

# 宫颈癌的高危因素和图像在人工智能构建预测模型中的应用与发展

贺加乐<sup>1</sup>, 安月盘<sup>2\*</sup>, 李筱贺<sup>1</sup>, 乌音嘎<sup>2</sup>

<sup>1</sup>内蒙古医科大学研究生学院, 内蒙古 呼和浩特

<sup>2</sup>内蒙古自治区妇幼保健院, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2025年6月21日; 录用日期: 2025年7月15日; 发布日期: 2025年7月21日

## 摘要

宫颈癌(CC), 作为女性中频发的致命肿瘤之一, 其发病率位居乳腺癌之后。伴随社会经济条件的优化、生活品质的提高、医学知识的普及、女性对健康保护意识的增强以及医疗技术的不断发展, 我国已经实施了针对宫颈病变的“三阶梯”筛查策略与“两癌”筛查项目的广泛推广, 并且积极推动宫颈癌疫苗的普及工作。因此, 国内宫颈癌的发展态势呈现出新的变化。最近, 人工智能(AI)技术在妇科癌症诊疗领域的迅猛发展, 展现了其在宫颈癌预测与诊断方面的有效性。通过运用AI预测模型, 不仅提高了宫颈癌相关疾病诊断的精确度, 减少了主观判断的误差, 还有效降低了误诊率。帮助临床医生在实际工作中节省时间和精力, 且有望解决我国医疗资源分布不均等问题。本文将结合国内外研究成果, 从高危因素、细胞学检查、影像学检查三个方面出发, 探讨AI预测模型在宫颈癌筛查和诊断中的应用, 并提出未来AI在宫颈癌筛查和诊断中面临的挑战和进一步发展。

## 关键词

宫颈癌, 高危因素, 细胞学, 影像学, 预测模型, 人工智能

# Cervical Cancer Risk Factors of Imaging Application and Development Combined with Artificial Intelligence to Build a Prediction Model

Jiale He<sup>1</sup>, Yuepan An<sup>2\*</sup>, Xiaohu Li<sup>1</sup>, Yinga Wu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Inner Mongolia Medical University, Hohhot Inner Mongolia

<sup>2</sup>Maternal and Child Health Hospital of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot Inner Mongolia

\*通讯作者。

文章引用: 贺加乐, 安月盘, 李筱贺, 乌音嘎. 宫颈癌的高危因素和图像在人工智能构建预测模型中的应用与发展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(7): 1290-1295. DOI: 10.12677/acm.2025.1572126

## Abstract

Cervical cancer (CC), as one of the most frequent and fatal tumors in women, ranks second after breast cancer. With the optimization of social and economic conditions, the improvement of quality of life, the popularization of medical knowledge, the enhancement of women's awareness of health protection and the continuous development of medical technology, China has implemented the "three-step" screening strategy for cervical lesions and the extensive promotion of the "two cancers" screening program, and actively promoted the popularization of cervical cancer vaccine. Therefore, the development trend of cervical cancer in China has shown new changes. Recently, the rapid development of artificial intelligence (AI) technology in the field of gynecological cancer diagnosis and treatment has demonstrated its effectiveness in the prediction and diagnosis of cervical cancer. The application of AI prediction model not only improves the accuracy of diagnosis of cervical cancer related diseases, reduces the error of subjective judgment, but also effectively reduces the misdiagnosis rate. It can help clinicians save time and energy in practical work, and is expected to solve the problem of unequal distribution of medical resources in China. Based on domestic and foreign research results, this paper will discuss the application of AI prediction model in cervical cancer screening and diagnosis from three aspects: high risk factors, cytology examination, imaging examination and propose future challenges and further development of AI in cervical cancer screening and diagnosis.

