



CAPÍTULO 3

APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PREVENÇÃO E DETECÇÃO PRECOCE DO CÂNCER DE COLO DE ÚTERO

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1612516103>

Júlia Gomes Kletke

Pontifícia Universidade Católica Do Paraná. Faculdade de Medicina.
Curitiba-Paraná
<https://lattes.cnpq.br/5606107298102737>

Carina Toledo Scoparo Barioni

Universidade Positivo. Faculdade de Medicina.
Curitiba-Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8603504137422287>

Bárbara Primon Barfknecht

Pontifícia Universidade Católica Do Paraná. Faculdade de Medicina.
Curitiba-Paraná.

Beatriz Maria Schroeder Branco

Pontifícia Universidade Católica Do Paraná. Faculdade de Medicina.
Curitiba-Paraná.

Gabriela Carolina Dutra

Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Faculdade de Medicina.
Curitiba-Paraná.

Luiz Felipe Fontana Triches

Universidade Federal do Paraná. Faculdade de Medicina.
Curitiba-Paraná.

Andressa Tamy Sakuma

Hospital Santa Cruz - Rede D`Or. Oncologista Clínica.
Curitiba-Paraná.

RESUMO: O câncer cervical é uma das principais causas de morte por neoplasias em mulheres, especialmente em países de baixa e média renda. A detecção precoce é essencial para reduzir a mortalidade, e a inteligência artificial (IA) surge como ferramenta promissora para aprimorar o rastreamento e diagnóstico da doença. **Objetivos:** Esta revisão integrativa teve como objetivo analisar os avanços no uso da IA na prevenção e detecção precoce do câncer cervical, com foco em aplicações clínicas, desempenho diagnóstico e desafios éticos e operacionais. **Metodologia:** Foi realizada uma busca nas bases PubMed, SciELO, Cochrane CENTRAL, Periódicos da Capes e Embase, incluindo estudos publicados entre 2018 e 2025, nos idiomas português e inglês. Foram selecionados artigos relacionados à aplicação da IA em triagem, diagnóstico e monitoramento do câncer cervical. A análise final contemplou 78 estudos que atendiam aos critérios de elegibilidade. **Resultados:** A IA tem demonstrado alta acurácia na análise de imagens citológicas e colposcópicas, estratificação de risco e apoio à decisão clínica, destacando-se modelos como CNNs, ViTs e ferramentas como o CerviScan AI. Tecnologias baseadas em aprendizado de máquina têm sido aplicadas para detecção de HPV, citologia automatizada e triagem em regiões remotas, integradas a plataformas de telemedicina. **Conclusão:** A IA representa um avanço significativo na saúde feminina, com potencial para aumentar a equidade no rastreamento do câncer cervical. No entanto, sua implementação exige soluções éticas, validação em múltiplas populações e integração com políticas públicas.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial; Detecção Precoce; Câncer Cervical.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE EARLY DETECTION OF CERVICAL CANCER - A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Cervical cancer is a leading cause of death from neoplasms in women, especially in low- and middle-income countries. Early detection is essential to reduce mortality, and artificial intelligence (AI) emerges as a promising tool to improve screening and diagnosis of the disease. **Objectives:** This integrative review aimed to analyze advances in the use of AI in the prevention and early detection of cervical cancer, focusing on clinical applications, diagnostic performance, and ethical and operational challenges. **Methodology:** A search was conducted in PubMed, SciELO, Cochrane CENTRAL, Capes Journals, and Embase, including studies published between 2018 and 2025, in Portuguese and English. Articles related to the application of AI in screening, diagnosis, and monitoring of cervical cancer were selected. The final analysis included 78 studies that met the eligibility criteria. **Results:** AI has demonstrated high accuracy in the analysis of cytological and colposcopic images,

risk stratification, and clinical decision support, with models such as CNNs, ViTs, and tools such as CerviScan AI standing out. Machine learning-based technologies have been applied for HPV detection, automated cytology, and screening in remote regions, integrated with telemedicine platforms. **Conclusion:** AI represents a significant advance in women's health, with the potential to increase equity in cervical cancer screening. However, its implementation requires ethical solutions, validation in multiple populations, and integration with public policies.

KEYWORDS: Artificial intelligence; Cervical cancer; Early detection.

INTRODUÇÃO

O câncer de colo de útero permanece como uma das principais causas de mortalidade entre mulheres em todo o mundo, especialmente em países em desenvolvimento. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estimou que, em 2020, ocorreram aproximadamente 604.000 novos casos e 342.000 mortes relacionadas a essa doença. A detecção precoce e o tratamento adequado são fundamentais para reduzir esses números alarmantes. Nesse contexto, a integração da inteligência artificial (IA) nos programas de prevenção e diagnóstico do câncer cervical surge como uma abordagem promissora para aprimorar a eficácia das estratégias existentes (AHMADZADEH SARHANGI *et al.*, 2023).

A IA tem demonstrado potencial significativo na análise de imagens citológicas e colposcópicas, facilitando a identificação de lesões precursoras com maior precisão e rapidez (BENERJEE *et al.*, 2022). Estudos recentes indicam que algoritmos de deep learning podem superar métodos tradicionais na detecção de anomalias cervicais, oferecendo suporte valioso aos profissionais de saúde na tomada de decisões clínicas. Por exemplo, uma pesquisa destacou que a aplicação de técnicas de aprendizado profundo em imagens colposcópicas resultou em melhorias notáveis na precisão diagnóstica (AHMADZADEH SARHANGI *et al.*, 2023).

Além disso, a utilização de modelos de IA na análise de dados demográficos e clínicos permite a estratificação de risco mais precisa, auxiliando na priorização de pacientes que necessitam de intervenções imediatas. Ferramentas preditivas baseadas em IA, como o "CerviScan AI", foram desenvolvidas para avaliar o risco de câncer cervical em ambientes clínicos, analisando variáveis como idade, histórico sexual e uso de tabaco. Essas ferramentas têm o potencial de otimizar os recursos de saúde e direcionar esforços preventivos de maneira mais eficaz (ARKANGEL AI, 2024).

No entanto, a implementação da IA na prevenção e detecção precoce do câncer cervical enfrenta desafios significativos. Questões relacionadas à privacidade dos dados, à necessidade de validação externa dos modelos e à integração dessas tecnologias em sistemas de saúde existentes são barreiras que precisam ser superadas

(FERREIRA *et al.*, 2025). Pesquisas futuras devem focar na validação contínua desses modelos em diferentes populações e contextos, garantindo que os benefícios da IA sejam acessíveis de forma equitativa e segura para todas as pacientes.

Diante desse cenário, a presente revisão bibliográfica tem como objetivo analisar e sintetizar as principais evidências científicas sobre a aplicação da inteligência artificial na prevenção e detecção precoce do câncer cervical. Serão explorados os avanços tecnológicos, os desafios na implementação dessas ferramentas e o impacto potencial na prática clínica, destacando como a IA pode contribuir para o aprimoramento do rastreamento e diagnóstico dessa neoplasia. Além disso, a revisão buscará identificar lacunas na literatura atual e sugerir direções futuras para pesquisas na área.

