·基层园地·

AI 与人工判读对基层医院宫颈癌细胞病理诊断准确性的比较

马锦才，金建峰

【摘要】目的　对比分析人工智能（AI）与人工判读对基层医院宫颈癌细胞病理诊断的准确性。**方法**　本研究为诊断性试验。收集 2024 年 3 月至 2025 年 3 月杭州市富阳区妇幼保健院的液基薄层细胞学（TCT）标本 2 153 例，同时进行人工判读与 AI 阅片，比较两种判读方式的细胞学阳性率、病理阳性检出率、细胞学与病理诊断符合率及诊断效能。**结果**　AI 与人工判读的细胞学阳性检出率分别为 23.04%（496/2 153）和 22.02%（474/2 153），差异无统计学意义（$P > 0.05$）。以≥高级别鳞状上皮内病变（HSIL）为标准，AI 阅片的病理阳性检出率与人工判读差异无统计学意义（13.64% *vs* 10.10%）（$P > 0.05$）；以≥低级别鳞状上皮内病变（LSIL）为标准，AI 阅片的病理阳性检出率高于人工判读（40.40% *vs* 23.23%）（$P < 0.05$），其中 AI 对意义不明的非典型鳞状细胞（ASC-US）病例的≥LSIL 阳性符合率高于人工判读（19.35% *vs* 8.60%）（$P < 0.05$）。以病理检查为“金标准”，198 例接受阴道镜下活检患者中，≥HSIL 阳性 20 例，阴性 178 例；≥LSIL 阳性 46 例，阴性 152 例。AI、人工判读诊断高级别（≥HSIL）、低级别及以上（≥LSIL）的 *Kappa* 值分别为 0.817、0.304，0.661、0.264。**结论**　AI 在宫颈癌细胞病理诊断中与人工判读的细胞学阳性检出率相当，但在病理阳性病变识别及 ASC-US 病变检出效能中更具优势，可作为基层医院宫颈癌筛查的有效辅助工具。

【关键词】　宫颈癌；人工智能；基层医院；液基薄层细胞学；病理诊断
DOI:10.3969/j.issn.1671-0800.2026.06.022
【中图分类号】　R365　**【文献标志码】**　A　**【文章编号】**　1671-0800(2026)06-0676-04

宫颈癌发病率在女性生殖系统恶性肿瘤中位居第二，且近年来呈现年轻化趋势[1-2]。由于宫颈癌的发生发展进程相对缓慢，早期筛查与及时干预已成为降低其发病率和死亡率的重要措施。液基薄层细胞学检查（thinprep cytologic test，TCT）作为宫颈癌筛查的核心手段之一，其诊断准确性直接影响后续临床决策与预后[3-4]。然而，传统的细胞学诊断高度依赖病理医师的经验与主观判断，尤其在基层医院，常面临病理医师资源匮乏、工作量巨大、诊断水平参差不齐等挑战，可能导致诊断结果出现漏诊或过诊，特别是对不典型细胞或早期病变的识别存在一定局限性[5-6]。近年来，人工智能（artificial intelligence，AI）技术在医学领域的应用日益广泛，尤其是在影像学和病理学的辅助诊断中展现出良好的前景。AI 通过深度学习算法能够对大量病理图像进行分析，从中提取有价值的信息，并进行自动化标注与分类，有效规避人工判读的局限性[7-8]。有研究证实，AI 在甲状腺癌及其亚型的诊断中表现出较高的准确率[9]。本研究旨在对比分析 AI 与人工判读对基层医院宫颈癌细胞病理诊断的准确性，现报道如下。