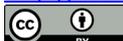
## Keywords

Cervical Cancer, Risk Factors, Cytology, Imaging, Predictive Models, Artificial Intelligence

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

全球范围内, CC 已成为 20 至 39 岁女性癌症相关死亡的第二大致命肿瘤[1]。根据中国国家癌症中心在 2024 年发布的恶性肿瘤疾病负担数据显示, 宫颈癌是女性生殖系统中首要的恶性肿瘤, 其发病率和死亡率均呈现上升趋势, 这对女性健康构成了严重威胁[2]。人乳头瘤病毒(HPV)感染是导致宫颈癌的主要风险因素。早期感染通常不会出现明显的临床症状, 因此, 进行早期筛查至关重要。随着科技的不断进步, AI 技术为临床宫颈癌筛查提供了新的可能性和机遇。本文将深入研究宫颈癌的高危因素、细胞学检查和影像学检查, 并探讨这三个领域在 AI 建模中适用于预测宫颈癌风险的具体应用。

## 2. AI 在高危因素中的应用

研究发现, 宫颈癌的高危因素可以根据比值比(OR)值的大小进行排序, 从高到低依次为: 人乳头瘤病毒(HPV)感染、人工流产次数、性伴侣数量、被动吸烟、丈夫包皮过长、宫颈肿瘤的家族史、早婚现象、经历精神创伤、结婚次数、吸烟习惯、多产以及初产年龄过早等因素[3]。

肖婷[4]等人通过运用机器学习技术, 将 HPV 感染者这一高风险群体的基本信息纳入了 Stacking 模型进行研究。这些基本信息包括年龄(主要集中在 40 至 60 岁)、孕产次数、家族肿瘤史以及宫颈炎症状。在对预测结果的评估中, Stacking 模型的受试者工作特征曲线下面积(AUC)达到了 0.85 (95% CI: 0.82~0.88),

其灵敏度为 80.4%，特异度为 81.0%。同时，Ali [5] 等人在 Kaggle 数据库的宫颈癌数据集上创建了多个机器学习模型，结果表明随机树模型的表现最为出色，其准确度高达 0.983。此外，许多其他研究者，例如 Ijaz 和 Nithya 等 [6]-[9]，也利用 Kaggle 数据库的数据开发了相关的宫颈癌诊断模型，这些模型在宫颈癌的诊断中表现出良好的效果，AUC 值均超过 0.9。

综合这些研究结果，建议采取有效的预防措施，以降低高危型 HPV 感染及其导致宫颈病变进展的风险。这些预防措施包括推广性教育、定期对高风险人群进行筛查、提倡使用避孕套，并在医疗实践中强调根据不同年龄段患者的特点实施个性化的预防和干预策略。

### 3. AI 在宫颈细胞学中的应用

传统的巴氏涂片检查在早期发现子宫颈病变方面具有一定的作用，但由于受到多种主观和客观因素的影响，假阴性率相对较高。为了解决这一问题，2014 年推出了更新的子宫颈细胞学 Bethesda 报告系统。该系统采用了液基细胞学技术，包括液基细胞学检查(Liquid-based cytological test, LCT)和液基薄层细胞学检查(Thinprep cytological test, TCT)，并结合了细胞图像自动化识别技术。这一创新标志着人工智能首次应用于子宫颈癌筛查领域，为提升筛查的准确性和可靠性提供了新的可能性。

William [10] 等人对 30 篇关于机器学习在宫颈细胞学自动化诊断和分类中的应用进行了总结，指出使用 CHAMP 数字图像软件进行图像分割时，大多数现有算法的准确率接近 93.78%。在二分类应用(正常或异常)中，K-最近邻和支持向量机算法表现出最高的准确率，分别为 99.27%和 98.5%。此外，一项研究分析了 70 万例女性的巴氏涂片，利用深度学习(DL)开发了一个模型用于识别 CIN 2 级及以上的病变，结果表明采用人工智能支持的模型的诊断准确率显著高于未使用人工智能支持的模型 [11]。Bao [12] 等人则运用深度学习分析了 188,542 张巴氏涂片，以开发一种能够区分原位癌和宫颈发育不良的诊断系统，诊断准确率对 CIN 2 级和 CIN 3 级病变分别达到了 92.6%和 96.1%。

使用 AI 辅助系统的细胞病理学医生能够提高阅片的准确率，相较于传统的人工阅片，其阅片时间可节省约六倍 [13] [14]。然而，目前 AI 辅助宫颈细胞学诊断技术仍处于辅助诊断阶段，没有独立的诊断权限，这意味着 AI 仅能筛选出阳性或阴性细胞，最终的诊断和报告仍需由细胞学医生负责 [15]。