OBJETIVOS

Objetivo geral:

Realizar uma revisão bibliográfica sobre a aplicação da inteligência artificial (IA) na prevenção e detecção precoce do câncer cervical, com o objetivo de identificar avanços tecnológicos, evidências e benefícios associados à utilização da IA em contextos clínicos e de saúde pública.

Objetivos específicos:

1. Identificar as principais aplicações da inteligência artificial nos processos de triagem, diagnóstico e monitoramento do câncer cervical.
2. Descrever os algoritmos e tecnologias de IA empregados, tais como machine learning, deep learning e visão computacional, ressaltando seus desempenhos clínicos.
3. Analisar os impactos da IA no aprimoramento da acurácia diagnóstica e na identificação precoce de lesões cervicais pré-malignas e malignas.
4. Avaliar o uso da IA como ferramenta estratégica para expandir o acesso ao rastreamento do câncer cervical.
5. Reconhecer, além dos benefícios, restrições e desafios éticos e operacionais ligados à implementação da IA na prática clínica.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão bibliográfica, cujo propósito é reunir e sintetizar estudos científicos que abordam o uso da inteligência artificial na prevenção e detecção precoce do câncer de colo de útero. Foi realizada uma busca nas bases PubMed, SciELO, Cochrane CENTRAL, Periódicos da Capes e Embase, incluindo estudos publicados entre 2018 e 2025, nos idiomas português e inglês.

Foram utilizados os seguintes descritores e palavras-chave: "Artificial Intelligence", "Generative Artificial Intelligence", "Prevention", "Cancer Early Detection", "Cancer Early Diagnosis", "Cancer Screening", "Early Diagnosis of Cancer", "Cervical Cancer", "Cervical Neoplasm", "Cervix Cancer", "Uterine Cervical Cancer". Essas palavras foram combinadas com os operadores booleanos **AND** e **OR** para ampliar e refinar a estratégia de busca nas bases de dados.

Inicialmente, realizou-se uma triagem pelos títulos e resumos dos artigos identificados, com o objetivo de excluir aqueles claramente não relacionados ao tema. Em seguida, os estudos que atendiam aos critérios de inclusão foram lidos na íntegra e avaliados quanto à sua relevância e contribuição para os objetivos da pesquisa. Os artigos selecionados foram organizados em oito categorias temáticas, a saber: "História do rastreamento", "Tipos de IA", "Comparação quanto à velocidade", "Comparação quanto ao custo", "Aplicação em países subdesenvolvidos", "Aplicação em grandes populações", "Aceitação do uso de IA" e "Barreiras". Cada conjunto temático subsidiou a redação de um parágrafo correspondente na discussão dos resultados.

Foram incluídos artigos dos seguintes tipos: estudos de caso, revisões narrativas, revisões sistemáticas, meta-análises e estudos empíricos que abordam a utilização da IA em qualquer etapa da prevenção, triagem, diagnóstico ou monitoramento do câncer cervical. Foram excluídos trabalhos que não tratavam diretamente do tema, que apresentavam dados insuficientes, que abordavam outros tipos de câncer ou que tratavam de aplicações tecnológicas fora do contexto da saúde feminina.

RESULTADOS

Inicialmente, o string de busca utilizado identificou 172 artigos. Na sequência foi feita a exclusão de estudos que não se relacionavam diretamente com o tema (94). Nesta revisão, a pesquisa revelou 78 artigos que se relacionam ao objeto de estudo do presente trabalho. Após leitura dos artigos, estes foram divididos em oito temáticas: "História do rastreamento", "Tipos de IA", "Comparação quanto à velocidade", "Comparação quanto ao custo", "Aplicação em países subdesenvolvidos", "Aplicação em grandes populações", "Aceitação do uso de IA", "Barreiras".

Os 78 artigos obtidos no processo de busca e seleção (Figura 1), estão analisados detalhadamente na Tabela 1, a qual apresenta a descrição dos artigos selecionados de acordo com: título, autor e ano de publicação, método, objetivo, resultados e conclusão.

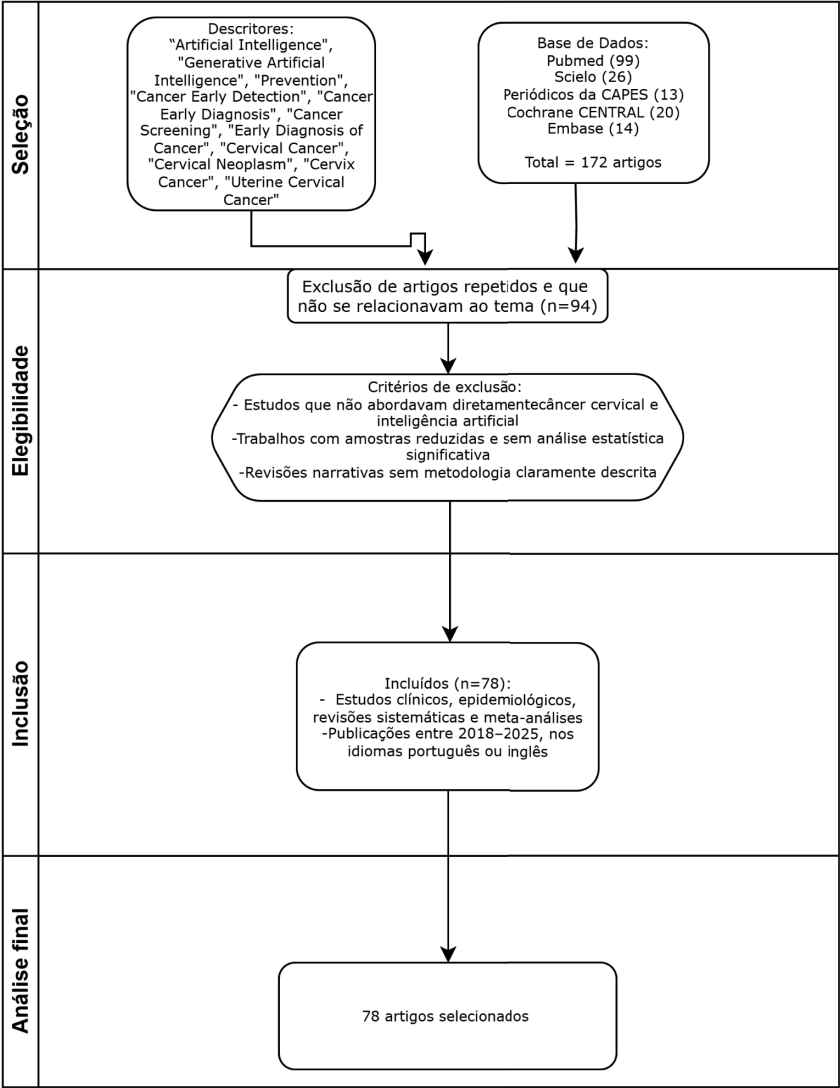


Figura 1. Fluxograma da busca e seleção de artigos.