1　资料与方法

1.1　一般资料　本研究为诊断性试验。收集 2024 年 3 月至 2025 年 3 月杭州市富阳区妇幼保健院行宫颈癌筛查并接受 TCT 检查的 2153 例细胞学标本，纳入标准：（1）年龄≥18 岁，有性生活史；（2）均为本院病理科 TCT 标本，且质量合格，无污染或损坏，符合《宫颈细胞学 Bethesda 报告系统（TBS 2014）》标准[10]；（3）TCT 初筛阴性标本，需具备完整的 TCT 与高危型人乳头瘤病毒（human papillomavirus，HPV）检测结果；（4）TCT 初筛阳性标本，需具备完整的 TCT、HPV 检测、阴道镜检查及宫颈组织病理活检结果。排除标准：（1）妊娠期或哺乳期妇女；（2）近期有宫颈治疗史；（3）合并子宫切除史、宫颈畸形或严重妇科炎症；（4）临床资料缺失；（5）病理组织学活检标本获取不规范，或诊断结果不明确。剔除标准：（1）同一张 TCT

基金项目：　杭州市生物医药和健康产业发展扶持专项项目（2023WJC130）
作者单位：　311400 杭州，杭州市富阳区妇幼保健院
通信作者：　马锦才，Email：19157860710@163.com

诊断中出现两个或以上不同诊断结果；(2)组织病理学诊断结果与细胞学诊断提示的病变程度存在严重不符者。本研究获得杭州市富阳区妇幼保健院伦理委员会审批通过(批件号：2022-K21)，所有研究对象均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

1.2　方法

1.2.1　人工判读　采用新柏氏膜式液基细胞学技术制成玻片。由 3 名具备高年资主治医师或以上职称的细胞病理医师在双盲条件下独立阅片。若意见不一致则邀请另一位有 10 年以上工作经验的病理专家进行阅片。诊断依据 TBS 报告，具体分类包括未见上皮内病变或恶性细胞(negative for intraepithelial lesion or malignancy，NILM)、意义不明的非典型鳞状细胞(atypical squamous cells of undetermined significance，ASC-US)、非典型鳞状细胞-不除外高度病变(atypical squamous cells cannot exclude high-grade squamous intraepithelial lesion，ASC-H)、低级别鳞状上皮内病变(low-grade squamous intraepithelial lesion，LSIL)、高级别鳞状上皮内病变(high-grade squamous intraepithelial lesion，HSIL)、鳞状细胞癌(squamous cell carcinoma，SCC)、非典型腺细胞(atypical glandular cells，AGC)、腺癌细胞(adenocarcinoma，AC)，同时记录细菌、病毒感染情况。其中诊断 NILM 为阴性，ASC-US 及以上为阳性。

1.2.2　AI技术阅片　采用新柏氏膜式液基细胞学技术制作玻片，使用豪洛捷医疗科技有限公司 ThinPrep Imager Duo 玻片扫描分析影像系统完成数字化图像扫描处理，依托设备内置 AI 辅助诊断软件自动开展图像分析。AI 系统依据《宫颈细胞学 Bethesda 报告系统(TBS 2014)》配套算法自动判读，输出包含病变分级分类、细胞可疑病灶标注的完整诊断报告，以此作为 AI 阅片最终诊断结果。

1.2.3　病理组织学检查　对 TCT 检查异常（ASC-US 及以上病变）或临床高度怀疑病变者，行阴道镜检查，在可疑区域取 2 ～ 4 块宫颈组织活检；对 TCT 正常但 HPV 阳性者，同样进行阴道镜下活检。标本经甲醛固定、石蜡包埋、苏木精-伊红(HE)染色后，由 2 名病理科主任医师独立诊断，意见不一致时由第三方专家会诊确定最终结果。组织学诊断分类如下：正常或炎症、LSIL（包括 CIN Ⅰ）、HSIL（包括 CIN Ⅱ、CIN Ⅲ及原位癌）、早期浸润癌及浸润癌。

1.3　观察指标　(1)分析人工判读与AI技术对TCT标本的细胞学诊断结果分布差异；(2)以病理组织学诊断结果为“金标准”，对比人工判读与AI技术阅片对病理阳性的检出率（仅纳入接受阴道镜下活检的病例)，并分析细胞学结果与病理诊断符合率。