### 4. AI 医学影像中的应用

目前已有多项研究将人工智能技术应用于 MRI 影像分析。Urushibara [16] 等人通过深度学习(DL)方法对 177 例宫颈癌患者与 241 例非癌症患者的子宫矢状面及 T2 加权 MRI 图像进行了分析，结果显示，深度学习的诊断准确率与放射科医生的表现相当。此外，关于人工智能在宫颈癌 CT 检查中的应用也有相关文献报道。一项研究利用随机森林算法对 221 例局部晚期宫颈癌患者的 CT 图像特征及化疗敏感度进行分析，进而建立了预测癌症化疗敏感度的模型，该模型的受试者操作特征曲线下面积达 0.821 [17]。另一项研究中，Shen [18] 等人则在 142 例宫颈癌患者的 CT 检查中应用深度学习，并开发了能够预测同步放化疗后局部及远处复发的模型。该模型预测局部复发的敏感度和特异度分别为 71%和 93%，而预测远处复发的敏感度和特异度则为 77%和 90%。尽管人工智能在影像分析中带来了显著的便利性，但也面临一些挑战。文献表明，该类模型的训练往往需要大规模且高质量的数据支持。此外，由于不同制片及扫描设备之间的差异，模型的准确性和泛化能力仍需进一步评估。因此，需要同质化的影像及病理实验室以实现规范化的工作流程。

## 5. 预测模型对筛查和治疗的影响

### 5.1. 对筛查策略的影响

- 1) 提高筛查的准确性：AI 系统能够有效地识别高危病变，减少漏诊率。研究表明，AI 辅助的图像

及高危因素能显著提高诊断的准确性，尤其是在初级医生的操作中[19]

2) 优化资源分配：通过智能化的筛查工具，医疗机构可以更有效地分配资源，将更多的精力放在高风险患者的管理上，而不是在每位患者身上都进行繁琐的传统筛查[20]。

3) 个性化筛查计划：AI 技术可以根据患者的具体情况和风险因素，制定个性化的筛查计划。这种方法不仅提高了筛查的效率，也增强了患者的依从性，降低了不必要的医疗成本。

## 5.2. 对治疗方案的影响

1) 早期发现与干预：AI 技术的应用使得宫颈癌的早期发现变得更加可行，研究显示，AI 在早期病变的识别中具有显著优势。这意味着患者可以在癌症发展到晚期之前接受治疗，从而提升治愈率。

2) 指导活检和治疗决策：AI 系统能够帮助医生在图像检查中识别最需要活检的区域，从而提高活检的效率和准确性。这种精准的指导可以帮助医生做出更为科学的治疗决策，避免不必要的手术和并发症。

3) 增强治疗的透明度：通过 AI 的辅助，患者在治疗过程中能够更清晰地了解自己的病情和治疗方案。这种透明度有助于增强患者的信任感和参与感，提高治疗的依从性[21]。

## 5.3. 总结

尽管人工智能在宫颈癌筛查和治疗中展现了巨大的潜力，但仍然面临一些挑战。首先，AI 模型的准确性和可靠性依赖于大规模、高质量的数据集，这在某些地区可能难以实现。此外，医疗系统的接受度、医生的培训以及患者的心理接受能力也是推广 AI 技术的关键因素。在未来，随着技术的不断进步和数据积累，人工智能将在宫颈癌的筛查和治疗中发挥越来越重要的角色。通过与临床实践的紧密结合，AI 技术有望为更多女性提供安全、有效的医疗服务。

## 6. 未来研究方向和发展潜力

### 6.1. 未来研究方向

1) 算法优化和模型训练：未来的研究应集中于优化现有的人工智能算法，以提高其在影像中的准确性和有效性。通过使用更大规模和多样化的数据集来训练模型，可以增强其对不同人群和病理变化的识别能力，这将有助于减少误诊和漏诊的情况。

2) 多模态数据整合：结合影像与其他生物标志物(如 HPV 检测结果、细胞学检查结果等)的数据，构建多模态 AI 模型，将有助于全面评估患者的癌症风险。这种整合能够提高风险预测的准确性，从而为临床提供更为精准的决策支持。

3) 临床试验和验证：在实际临床环境中验证 AI 模型的有效性是未来研究的重要方向。通过开展大型多中心临床试验，可以评估 AI 辅助图像检查在实际应用中的表现，并与传统方法进行比较，从而证实其临床价值。