Fonte: Autoral

TÍTULO	AUTOR/ ANO PUBLICAÇÃO	MÉTODO	OBJETIVO	RESULTADOS	CONCLUSÃO
Assessment of Efficacy and Accuracy of Cervical Cytology Screening With Artificial Intelligence Assistive System	Xinru Bai et al., 2024	Avaliou-se o sistema de IA AlCyte na triagem de 32.451 lâminas de Papanicolau, comparando tempo de leitura e acurácia com a análise manual.	Avaliar a eficácia e a acurácia da IA AlCyte no rastreamento de células cervicais, comparando com a análise manual.	A IA reduziu o tempo médio de leitura para 22 s (vs. 180 s manual), alcançando sensibilidade de 99,3% e maior especificidade, sem perda de casos de alto grau.	A AlCyte mostrou alta eficácia e segurança, com potencial para otimizar o rastreio citológico ao reduzir carga de trabalho e manter desempenho diagnóstico.
Role of Artificial Intelligence Interpretation of Colposcopic Images in Cervical Cancer Screening	Kim et al., 2022	Imagens colposcópicas foram analisadas por especialistas e por um sistema de inteligência artificial (Cerviray AI®). O sistema utilizou redes neurais convolucionais para filtrar imagens inadequadas, ajustar parâmetros e classificar as lesões.	Avaliar a acurácia do Cerviray AI® na detecção de lesões cervicais, comparando-o com colposcopistas.	A IA teve maior sensibilidade que as médicas e melhor desempenho quando combinada à avaliação clínica.	O Cerviray AI® aumentou a sensibilidade diagnóstica sem reduzir a precisão, sendo útil como apoio aos colposcopistas.
Automated reporting of cervical biopsies using artificial intelligence	Mohammadi et al., 2024	Foram utilizadas lâminas histológicas digitalizadas (Whole Slide Images – WSI) de biópsias cervicais para treinar e validar um modelo de inteligência artificial baseado em redes neurais profundas.	Criar um algoritmo de IA para triagem automatizada de biópsias cervicais.	O algoritmo atingiu sensibilidade de 93,4% na detecção de malignidades nas lâminas e processou cada WSI em cerca de 1,5 minutos.	A IA demonstrou ser eficaz para triagem automatizada de biópsias cervicais, com alta sensibilidade e rapidez, podendo melhorar a eficiência diagnóstica em patologia digital.
Diagnosis of Early Cervical Cancer with a Multimodal Magnetic Resonance Image under the Artificial Intelligence Algorithm	Zheng Zhang et al., 2022	Comparação entre RNM convencional e com algoritmo de direção alternada em 64 pacientes, analisando qualidade da imagem e acurácia.	Avaliar RNM multimodal com algoritmo de direção alternada no estadiamento precoce do câncer cervical.	O método com algoritmo teve imagens mais claras e melhor acurácia no estadiamento (75% vs. 59,4%).	A técnica aprimorada melhora a precisão do diagnóstico precoce do câncer cervical.
Clinical evaluation of a real-time optoelectronic device in cervical cancer screening	Wei et al., 2021	Estudo com mulheres que realizaram testes de HPV, citologia e TruScreen. Os resultados foram comparados com a histopatologia para avaliar a acurácia isolada e combinada dos métodos.	Avaliar o valor clínico do dispositivo optoeletrônico TruScreen para rastreio de lesões cervicais \geq CIN2.	TruScreen teve sensibilidade de 83,8% e especificidade de 78,9% para CIN2+; combinado ao HPV, aumentou a especificidade sem perda de sensibilidade (93,9%).	TruScreen é eficaz para identificar lesões de alto grau, apresentando bom desempenho e potencial para substituir ou complementar a citologia, reduzindo subjetividade na interpretação.

Automated Assessment of Digital Images of Uterine Cervix Captured Using Transvaginal Device-A Pilot Study	Suchoríska et al., 2021	Estudo com mulheres com papanicolaou alterado, avaliadas com TruScreen e colposcopia, sendo acompanhadas por até quatro anos com confirmação histopatológica.	Avaliar a acurácia do dispositivo TruScreen no rastreamento de lesões cervicais, comparando seus resultados com citologia, colposcopia e biópsia.	O TruScreen demonstrou boa sensibilidade e especificidade na detecção de lesões cervicais, especialmente para lesões escamosas, com desempenho semelhante ao da colposcopia.	TruScreen é uma ferramenta útil e eficaz no rastreamento de lesões cervicais, podendo complementar os métodos tradicionais, especialmente em contextos com acesso limitado a citologia.
Machine Learning Assisted Cervical Cancer Detection	Mavra Mehmood et al., 2021	Foi desenvolvido o CervDetect, modelo que analisa dados clínicos para prever o risco de câncer cervical. Usou análise de correlação e Random Forest para selecionar variáveis, e aplicou um modelo híbrido com rede neural rasa.	Desenvolver e testar o CervDetect, um sistema de aprendizado de máquina para previsão de risco de câncer cervical usando dados de fatores clínicos e demográficos.	O CervDetect alcançou acurácia de 93,6%, erro quadrático médio (MSE) de 0,0711, taxa de falsos positivos (FPR) de 6,4% e taxa de falsos negativos (FNR) de 100%.	O CervDetect mostrou alta performance e pode ser uma ferramenta eficaz para prever risco de câncer cervical em contextos com poucos recursos.
Development and validation of artificial intelligence-based analysis software to support screening system of cervical intraepithelial neoplasia	Yung-Taek Ouh et al., 2024	Estudo retrospectivo multicêntrico. CerviCARE AI foi treinado e testado em imagens telecolposcópicas, distinguindo P2/P3/HSIL ou CIN2+ vs. lesões de menor risco, comparando com o padrão de diagnóstico dos especialistas.	Desenvolver e validar o software de IA CerviCARE AI para análise automatizada de imagens telecolposcópicas, distinguindo lesões de baixo e alto grau e apoiando a triagem de neoplasia intraepitelial cervical.	A IA alcançou sensibilidade de 98% e especificidade de 95,5% na identificação de lesões de alto risco (CIN2+), mostrando excelente precisão diagnóstica.	CerviCARE AI demonstrou-se altamente eficaz para triagem automatizada de lesões cervicais de alto grau, com desempenho comparável aos dos colposcopistas experientes, sugerindo potencial aplicação clínica.
Improving the Accuracy and Efficiency of Abnormal Cervical Squamous Cell Detection With Cytologist-in-the-Loop Artificial Intelligence	Peng Xue et al., 2023	O sistema CITL-AI foi treinado com 8.000 lâminas e validado em 3.514 amostras, gerando escores de risco para triagem automatizada, com revisão apenas de casos suspeitos por citologistas.	Melhorar a acurácia e eficiência na detecção de células escamosas cervicais anormais usando um sistema de IA com feedback de citologistas (CITL-AI).	A IA teve sensibilidade de 89,4% e reduziu em 37,5% a carga de trabalho manual, mantendo alta segurança diagnóstica sem perder casos anormais.	O CITL-AI aumentou a precisão e eficiência da triagem citológica, especialmente em comparação com citologistas menos experientes.
Diagnostic performance of the hologic genius digital diagnostics system for low-grade squamous intraepithelial lesion (LSIL) ThinPrep papanicolaou tests	Harinath et al., 2025	Estudo com lâminas ThinPrep, comparando o desempenho do sistema Hologic Genius (HGDDS) com avaliações de citopatologistas.	Avaliar a acurácia do sistema de diagnóstico digital HGDDS na interpretação de lesões intraepiteliais escamosas de baixo grau (LSIL) em lâminas ThinPrep.	O HGDDS teve sensibilidade de até 100% para detectar lesões, especificidade variando até 75%, e forte concordância com os especialistas.	O sistema mostrou alta sensibilidade e bom desempenho como ferramenta auxiliar para triagem de lesões cervicais.