1.4　统计学方法　采用SPSS 26.0 软件分析，计量资料以均数±标准差表示，采用 t 检验；计数资料以例数表示，采用 χ^2 检验。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　人工判读与 AI 技术对 TCT 标本的细胞学诊断结果　人工判读与 AI 技术阅片对细胞学阳性检出率差异无统计学意义($P > 0.05$)，见表 1。

2.2　人工判读细胞学与病理组织学检查结果对照　AI 或人工任意一方判读为阳性的病例中(ASC-US 及以上)，有 198 例接受了阴道镜下活检。以≥HSIL 为标准计算阳性病变，病理阳性检出率为 10.10%（20/198），其中细胞学 ASC-US 检查阳性符合率为 1.08%(1/93)；以≥LSIL 为标准计算阳性病变，病理阳性检出率为 23.23%（46/198），其中细胞学 ASC-US 检查阳性符合率为 8.60%(8/93)。见表 2。

2.3　AI 阅片判读细胞学与病理组织学检查结果对照　以≥HSIL 为标准计算阳性病变，病理阳性检出率为 13.64%(27/198)，其中细胞学 ASC-US 检查阳性符合率为 2.15%(2/93)；以≥LSIL 为标准计算阳性病变，病理阳性检出率为 40.40%(80/198)，其中细胞学 ASC-US 检查阳性符合率为 19.35%(18/93)，见表 3。

2.4　人工判读与 AI 阅片对病理阳性检出率比较

表 1　人工判读与 AI 技术对 TCT 标本的细胞学诊断结果比较(n=2 153)　例(%)

细胞学结果	AI 技术	人工判读	χ^2 值　P 值
NILM	1 537(71.39)	1 562(72.55)	0.719 > 0.05
ASC-US	271(12.59)	260(12.08)	0.260 > 0.05
ASC-H	41(1.90)	40(1.86)	0.013 > 0.05
LSIL	115(5.34)	108(5.02)	0.232 > 0.05
HSIL	37(1.72)	35(1.63)	0.057 > 0.05
SCC	4(0.19)	4(0.19)	— —
AGC	25(1.16)	23(1.07)	0.084 > 0.05
AC	3(0.14)	4(0.19)	0.143 > 0.05
细菌、病毒感染	120(5.57)	117(5.43)	0.040 > 0.05
阳性	496(23.04)	474(22.02)	0.644 > 0.05

注：NILM 为未见上皮内病变或恶性细胞、ASC-US 为意义不明的非典型鳞状细胞、ASC-H 为非典型鳞状细胞-不除外高度病变、LSIL 为低级别鳞状上皮内病变、HSIL 为高级别鳞状上皮内病变、SCC 为鳞状细胞癌、AGC 为非典型腺细胞、AC 为腺癌细胞

以病理结果≥LSIL 标准计算阳性病变，AI 阅片的阴道镜活检病理阳性检出率及 ASC-US 阳性符合率均高于人工判读（均 $P < 0.05$），见表 4。

2.5　两种判读方式对高级别（≥HSIL）的诊断效能　以病理检查为“金标准”，198 例接受阴道镜下活检患者中，≥HSIL 阳性 20 例，阴性 178 例。AI、人工判读诊断高级别（≥HSIL）的 *Kappa* 值分别为 0.817、0.661，两种判读方式诊断高级别（≥HSIL）的敏感度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值差异均无统计学意义（$P > 0.05$），见表 5 ～ 6。

2.6　两种判读方式对低级别及以上病变（≥LSIL）的诊断效能　以病理检查为“金标准”，198 例接受阴道镜下活检患者中，≥LSIL 阳性 46 例，阴性 152 例。AI、人工判读诊断低级别及以上病变（≥LSIL）的 *Kappa* 值分别为 0.304、0.264，两种判读方式诊断低级别及以上病变（≥LSIL）的敏感度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值差异均无统计学意义（$P > 0.05$），见表 7 ～ 8。

