫颈癌检查项目以来,已经惠及两亿多 35~64 岁女性,但在宫颈癌检查项目实施过程中,各地经济发展不平衡、医疗水平参差不齐,严重制约部分地区尤其是中西部地区筛查覆盖率及质控工作质量提升,影响宫颈癌的早发现,从而错失宫颈癌治疗的最佳时期。

宫颈癌是人类历史上第一个被发现病因的癌症,即人乳头瘤病毒,高危型 HPV 持续感染就可能

导致宫颈癌的发生。而 HPV 检测成本较高,较难广泛推广。虽然 TCT 广泛应用于宫颈癌筛查,但受取材、判读等主观因素的影响,易造成假阴性或假阳性结果,特别是在意义不明或更严重的非典型鳞状

细胞($\geq$ ASC-US)病例中^[11]。此外,国内多数基层医院存在宫颈细胞学和阴道镜检查方面专业人员不足,人力资源匮乏,很难满足大规模宫颈癌筛查的需要^[12]。目前我国现阶段宫颈癌筛查项目大部分地区仍采用 TCT 进行检测,但这些地区可能没有或缺少足够的细胞病理医生,所以只能将 TCT 样本外送第三方实验室进行检测,且自身无足够能力进行足量的抽检质控,而外送第三方常缺少室内质控,导致宫颈癌筛查项目检出率及成本效益比均偏低。即使某些地区有细胞病理医生能进行质控抽检,也可能受限于细胞学病理医生人数及技术不足,加上抽检样本量大(10%的阴性标本和 100%的阳性标本抽检量),而无法完成应达成的抽检样本数量。

3.2 人工智能技术在 TCT 检测中的应用价值

数据集的扩增、人工智能的技术发展、计算机对大数据的学习等让 AI 有望取代细胞病理医生完成细胞学阅片^[4],每天阅片量可以超过 1 000 份,减少了时间消耗同时诊断效率高,并且减少因为主观因素产生的误判^[13]。AI 细胞学检测减轻细胞病理医师工作量同时减轻患者就诊负担,也可以承担我国“两癌”筛查项目的 TCT 检测工作。一项在湖北省利用人工智能技术开展宫颈癌筛查的研究证明 AI 宫颈细胞学检测提供了一种低成本、可及、有效的服务,将有助于实现中国宫颈癌筛查的全民覆盖^[1]。

3.3 人工智能技术与市级病理专家对 TCT 质控结果对比

为了扩大 AI 技术在宫颈癌筛查项目中的应用领域,达成宫颈癌筛查项目足量抽检的目标,本研究对外送第三方实验室的 2 365 份液基细胞玻片样本分别由市级病理学专家和人工智能技术进行复核结果的一致性差异进行分析。结果发现,两种质控方式的总体符合率无统计学差异($\chi^2 = 3.81, P > 0.05$)。一项基于 700 万大人群的研究表明,人工智能辅助的细胞学检测系统能够帮助排除绝大部分的正常细胞,与人工阅片相比,提高了 CIN2+检测的灵敏度,具有临床等效的特异性,结果支持基于人工智能的细胞学检测系统用于大规模人群的宫颈癌筛查^[14]。而本研究进一步按不同细胞学结果分析发现,两种质控方式比较,NILM 和 ASC-US 数据比较差异有统计学意义($P < 0.001$),说明对 NILM 和

ASC-US 的样本质控时,人工阅片与 AI 阅片质控结果存在差异;LSIL、ASC-H、HSIL、AGC 和 SCC 数据比较差异无统计学意义($P>0.05$),说明对 LSIL、ASC-H、HSIL、AGC 和 SCC 的样本质控时,人工阅片与 AI 阅片质控结果不存在差异。