4) 患者个性化管理：随着 AI 技术的发展，个性化医疗的理念越来越受到重视。未来的研究可以探索如何利用 AI 模型为高危患者提供个性化的筛查和管理方案，根据患者的具体风险因素制定定制化的监测计划。

5) 实时决策支持系统：开发实时 AI 决策支持系统，使医生能够在进行检查时即时获取 AI 模型的分析结果。这将大大提高医生的工作效率，并帮助其在复杂情况下做出更为精准的诊断。

6) 伦理和法律问题研究：随着 AI 在医疗领域的广泛应用，相关的伦理和法律问题也日益突出。未来的研究应关注 AI 在宫颈癌筛查中的伦理使用，包括患者隐私保护、数据安全等问题，以确保技术的安全应用。

## 6.2. 发展潜力

1) 提高筛查效率和准确性: AI 模型在影像学检查中的应用有望显著提高宫颈癌筛查的效率和准确性。通过自动化分析影像, AI 可以快速识别高危病变, 减轻医生的工作负担, 缩短患者的等待时间。

2) 降低医疗成本: 随着 AI 技术的普及, 图像检查的成本有望降低。AI 能够提高筛查的准确性, 从而减少不必要的后续检查和治疗, 最终降低患者的医疗费用。

3) 推动远程医疗发展: AI 技术的应用将促进远程医疗的发展, 尤其是在资源匮乏的地区。通过远程影像分析, 医生可以在没有专科设备的情况下为患者提供专业建议, 提高偏远地区的医疗服务水平。

4) 促进跨学科合作: AI 在宫颈癌筛查中的应用将促进医学、计算机科学以及生物统计学等多个学科的合作与交流。跨学科的合作能够推动新技术的研发和应用, 加速科学研究的进展。

5) 提升公共健康水平: 随着宫颈癌筛查的准确性和覆盖率提高, 整体公共健康水平有望得到显著提升。早期发现和治疗宫颈癌将减少其发病率和死亡率, 提高女性的生活质量。

## 6.3. 总结

人工智能在图像检查中的应用具有广阔的研究前景和发展潜力。通过不断的技术创新与临床验证, AI 模型有望成为宫颈癌筛查的重要工具, 推动医疗服务的现代化和个性化进程。未来的研究将需要在算法优化、数据整合、临床应用等多个方向上进行深入探索, 以实现宫颈癌高危因素的精准预测和有效管理。

## 基金项目

内蒙古自治区科技计划项目(编号: 2023YFSH0008)。

## 参考文献

- [1] Siegel, R.L., Miller, K.D., Wagle, N.S. and Jemal, A. (2023) Cancer Statistics, 2023. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **73**, 17-48. <https://doi.org/10.3322/caac.21763>
- [2] 郑荣寿, 陈茹, 韩冰峰, 等. 2022 年中国恶性肿瘤流行情况分析[J]. 中华肿瘤杂志, 2024, 46(3): 221-231.
- [3] 罗庆, 罗银波, 龚言红, 等. 海南省农村妇女宫颈癌认知和筛查行为及影响因素分析[J]. 中国社会医学杂志, 2020, 37(1): 74-78.
- [4] van der Waal, D., Bekkers, R.L.M., Dick, S., Lenselink, C.H., Massuger, L.F.A.G., Melchers, W.J.G., *et al.* (2020) Risk Prediction of Cervical Abnormalities: The Value of Sociodemographic and Lifestyle Factors in Addition to HPV Status. *Preventive Medicine*, **130**, Article ID: 105927. <https://doi.org/10.1016/j.yjmed.2019.105927>
- [5] Ali, M.M., Ahmed, K., Bui, F.M., Paul, B.K., Ibrahim, S.M., Quinn, J.M.W., *et al.* (2021) Machine Learning-Based Statistical Analysis for Early Stage Detection of Cervical Cancer. *Computers in Biology and Medicine*, **139**, Article ID: 104985. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2021.104985>
- [6] Ijaz, M.F., Attique, M. and Son, Y. (2020) Data-Driven Cervical Cancer Prediction Model with Outlier Detection and Over-Sampling Methods. *Sensors*, **20**, Article 2809. <https://doi.org/10.3390/s20102809>
- [7] Suman, S.K. and Hooda, N. (2019) Predicting Risk of Cervical Cancer: A Case Study of Machine Learning. *Journal of Statistics and Management Systems*, **22**, 689-696. <https://doi.org/10.1080/09720510.2019.1611227>
- [8] Akazawa, M. and Hashimoto, K. (2021) Artificial Intelligence in Gynecologic Cancers: Current Status and Future Challenges—A Systematic Review. *Artificial Intelligence in Medicine*, **120**, Article ID: 102164. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2021.102164>
- [9] Riley, R.D., Ensor, J., Snell, K.I.E., Harrell, F.E., Martin, G.P., Reitsma, J.B., *et al.* (2020) Calculating the Sample Size Required for Developing a Clinical Prediction Model. *BMJ*, **368**, m441. <https://doi.org/10.1136/bmj.m441>
- [10] William, W., Ware, A., Basaza-Ejiri, A.H. and Obungoloch, J. (2018) A Review of Image Analysis and Machine Learning Techniques for Automated Cervical Cancer Screening from Pap-Smear Images. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, **164**, 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.05.034>
- [11] Bao, H., Sun, X., Zhang, Y., Pang, B., Li, H., Zhou, L., *et al.* (2020) The Artificial Intelligence-Assisted Cytology Diagnostic