3　讨论

据统计，2020 年全球范围内新发宫颈癌病例超 60 万例，相关死亡病例达 34 万例以上，其中 84%以上的病例集中于中低收入国家[11]。在我国，宫颈癌

表 2　人工判读细胞学与病理组织学检查结果对照

细胞学检查结果	病理结果（例）					阳性符合率(%)	
	正常或炎症	LSIL	HSIL	早期浸润癌及浸润癌	合计	≥HSIL	≥LSIL
ASC-US	85	7	1	0	93	1.08	8.60
ASC-H	1	1	1	0	3	66.67	66.67
LSIL	61	15	3	0	79	3.80	22.78
HSIL	4	2	12	1	19	68.42	78.95
SCC	0	0	0	1	1	100.00	100.00
AGC	1	1	0	0	2	0	50.00
AC	0	0	0	1	1	100.00	100.00

注：NILM 为未见上皮内病变或恶性细胞，ASC-US 为意义不明的非典型鳞状细胞，ASC-H 为非典型鳞状细胞-不除外高度病变，LSIL 为低级别鳞状上皮内病变，HSIL 为高级别鳞状上皮内病变，SCC 为鳞状细胞癌，AGC 为非典型腺细胞，AC 为腺癌细胞；≥HSIL 阳性符合率=（病理结果 HSIL+早期浸润癌及浸润癌例数）/该细胞学诊断总例数×100%；≥LSIL 阳性符合率=（病理结果 LSIL+HSIL+早期浸润癌及浸润癌例数）/该细胞学诊断总例数×100%

表 3　AI 阅片判读细胞学与病理组织学检查结果对照

细胞学检查结果	病理结果（例）					阳性符合率(%)	
	正常或炎症	LSIL	HSIL	早期浸润癌及浸润癌	合计	≥HSIL	≥LSIL
ASC-US	75	16	2	0	93	2.15	19.35
ASC-H	0	0	3	0	3	100.00	100.00
LSIL	41	35	3	0	79	3.80	48.10
HSIL	1	2	14	2	19	84.21	94.74
SCC	0	0	0	1	1	100.00	100.00
AGC	1	0	1	0	2	50.00	50.00
AC	0	0	0	1	1	100.00	100.00

注：NILM 为未见上皮内病变或恶性细胞，ASC-US 为意义不明的非典型鳞状细胞，ASC-H 为非典型鳞状细胞-不除外高度病变，LSIL 为低级别鳞状上皮内病变，HSIL 为高级别鳞状上皮内病变，SCC 为鳞状细胞癌，AGC 为非典型腺细胞，AC 为腺癌细胞；≥HSIL 阳性符合率=（病理结果 HSIL+早期浸润癌及浸润癌例数）/该细胞学诊断总例数×100%；≥LSIL 阳性符合率=（病理结果 LSIL+HSIL+早期浸润癌及浸润癌例数）/该细胞学诊断总例数×100%

表 4　人工判读与 AI 阅片对病理阳性检出率比较　例（%）

判读方式	病理阳性检出率（≥HSIL）	ASC-US 阳性符合率（≥HSIL）	病理阳性检出率（≥LSIL）	ASC-US 阳性符合率（≥LSIL）
人工	20/198（10.10）	1/93（1.08）	46/198（23.23）	8/93（8.60）
AI	27/198（13.64）	2/93（2.15）	80/198（40.40）	18/93（19.35）
χ^2 值	1.183	0.339	13.456	4.471
P 值	＞ 0.05	＞ 0.05	＜ 0.05	＜ 0.05