3.4 省级病理专家对市级病理专家与 AI 质控结果不一致样本的复核

为进一步明确市级病理专家与人工智能技术诊断不符合的标本的诊断结果,由省级病理专家随机抽取 146 例不符合标本进行标准质控后发现,人工智能阅片的假阳性结果为 93 例,主要是将 NILM 误判为 ASC-US。这可能是由于宫颈萎缩、炎症等情况下基底层细胞核浆比例较高,导致人工智能误认其为病变细胞。同时,人工智能阅片的假阴性结果为 22 例,主要是将 ASC-US 误判为 NILM,可能原因是 ASC-US 的诊断标准较难把握,判断上存在更大的主观性。

综上所述,在缺少质控病理医师的地区,可以用人工智能技术对宫颈癌筛查项目细胞学检测样本进行质控;在有质控病理医师的地区,人工智能技术在一定程度上能够对样本进行质控,可有效地减少漏诊的发生,从卫生经济学方面来说可以减少医生工作量,降低成本,提高工作效率,而对 NILM 和 ASC-US 样本在人工智能技术质控后仍需要病理医师进行质控。

[参考文献]

- [1]Zhu X, Yao Q, Dai W, et al.Cervical cancer screening aided by artificial intelligence, China [J]. Bull World Health Organ,2023,101(6):381-390.
- [2]Bray F, Laversanne M, Sung H, et al.Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. CA Cancer J Clin,2024,74(3):229-263.
- [3]Singh D, Vignat J, Lorenzoni V, et al.Global estimates of incidence and mortality of cervical cancer in 2020: a baseline analysis of the WHO Global Cervical Cancer Elimination Initiative [J].Lancet Glob Health,2023,11(2):e197-e206.
- [4]张小松,毕蕙,董燕,等.人工智能辅助宫颈细胞学诊断技术的应用及质量控制专家共识[J].中国妇幼健康研究,2023,34(12):7-13.
- [5]Xie Y, Tan X, Shao H, et al.VIA/VILI is more suitable for cervical cancer prevention in Chinese poverty-stricken region: a health economic evaluation [J]. BMC Public Health,2017,17:1-9.
- [6]魏丽惠,赵昀,沈丹华,等.中国子宫颈癌筛查及异常管理相关问题专家共识(一)[J].中国妇产科临床杂志,2017,18(2):190-192.
- [7]Gul S, Murad S, Javed A. Prevalence of High risk Human Papillomavirus in cervical dysplasia and cancer samples from twin cities in Pakistan [J]. Int J Infect Dis, 2015, 34:14-19.
- [8]张丹,张宏秀,吴文新.TCT 和 HPV 宫颈癌筛查方法的临床价值[J].江苏医药,2017,43(12):890-892.
- [9]张安慧,朱敏,毛建,等.人工智能技术在女性宫颈癌筛查中的应用分析[J].中国卫生信息管理杂志,2024,21(5):739-744,750.
- [10]Nakisige C, de Fouw M, Kabukye J, et al. Artificial intelligence and visual inspection in cervical cancer screening [J]. Int J Gynecol Cancer, 2023, 33(10):1515-1521.
- [11]Pan D, Zhang C Q, Liang Q L, et al. An efficient method that combines the ThinPrep cytologic test with E6/E7 mRNA testing for cervical cancer screening [J]. Cancer Manag Res, 2019, 11:4773-4780.
- [12]Brown B H, Tidy J A. The diagnostic accuracy of colposcopy: a review of research methodology and impact on the outcomes of quality assurance [J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2019, 240:182-186.
- [13]Kurita Y, Meguro S, Kosugi I, et al. Enhancing cervical cancer cytology screening via artificial intelligence innovation [J]. Sci Rep, 2024, 14(1):19535.
- [14]Bao H, Sun X, Zhang Y, et al. The artificial intelligence-assisted cytology diagnostic system in large-scale cervical cancer screening: a population-based cohort study of 0.7 million women [J]. Cancer Med, 2020, 9(18):6896-6906.

[专业责任编辑:安瑞芳]

[中文编辑:牛惠;英文编辑:杨周岐]