Comparison of the Hologic Genius Digital Diagnostics System with the ThinPrep Imaging System-A retrospective assessment	Hans Ikenberg et al., 2023	Foram analisadas 1.994 lâminas ThinPrep, com 555 casos validados por histologia. As imagens foram digitalizadas em múltiplos planos e avaliadas por IA, com revisões manuais para divergências.	Comparar o desempenho do sistema HGDDS com o ThinPrep Imaging System (CAS) na triagem automatizada de lâminas citológicas cervicais.	O Genius teve concordância de 86,6% com a citologia convencional e 90,4% com a histologia, aumentando para 97,3% após revisão. Detectou mais casos de HSIL/ASC-H e reduziu o tempo de triagem.	O sistema Genius demonstrou maior sensibilidade e eficiência que o CAS, com boa acurácia e ganho de tempo, sendo promissor para uso na triagem citológica automatizada.
Hybrid Transfer Learning for Classification of Uterine Cervix Images for Cervical Cancer Screening	Kudva V et al., 2020	Foram utilizadas imagens do colo do útero, extraindo filtros relevantes de redes pré-treinadas (AlexNet e VGG-16) e, treinando a partir desses, filtros uma CNN especializada.	Desenvolver um método híbrido de <i>transfer learning</i> para classificar imagens do colo uterino e detectar sinais de câncer cervical com alta precisão.	O modelo híbrido alcançou 91,46% de acurácia na classificação das imagens cervicais.	O uso do Hybrid Transfer Learning mostrou ser eficaz para detecção automatizada de câncer cervical, integrando de redes já treinadas com um modelo focado e alcançando excelente desempenho em classificação.
Exploration of Cervical Cancer Image Processing and Detection Based on URCNNs	Cheng et al., 2025	O modelo combinou U-Net (segmentação) e R-CNN (detecção), com convoluções dilatadas para melhorar a análise morfológica. Foi treinado com imagens de células cervicais coradas e avaliado por métricas como acurácia e sensibilidade.	Desenvolver e avaliar o modelo U-RCNNs para detectar câncer cervical em imagens HE, além de melhorar a acurácia e reduzir a subjetividade da análise citológica convencional.	O U-RCNNs teve desempenho superior ao Mask R-CNN, com maior acurácia, sensibilidade e segmentação precisa. Destacou-se na detecção de lesões de alto grau, mesmo em imagens complexas.	O modelo U-RCNNs mostrou-se eficaz e promissor para triagem automatizada do câncer cervical. Pode ser útil em ambientes com poucos especialistas, melhorando a detecção precoce.
Designing CITOBOT: A portable device for cervical cancer screening using human-centered design, smart prototyping, and artificial intelligence	Arrivillaga M et al., 2024	Foi desenvolvido o CITOBOT, um dispositivo portátil com IA para detectar sinais precoces de câncer cervical. O aparelho funciona offline, orientando o exame em locais com pouca conexão.	Desenvolver e validar o dispositivo portátil CITOBOT v4 para triagem de câncer cervical, integrando design centrado no usuário, prototipagem ágil e IA para capturar e classificar imagens cervicais.	A versão final do dispositivo, CITOBOT v4, gerou imagens de alta qualidade, recebeu boa aceitação dos profissionais, apresentou inteligência artificial eficaz na avaliação de risco, e contou com software robusto para orientar exames.	O estudo demonstra que o CITOBOT v4 é uma solução inovadora e viável para ampliar o acesso à triagem do câncer cervical, especialmente em áreas com poucos recursos, favorecendo diagnósticos precoces.
Analysis of the sensitivity of high-grade squamous intraepithelial lesion Pap diagnosis and interobserver variability with the Hologic Genius Digital Diagnostics System	Kim MJ et al., 2024	Foram analisadas 890 lâminas ThinPrep, incluindo 183 com HSIL confirmada. Patologistas interpretaram as imagens usando o GDDS, um sistema digital que usa a IA para auxiliar na detecção de anormalidades celulares e, avaliaram a sensibilidade e concordância.	Avaliar a eficácia do sistema digital GDDS na detecção de lesões de alto grau (HSIL) em exames de Papanicolaou ThinPrep.	O GDDS mostrou desempenho consistente e eficaz, além de sensibilidade alta para HSIL (84,7% a 92,9%). Boa concordância entre patologistas.	O GDDS é confiável para triagem automatizada de HSIL. Pode aumentar a eficiência e qualidade da citopatologia em ambientes com alta demanda.