注：ASC-US 为意义不明的非典型鳞状细胞，LSIL 为低级别鳞状上皮内病变，HSIL 为高级别鳞状上皮内病变

表 5　两种判读方式对高级别（≥HSIL）的检出结果　例

金标准	AI		人工	
	阳性	阴性	阳性	阴性
阳性	18	2	15	5
阴性	5	173	8	170
合计	23	175	23	175

注：HSIL 为高级别鳞状上皮内病变

表 6　两种判读方式对高级别（≥HSIL）的诊断效能　例（%）

方法	灵敏度	特异度	准确率	阳性预测值	阴性预测值
AI	18/20（90.00）	173/178（97.17）	191/198（96.46）	18/23（78.26）	173/175（98.85）
人工	15/20（75.00）	170/178（95.51）	185/198（93.43）	15/23（65.22）	170/175（97.14）
χ^2 值	1.558	0.719	1.896	0.965	1.312
P 值	＞ 0.05	＞ 0.05	＞ 0.05	＞ 0.05	＞ 0.05

注：HSIL 为高级别鳞状上皮内病变

表 7　两种判读方式对低级别及以上病变（≥LSIL）的检出结果　例

金标准	AI		人工	
	阳性	阴性	阳性	阴性
阳性	39	7	37	9
阴性	63	89	65	87
合计	102	96	102	96

注：LSIL 为低级别鳞状上皮内病变，“阳性”指细胞学判读结果为 ASC-US 及以上

表 8　两种判读方式对低级别及以上病变（≥LSIL）的诊断效能　例（%）

方法	灵敏度	特异度	准确率	阳性预测值	阴性预测值
AI	39/46（84.78）	89/152（58.55）	128/198（64.65）	39/102（38.24）	89/96（92.71）
人工	37/46（80.43）	87/152（57.24）	124/198（62.63）	37/102（36.27）	87/96（90.63）
χ^2 值	0.303	0.054	0.307	0.084	0.273
P 值	＞ 0.05	＞ 0.05	＞ 0.05	＞ 0.05	＞ 0.05

注：LSIL 为低级别鳞状上皮内病变

同样呈现高负担态势，每年新增患者达 13.15 万，死亡人数超过 5 万[12]。尽管宫颈癌筛查与诊疗体系不断健全，但在基层医院，宫颈癌的预防与治疗仍面临巨大挑战，包括标本量大、病理诊断人员偏少、诊断人员水平良莠不齐等[13-14]。随着 AI 在医学影像领域的快速发展，其在高效处理海量图像、精准捕捉细微病变特征方面的优势日益凸显，其诊断更持续稳定，在大规模筛查中优势明显。为解决基层宫颈癌诊断困境提供了新的技术路径。

本研究结果显示在基层医院宫颈细胞学筛查中，AI 可达到与传统人工判读相当的识别能力。既往郭晓等[15]研究也指出，AI 与人工阅片的细胞学分级诊断结果基本一致。但以病理结果≥LSIL 标准计算阳性病变，AI 阅片的阴道镜活检病理阳性检出率高于人工判读，这提示 AI 在检出低级别及以上病变中可能更具优势。分析原因为 AI 系统可通过深度学习海量病理图像，构建标准化的病变识别模型，精准捕捉细胞形态、核质比例等细微异常特征，且不受医师疲劳、经验差异等主观因素影响，诊断过程更具客观性和规范性，从而使诊断准确性得以提升[16-17]。此外，本研究结果还显示 AI 在高级别病变识别方面具有较高的一致性，而在低级别及以上病变（≥LSIL）的诊断中，*Kappa* 值分别为 0.304、0.264，表明两者一致性均较弱，尤其 AI 在低级别病变诊断中的特异度较低（58.55%）。这提示 AI 可能对炎症或反应性改变存在过度识别，导致假阳性率较高，临床应用时需结合 HPV 检测等进一步验证。

在宫颈癌筛查中，轻度细胞学异常即可判读为 ASC-US，故此类病例的精准判读对避免过度诊疗或漏诊至关重要。本研究结果显示，以病理结果≥LSIL 为标准计算阳性病变，AI 阅片的 ASC-US 阳性符合率高于人工判读，这与何雪梅等[18]研究结果一致。这提示 AI 在 ASC-US 的风险分层中具有较好的预测效能，有助于更准确地区分需要进一步干预的高风险病例与可随访观察的低风险病例，从而在降低漏诊风险的同时，避免不必要的阴道镜转诊。这可能与 AI 系统对细胞特征的量化分析能力有关，其可通过多维度特征参数建立判断标准，避免人工判读中对模糊病变的主观臆断[14,19]。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　马锦才：研究指导，论文撰写，统计学分析，论文修改，经费支持；金建峰：实验操作，数据整理

参 考 文 献

[1] Gopu P, Antony F, Cyriac S, et al. Updates on systemic therapy for cervical cancer[J]. Indian J Med Res, 2021, 154(2): 293-302.