- System in Large-Scale Cervical Cancer Screening: A Population-based Cohort Study of 0.7 Million Women. *Cancer Medicine*, **9**, 6896-6906. <https://doi.org/10.1002/cam4.3296>
- [12] Bao, H., Bi, H., Zhang, X., Zhao, Y., Dong, Y., Luo, X., *et al.* (2020) Artificial Intelligence-Assisted Cytology for Detection of Cervical Intraepithelial Neoplasia or Invasive Cancer: A Multicenter, Clinical-Based, Observational Study. *Gynecologic Oncology*, **159**, 171-178. <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2020.07.099>
- [13] 朱孝辉, 李晓鸣, 张文丽, 等. 人工智能辅助诊断在宫颈液基薄层细胞学中的应用[J]. 中华病理学杂志, 2021, 50(4): 333-338.
- [14] 吕京滢, 樊祥山, 沈勤, 等. 人工智能辅助宫颈液基细胞学诊断可行性的多中心研究[J]. 中华病理学杂志, 2021, 50(4): 353-357.
- [15] 张小松, 杜芸, 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》解读[J]. 中国妇幼健康研究, 2024, 35(3): 1-4.
- [16] Sato, M., Horie, K., Hara, A., Miyamoto, Y., Kurihara, K., Tomio, K., *et al.* (2018) Application of Deep Learning to the Classification of Images from Colposcopy. *Oncology Letters*, **15**, 3518-3523. <https://doi.org/10.3892/ol.2018.7762>
- [17] 王梦家. 肾透明细胞癌 WHO/ISUP 分级能谱 CT 影像组学与 Ki-67 相关性[D]: [硕士学位论文]. 唐山: 华北理工大学, 2024.
- [18] Xue, P., Tang, C., Li, Q., Li, Y., Shen, Y., Zhao, Y., *et al.* (2020) Development and Validation of an Artificial Intelligence System for Grading Colposcopic Impressions and Guiding Biopsies. *BMC Medicine*, **18**, Article No. 406. <https://doi.org/10.1186/s12916-020-01860-y>
- [19] 潘育, 周东华, 范菊花, 等. 人工智能辅助诊断系统与计算机辅助阅片系统在子宫颈癌筛查中应用的对比观察[J]. 山东医药, 2024, 64(4): 55-57.
- [20] Urushibara, A., Saida, T., Mori, K., Ishiguro, T., Sakai, M., Masuoka, S., *et al.* (2021) Diagnosing Uterine Cervical Cancer on a Single T2-Weighted Image: Comparison between Deep Learning versus Radiologists. *European Journal of Radiology*, **135**, Article ID: 109471. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109471>
- [21] Tian, X., Sun, C., Liu, Z., Li, W., Duan, H., Wang, L., *et al.* (2020) Prediction of Response to Preoperative Neoadjuvant Chemotherapy in Locally Advanced Cervical Cancer Using Multicenter CT-Based Radiomic Analysis. *Frontiers in Oncology*, **10**, Article 77. <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.00077>