A multimodal deep learning model for cervical pre-cancers and cancers prediction: Development and internal validation study	Madathil S et al., 2025	O estudo desenvolveu um modelo de deep learning (DL) multimodal para prever lesões cervicais de alto grau (CIN2+), integrando imagens de colposcopia e dados clínicos. Foram utilizados dados retrospectivos de 6.356 casos confirmados por biópsia para treinar e validar o modelo.	Desenvolver e validar internamente um modelo de DL capaz de integrar dados clínicos e imagens de colposcopia para prever o status CIN2+ em mulheres com exames de rastreamento alterados.	O modelo DL apresentou desempenho superior à avaliação de especialistas, com melhor discriminação e calibração. Além disso, mostrou potencial para evitar um número significativo de conizações desnecessárias.	A incorporação de IA com dados clínicos e imagens colposcópicas pode melhorar a precisão diagnóstica de lesões CIN2+ e reduzir intervenções invasivas, contribuindo para um manejo mais eficaz do rastreamento cervical.
Accuracy of the AI-Based Smart Scope(R) Test as a Point-of-Care Screening and Triage Tool Compared to Colposcopy: A Pilot Study	Talathi MA et al., 2025	Estudo prospectivo de avaliação diagnóstica com 130 mulheres, submetidas à colposcopia, SS-AI-VIA e VIA com lugol. As áreas positivas em qualquer teste foram biopsiadas, com análise histopatológica como padrão-ouro.	Comparar a acurácia de triagem e triagem complementar do teste Smart Scope® com inteligência artificial (SS-AI) versus a colposcopia convencional.	Os 130 participantes, 30 foram encaminhadas para biópsia e 18 permitidas. Usando colposcopia como referência, a acurácia do SS-AI foi 76,5%. Comparando com histologia (n=18), colposcopia teve acurácia de 63,7%, SS-AI "83,3%*", com sensibilidade e especificidade de 83,3% cada.	O sistema SS-AI teve desempenho comparável ou superior à colposcopia, especialmente na triagem e classificação, mostrando-se promissor como ferramenta de ponto de atendimento em centros sem colposcópio.
Results comparison of cervical cancer early detection using cerviray (R) with VIA test	Harsono AB et al., 2025	Estudo observacional com 44 mulheres em diferentes centros de saúde de Java Ocidental; os resultados do Cerviray AI® e de avaliadores experientes foram comparados com o teste VIA, analisando sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP) e AUC da curva ROC.	Comparar o desempenho do sistema de inteligência artificial Cerviray AI® com o diagnóstico por especialistas e o teste VIA, usando VIA como padrão-ouro de triagem.	O Cerviray AI® teve alta especificidade (100%) e VPP (100%), mas baixa sensibilidade (42,9%) e AUC de 71,4%. Já os especialistas mostraram desempenho superior, com sensibilidade de 71,4%, especificidade de 97,3% e AUC de 84,4%, indicando maior precisão na triagem.	O desempenho do avaliador experiente foi superior ao do sistema automático, com AUC mais alta, sugerindo que o Cerviray AI® ainda precisa ser aprimorado para igualar a acurácia dos especialistas.

3cDe-Net: a cervical cancer cell detection network based on an improved backbone network and multiscale feature fusion.	Wang W et al., 2022	Foi desenvolvido a 3cDe-Net, uma rede neural para detecção de células cervicais, utilizando um backbone otimizado. A rede foi treinada e testada em dois bancos de imagens (Data-T e Herlev), sendo comparada a modelos tradicionais com base em métricas como precisão e mAP.	Desenvolver e avaliar uma nova rede neural convolucional (3cDe-Net), projetada para melhorar a detecção automática de células cervicais em exames citológicos, com foco especial na identificação de pequenas células sobrepostas, que são desafiadoras para modelos convencionais.	A 3cDe-Net apresentou desempenho superior em comparação com modelos tradicionais como ResNet-50, Inception-V3 e variantes de Faster R-CNN. A rede alcançou uma mAP de 50,4% no conjunto de dados Herlev, superando os demais modelos testados. Também demonstrou melhor precisão na detecção de pequenos objetos, com ganho de até 67% em relação às arquiteturas base.	O estudo concluiu que a rede proposta 3cDe-Net é eficaz e promissora para a detecção automática de células cervicais em exames citológicos. A combinação do backbone otimizado (DC-ResNet), FPN, anchors adaptativos e nova função de perda permitiu ganhos significativos na precisão e robustez, especialmente na detecção de células pequenas e sobrepostas, que são desafiadoras para modelos convencionais.
Hybrid Loss-Constrained Lightweight Convolutional Neural Networks for Cervical Cell Classification.	Madathil S et al., 2021	O estudo utilizou quatro redes neurais leves, adaptadas para a classificação de células cervicais no conjunto de dados SIPaKMeD.	Desenvolver uma rede neural convolucional leve com o intuito de distinguir lesões HSIL de LSIL em imagens de colposcopia, promovendo eficiência computacional sem comprometer a acurácia diagnóstica.	O modelo leve exibiu desempenho próximo ao do modelo original, mantendo alta acurácia na classificação das lesões enquanto reduzia consideravelmente o tempo de inferência e o consumo de recursos.	A arquitetura proposta oferece um equilíbrio ideal entre precisão diagnóstica e eficiência de processamento, possibilitando aplicações de IA em colposcopia mesmo em dispositivos com menor capacidade de computação.
LFANet: Lightweight feature attention network for abnormal cell segmentation in cervical cytology images.	Zhao Y et al., 2022	Desenvolvimento da rede LFANet, que incorpora módulos leves de extração de características, convolução separável, conexões residuais e atenção para diversas escalas. Foi testada em quatro bases independentes de imagens citológicas para validação.	Desenvolver uma rede neural leve voltada a segmentar células anormais (núcleo e citoplasma) em imagens de citologia cervical.	O LFANet alcançou desempenho de ponta em segmentação, superando métodos existentes, com precisão equivalente, mas exigindo significativamente menos recursos computacionais.	A LFANet permite segmentação eficiente de células anormais em citologia cervical, oferecendo precisão e baixo custo computacional, o que a torna apropriada para uso prático em plataformas clínicas.

Analysis of WSI Images by Hybrid Systems with Fusion Features for Early Diagnosis of Cervical Cancer	Hamdi M et al., 2023	As imagens de citologia líquida foram otimizadas por contraste e segmentadas, usando o algoritmo Active Contour (ACA). A extração de recursos das CNNs foi combinada via fusão e os classificadores RF e SVM receberam essas características para distinguir células neoplásicas.	Desenvolver modelos híbridos para análise automatizada de imagens inteiras de lâminas (WSI), utilizando técnicas de deep learning, visando o diagnóstico precoce do carcinoma escamoso cervical.	O classificador RF com fusão de características do ResNet50-VGG19 atingiu AUC de 98,75%, sensibilidade de 97,4%, acurácia de 99%, precisão de 99,6% e especificidade de 99,2%, demonstrando desempenho muito elevado.	A fusão de características extraídas por deep learning com classificadores tradicionais (RF/SVM) proporciona excelente desempenho na detecção precoce de câncer cervical a partir de imagens WSI, validando o uso de abordagens híbridas em citologia automatizada.
Optimised feature selection-driven convolutional neural network using gray level co-occurrence matrix for detection of cervical cancer	Sudhakar K et al., 2023	O estudo utilizou a Matriz de Coocorrência de Nível de Cinza (GLCM) para extrair características texturais de imagens cervicais, aplicando uma seleção otimizada dessas. Em seguida, essas características foram processadas por uma Rede Neural Convolucional (CNN) treinada para classificar as imagens.	Desenvolver um sistema automatizado e eficiente para a detecção do câncer cervical, combinando a extração de características por meio da GLCM com CNN otimizada, a fim de melhorar a precisão do diagnóstico, reduzir o tempo de processamento e oferecer uma alternativa acessível e eficaz para triagem precoce.	O classificador GLCM - CNN superou outras abordagens testadas, apresentando a maior acurácia geral entre os modelos avaliados.	Combinar extração de textura via GLCM com CNN leve oferece uma solução eficaz para análise de imagem cervical, com excelente desempenho e menor complexidade computacional, sendo o ideal para cenários com recursos limitados.
CerviCell-detector: An object detection approach for identifying the cancerous cells in pap smear images of cervical cancer	Kalbour M et al., 2023	O estudo utilizou modelos avançados de detecção de objetos, para identificar células cancerígenas em imagens de papanicolau. As imagens foram extraídas de um novo banco de dados (CRIC), rotuladas segundo o sistema Bethesda, e passaram por técnicas de aumento de dados para melhorar o desempenho dos modelos.	Desenvolver e avaliar o modelo CerviCell-detector, um sistema de detecção de objetos baseado em deep learning, para identificar automaticamente lesões cervicais em imagens citológicas rotuladas de acordo com o sistema Bethesda.	O detector demonstrou alta precisão na identificação de lesões cervicais, com excelente discriminação entre célula normal e anormal. O sistema mostrou robustez mesmo em amostras com variabilidade morfológica.	O CerviCell-detector se mostrou promissor como ferramenta automatizada para triagem citológica, com potencial para apoiar profissionais da saúde em diagnósticos mais rápidos e consistentes, otimizando o fluxo clínico.