[2] El-Zein M, Franco E L. Evolution and future of cervical cancer screening: From cytology to primary HPV testing and the impact of vaccination[J]. Expert Rev Mol Diagn, 2025, 25(5): 157-164.

[3] Barroeta J E. The future role of cytology in cervical cancer screening in the era of HPV vaccination[J]. Acta Cytol, 2023, 67(2): 111-118.

[4] Li H Y, Li L X, Sun J M, et al. Value of TCT combined with serum CA153 and CA50 in early diagnosis of cervical cancer and precancerous lesions[J]. Pak J Med Sci, 2022, 38(6): 1471-1476.

[5] Liu L, Liu J G, Su Q, et al. Performance of artificial intelligence for diagnosing cervical intraepithelial neoplasia and cervical cancer: A systematic review and meta-analysis[J]. EClinicalMedicine, 2025, 80: 102992.

[6] 蒋辉,隗歆,陈杰.基于人工智能技术的液基细胞学筛查在宫颈癌前病变诊断中的效果评估[J].中国医学装备,2025,22(9):32-35.

[7] 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.

[8] Tian X F, Li C H, Hou Y, et al. Artificial intelligence in brachytherapy for cervical cancer[J]. J Cancer Res Ther, 2022, 18(5): 1241-1246.

[9] 王云,王聪,朱赛赛,等.人工智能系统与甲状腺影像报告和数据系统预测甲状腺癌[J].中国临床研究,2023,36(11):1636-1639.

[10] Wilbur D C, Nayar R. Bethesda 2014: Improving on a paradigm shift[J]. Cytopathology, 2015, 26(6): 339-342.

[11] Sung H, Ferlay J, Siegel R L, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71(3): 209-249.

[12] 徐婷婷,詹行天,贺小宁,等.“一带一路”沿线国家宫颈癌流行病学负担现状分析[J].中国公共卫生,2023,39(10):1311-1314.

[13] 任文辉,赵艳霞,马兰,等.我国贫困地区宫颈癌筛查效果及影响因素研究[J].中国妇产科临床杂志,2020,21(4):388-391.

[14] 叶子晨,杨怡晖,徐炼,等.人工智能辅助诊断系统在宫颈细胞病理检查中的诊断性能评价[J].中华流行病学杂志,2025,46(3):499-505.

[15] 郭晓,刘颖,王蕊,等.人工智能辅助系统在宫颈病变细胞学诊断中的应用效果研究[J].癌变·畸变·突变,2022,34(5):361-365.

[16] Yang W, Jin X S, Huang L Y, et al. Clinical evaluation of an artificial intelligence-assisted cytological system among screening strategies for a cervical cancer high-risk population[J]. BMC Cancer, 2024, 24(1): 776.

[17] Bai X R, Wei J J, Starr D, et al. Assessment of efficacy and accuracy of cervical cytology screening with artificial intelligence assistive system[J]. Mod Pathol, 2024, 37(6): 100486.

[18] 何雪梅,黄辉,王婷,等.人工智能辅助宫颈细胞学筛查联合 HPV 分流在宫颈癌人群筛查中的应用分析[J].徐州医科大学学报,2022,42(4):273-278.

[19] 刘四春,胡怀远,朱娜娜,等.人工智能辅助阅片 AI 在宫颈细胞学中的应用分析[J].临床肿瘤学杂志,2023,28(6):541-544.

收稿日期：2026-01-05

（本文编辑：陈志翔）