Performance characteristics of an artificial intelligence based on convolutional neural network for screening conventional Papanicolaou-stained cervical smears	Sanyal P et al., 2019	Foi desenvolvida uma CNN treinada em imagens digitalizadas de esfregaços cervicais. A rede foi projetada para reconhecer automaticamente células normais, sobreposições, neutrófilos e detritos, classificando áreas suspeitas para avaliação posterior.	Avaliar a capacidade de uma CNN para identificar focos celulares anormais em esfregaços cervicais convencionais, com o intuito de auxiliar patologistas na triagem citológica.	A CNN apresentou sensibilidade de 94,28%, especificidade de 96,01%, valor preditivo positivo de 91,66% e valor preditivo negativo de 97,30%, identificando com precisão diversos tipos celulares e focos anormais.	O modelo demonstrou alto desempenho na detecção de anormalidades em esfregaços cervicais, reforçando seu potencial como ferramenta de apoio à triagem em citologia, com ênfase em precisão e confiabilidade.
Swin-GA-RF: genetic algorithm-based Swin Transformer and random forest for enhancing cervical cancer classification	Alohali MA et al., 2024	O estudo propôs o modelo Swin-GA-RF, que integra três componentes principais: (1) um Swin Transformer pré-treinado, usado para extrair características visuais profundas das células cervicais; (2) um algoritmo genético (GA), responsável pela seleção otimizada das características mais relevantes; e (3) um classificador Random Forest, que substitui a camada softmax tradicional para realizar a classificação final.	Desenvolver um modelo híbrido (LSTEDL-CCS) combinando Swin Transformer e redes profundas para detecção de lesões cervicais em colposcopia.	O modelo alcançou 99,44% de acurácia, superando as abordagens anteriores na triagem automatizada com colposcopia.	O LSTEDL-CCS mostrou alta precisão e robustez, sendo promissor para uso clínico em triagem de câncer cervical.
A smartphone-based standalone fluorescence spectroscopy tool for cervical precancer diagnosis in clinical conditions	Shivam S et al., 2024	O estudo foi conduzido com 75 mulheres, utilizando um dispositivo portátil acoplado a smartphone para capturar espectros de fluorescência intrínseca do colo uterino. Os dados foram analisados por um modelo de IA que combinava seleção de características por informação mútua com uma rede neural LSTM.	Desenvolver e testar um sistema portátil (com IA) em smartphone, para diagnóstico de lesões cervicais pré-cancerosas, avaliando sua eficácia em condições clínicas reais.	O modelo apresentou desempenho elevado, com acurácia média de 96,56%, sensibilidade de 94,37% e especificidade de 96,76%, sendo capaz de diferenciar com precisão entre tecido normal, inflamatório e diferentes graus de lesões cervicais.	O estudo concluiu que o sistema portátil é altamente promissor para triagem de lesões cervicais pré-malignas. A combinação de espectroscopia óptica com inteligência artificial em um dispositivo acessível pode ser especialmente útil em regiões com poucos recursos, promovendo diagnóstico precoce de forma rápida e não invasiva.

Predictive modeling and web-based tool for cervical cancer risk assessment: A comparative study of machine learning models	Chauhan R et al., 2024	Foram utilizados dados clínicos e laboratoriais reais de pacientes, incluindo variáveis como histórico ginecológico, resultados de exames de Papanicolaou, presença de HPV e outros, os quais foram analisados com o uso de modelos estatísticos e algoritmos de aprendizado de máquina e foram integrados à ferramenta para gerar padrões de risco personalizados.	Desenvolver o CHAMP, uma ferramenta web interativa que utiliza modelos preditivos para identificar padrões de risco de câncer cervical, com potencial aplicação em diagnóstico precoce, monitoramento e prognóstico clínico.	Os resultados mostraram que o CHAMP foi capaz de identificar com precisão padrões associados ao aumento do risco de câncer cervical, auxiliando na priorização de casos suspeitos e no planejamento de condutas clínicas. A ferramenta demonstrou bom desempenho na discriminação entre pacientes com diferentes níveis de risco, facilitando a tomada de decisão.	A ferramenta pode ser uma aliada importante na tomada de decisão clínica, melhorando o diagnóstico precoce, o acompanhamento e o prognóstico, especialmente em ambientes com recursos limitados.
Enhancing cervical cancer cytology screening via artificial intelligence innovation	Kurita Y et al., 2024	Foi desenvolvido um modelo de aprendizado profundo (deep learning) para analisar imagens citológicas e classificar células normais e anormais. A validação foi feita com amostras independentes para garantir a robustez do modelo.	Desenvolver e validar uma ferramenta de inteligência artificial para melhorar a triagem citológica do câncer cervical, aumentando a precisão e a eficiência na detecção de células anormais.	O modelo de IA alcançou alta acurácia na detecção de células anormais, superando a performance humana em termos de sensibilidade e especificidade. Além disso, o uso da ferramenta reduziu significativamente o tempo de análise das lâminas, mostrando potencial para acelerar a triagem em ambientes clínicos.	O estudo concluiu que a integração da IA na triagem citológica do câncer cervical aumenta significativamente a eficiência, permitindo identificar rapidamente os casos de maior risco com alta precisão, ao concentrar mais de 90% dos casos anômalos na zona de alta prioridade. No entanto, foram observadas limitações, como desempenho inferior em lâminas com poucas imagens analisadas e a necessidade de validação em ambientes clínicos mais diversos, já que o estudo foi realizado em uma única instituição.

Cervical cytology screening facilitated by an artificial intelligence microscope: A preliminary study	Tang H et al., 2021	O estudo utilizou 2.167 lâminas de citologia cervical para desenvolver e testar um microscópio com inteligência artificial capaz de identificar alterações celulares em tempo real. Um conjunto de treinamento com mais de 42 mil células anormais foi utilizado para treinar o sistema, que aplicava classificações binárias (normal vs. anormal) e multicategorias conforme o sistema Bethesda.	Avaliar a eficácia de um microscópio inteligente com inteligência artificial (IA) para auxiliar na triagem citológica cervical, visando melhorar a precisão e eficiência do diagnóstico.	Os resultados mostraram que a sensibilidade na detecção de lesões aumentou significativamente, assim como a precisão e a consistência do diagnóstico, demonstrando que a ferramenta melhora a eficiência e a acurácia da triagem cervical.	O microscópio inteligente com IA demonstrou ser eficaz em fornecer assistência em tempo real para a triagem citológica cervical, melhorando a eficiência e a precisão do diagnóstico, o que pode ser particularmente útil em ambientes clínicos com alta demanda.
Artificial Intelligence-driven Digital Cytology-based Cervical Cancer Screening: Is the Time Ripe to Adopt This Disruptive Technology in Resource-constrained Settings? A Literature Review	Gupta R et al., 2023	O estudo é uma revisão sistemática que analisou a literatura existente sobre o uso de IA em triagem citológica cervical. Foram avaliados os tipos de algoritmos de IA utilizados, as metodologias de imagem empregadas (como Whole Slide Imaging - WSI) e os resultados de sensibilidade, especificidade e acurácia reportados em diversos estudos.	O objetivo do estudo foi revisar o progresso da aplicação de inteligência artificial (IA) na triagem citológica cervical, destacando os avanços, lacunas de pesquisa e direções futuras, com foco na adoção dessa tecnologia em ambientes com recursos limitados.	A revisão identificou que os algoritmos de IA têm oferecido maior objetividade na interpretação das lâminas citológicas, resultando em melhorias na sensibilidade e especificidade da triagem cervical. No entanto, os estudos analisados apresentaram variações nos resultados, indicando a necessidade de mais pesquisas para padronizar e validar essas tecnologias.	A implementação de IA na triagem citológica cervical tem o potencial de transformar o diagnóstico, especialmente em países em desenvolvimento, onde os programas de triagem são limitados. A adoção dessa tecnologia pode melhorar a precisão do diagnóstico e otimizar os recursos disponíveis, tornando a triagem cervical mais acessível e eficaz.
AI-assisted system improves the work efficiency of cytologists via excluding cytology-negative slides and accelerating the slide interpretation	Du et al., 2023	O estudo desenvolveu e validou um sistema de IA treinado para classificar automaticamente lâminas citológicas cervicais como negativas ou positivas para anomalias celulares.	Avaliar a viabilidade de um sistema assistido por inteligência artificial (IA) para excluir lâminas citológicas negativas e melhorar a eficiência na interpretação das lâminas.	Cerca de 70% das lâminas do grupo de validação foram classificadas como negativas pelo sistema de IA, e nenhuma dessas lâminas foi diagnosticada com lesões de alto grau por citopatologistas especialistas.	O sistema assistido por IA demonstrou ser eficaz na exclusão de lâminas negativas, permitindo que os citopatologistas foquem em casos mais relevantes, melhorando assim a eficiência do trabalho.

Hybrid AI-assistive diagnostic model permits rapid TBS classification of cervical liquid-based thin-layer cell smears	Xiaohui Zhu et al., 2021	O modelo AIATBS foi treinado com mais de 81 mil amostras, utilizando várias técnicas de inteligência artificial para detecção, classificação e segmentação celular, além de otimização de parâmetros. Ele inclui controle de qualidade e foi validado com mais de 34 mil amostras prospectivas multicêntricas.	Desenvolver e validar o modelo híbrido de inteligência artificial AIATBS, projetado para auxiliar no diagnóstico de esfregaços cervicais líquidos em camada fina, de acordo com os critérios clínicos do sistema Bethesda (TBS).	Os resultados mostraram que o AIATBS apresentou maior sensibilidade e alta especificidade em comparação com citotecnologistas experientes, além de processar cada lâmina em menos de 180 segundos.	O modelo é uma ferramenta eficaz para auxiliar na triagem de esfregaços cervicais líquidos, oferecendo precisão diagnóstica e eficiência operacional, com potencial para aplicação clínica especialmente em regiões com recursos limitados.
Deep learning-based decision support system for cervical cancer identification in liquid-based cytology pap smears	Atteia et al., 2025	Foi desenvolvido um sistema de suporte à decisão clínica baseado em deep learning para detectar câncer cervical em esfregaços de citologia líquida. O modelo utiliza um módulo híbrido de seleção e otimização de características, combinando um autoencoder esparsa com o algoritmo Binary Harris Hawk para extrair as informações mais relevantes das imagens.	Desenvolver um sistema de suporte à decisão clínica baseado em deep learning para auxiliar na identificação de câncer cervical em esfregaços de citologia líquida, buscando aumentar a precisão diagnóstica, reduzir o tempo de interpretação e minimizar a variabilidade entre observadores.	O sistema teve bom desempenho na identificação de lesões cervicais malignas e pré-malignas, avaliando corretamente grande parte das lâminas, o que ajudou a acelerar o diagnóstico e reduzir variações entre observadores, embora os valores exatos de acurácia não tenham sido informados.	O uso de deep learning com técnicas avançadas de extração e otimização de características provou ser eficaz como ferramenta de suporte à decisão para interpretação de esfregaços cervicais. A abordagem mostrou-se promissora para reduzir o tempo de diagnóstico, aumentar a consistência entre avaliadores e potencialmente melhorar o tratamento precoce de pacientes por meio de uma triagem mais rápida e precisa.

Analysis of effectiveness in an artificial intelligent film reading system combined with liquid based cytology examination for cervical cancer screening	Liu et al., 202	O estudo avaliou a eficácia de um sistema de leitura com inteligência artificial combinado com citologia em meio líquido (ThinPrep) para rastreamento do câncer cervical. As lâminas foram digitalizadas em objetiva 20x e analisadas por uma rede neural convolucional treinada com células previamente rotuladas por citopatologistas.	Avaliar a eficácia de um sistema de leitura automatizada por inteligência artificial (IA) combinado com a citologia em meio líquido (ThinPrep/TCT) na triagem de câncer cervical, comparando seu desempenho com a leitura manual, especialmente na detecção de lesões de baixo e alto grau.	O sistema de inteligência artificial detectou mais lesões cervicais do que a leitura manual, com maior sensibilidade, especialmente para lesões de alto grau (67,5% vs. 40,9%). A precisão da IA também foi superior para lesões de baixo grau e inflamações (87,5% vs. 79,4%). Embora a leitura manual tenha sido mais rápida, a IA apresentou desempenho mais consistente e eficaz, com especificidade semelhante e maior índice de Youden, indicando melhor capacidade geral de triagem.	A combinação do sistema de leitura automatizada por IA com o TCT demonstrou desempenho superior em detecção de lesões cervicais, particularmente de alto grau, em comparação com leitura manual. Apesar de ser um pouco mais lento, o sistema provou-se mais sensível, com precisão similar, indicando seu potencial para melhorar a triagem cervical e reduzir erros e variações entre avaliadores.
Cervical pre-cancerous lesion detection: development of smartphone-based VIA application using artificial intelligence.	Harsono et al., 2022	Desenvolvimento de aplicativo com inteligência artificial baseado em Android; estudo observacional com 199 mulheres submetidas ao teste VIA; imagens analisadas por oncologista e usadas para treinar e testar o modelo de IA.	Desenvolver um aplicativo Android com inteligência artificial capaz de interpretar automaticamente resultados de inspeção visual com ácido acético (VIA), com o intuito de apoiar o rastreio do câncer cervical em contextos com poucos recursos.	O modelo treinado atingiu 80% de sensibilidade, 96,4% de especificidade, 93,8% de acurácia, 80% de precisão e AUC de 0,85.	O aplicativo com IA demonstrou bom desempenho e tem potencial para auxiliar o rastreio do câncer cervical, especialmente em regiões com recursos limitados.
Addressing cervical cancer screening disparities through advances in artificial intelligence and nanotechnologies for cellular profiling	Zhenzhong Yang et al., 2021	Revisão narrativa de literatura sobre tecnologias emergentes para rastreamento do câncer cervical, com foco em IA e nanotecnologia.	Analisar como tecnologias descentralizadas e estratégias computacionais avançadas podem melhorar os métodos tradicionais de rastreamento do câncer cervical, especialmente em países com poucos recursos.	O artigo descreve avanços em testes baseados em HPV, tecnologias de ponto de cuidado (POC) e aplicação de IA e nanotecnologias para aumentar acesso, precisão e eficiência no rastreamento.	As novas tecnologias têm potencial para reduzir desigualdades no rastreamento do câncer cervical, tornando a prevenção mais acessível e eficaz, principalmente em países de baixa e média renda.

Development and Clinical Validation of Visual Inspection With Acetic Acid Application-Artificial Intelligence Tool Using Cervical Images in Screen-and-Treat Visual Screening for Cervical Cancer in South India: A Pilot Study	Usha Rani Poli et al., 2024	Estudo exploratório e intervencionista; desenvolvimento de ferramenta de inteligência artificial (IA) baseada em deep learning, aplicada a imagens cervicais obtidas em programas anteriores de triagem VIA; validação em programa de triagem liderado por enfermeiras.	Desenvolver uma ferramenta de IA para identificar e classificar áreas positivas no VIA, visando avaliar a elegibilidade para tratamento ablativo; testar sua eficácia na tomada de decisão por enfermeiras em programas de triagem e tratamento imediato.	A ferramenta VIA-AI apresentou acurácia clínica de 76% e reduziu em 20% os casos de falsos positivos.	O algoritmo VIA-AI demonstrou desempenho promissor em contextos reais e pode ajudar a reduzir o excesso de tratamento em programas de triagem e tratamento em visita única, especialmente em cenários com recursos limitados.
Internal validation of Automated Visual Evaluation (AVE) on smartphone images for cervical cancer screening in a prospective study in Zambia	Liming Hu et al., 2024	Estudo prospectivo conduzido em 8 unidades de saúde públicas na Zâmbia com 8.204 mulheres (25–55 anos); desenvolvimento, treinamento e validação interna de ferramenta de avaliação visual automatizada (AVE), baseada em IA e aplicada a imagens cervicais captadas por smartphones.	Avaliar a acurácia e viabilidade clínica da ferramenta AVE para triagem primária e como teste de triagem complementar para mulheres HPV-positivas, utilizando imagens cervicais obtidas por smartphones.	A ferramenta AVE alcançou AUC de 0,91 (IC 95%: 0,89–0,93), sensibilidade de 85% (IC 95%: 81%–90%) e especificidade de 86% (IC 95%: 84%–88%), superando o desempenho médio do VIA visual (sensibilidade de 66%). Entre mulheres HIV+ e HPV+, os AUCs foram 0,91 e 0,87, respectivamente.	A AVE demonstrou ser promissora como ferramenta de triagem baseada em smartphone, com alto desempenho diagnóstico. Apesar de limitações metodológicas, os achados apoiam a expansão da avaliação clínica da AVE em contextos diversos e com recursos limitados.
Smartphone-Based Visual Inspection with Acetic Acid: An Innovative Tool to Improve Cervical Cancer Screening in Low-Resource Setting	Jana Sami et al., 2022	Revisão de literatura baseada em buscas nas bases MEDLINE e LILACS (2015–2021), focando em estudos conduzidos em contextos de poucos recursos que utilizaram smartphones para realização de D-VIA (inspeção visual digital com ácido acético).	Avaliar as evidências disponíveis sobre o uso de smartphones para D-VIA em programas de rastreamento do câncer cervical em países com recursos limitados.	Os estudos analisados indicam que a qualidade das imagens obtidas por D-VIA com smartphones é satisfatória para diagnóstico de lesões cervicais (CIN 1 / CIN 2+), além de permitir monitoramento, supervisão remota e treinamentos.	O uso de smartphones para D-VIA é promissor para melhorar a detecção e o controle de qualidade em programas de rastreamento do câncer cervical em locais com recursos limitados; o uso futuro de algoritmos de IA poderá otimizar ainda mais o diagnóstico automatizado.

The challenges of colposcopy for cervical cancer screening in LMICs and solutions by artificial intelligence	Peng Xue et al., 2020	Artigo de revisão com foco descritivo e analítico sobre limitações da colposcopia tradicional em LMICs e as soluções baseadas em colposcopia digital guiada por inteligência artificial.	Discutir os principais desafios do uso da colposcopia como ferramenta diagnóstica em países de baixa e média renda e explorar como a IA pode superar esses obstáculos para melhorar o rastreamento do câncer cervical.	A revisão identifica limitações críticas na colposcopia tradicional: dependência do examinador, variabilidade diagnóstica, escassez de profissionais qualificados e dificuldades na padronização. A IA, especialmente com colposcopia digital, pode automatizar processos, indicar locais de biópsia e reduzir erros.	A colposcopia digital com suporte de IA tem potencial para ampliar a precisão diagnóstica e a eficácia do rastreamento do câncer cervical em LMICs, podendo acelerar o cumprimento das metas globais de eliminação da doença.
Point-of-Care Digital Cytology With Artificial Intelligence for Cervical Cancer Screening in a Resource-Limited Setting	Oscar Holmström et al., 2021	Estudo diagnóstico em clínica rural no Quênia; digitalização de 740 exames de Papanicolaou de mulheres HIV+; análise por sistema de deep learning em nuvem para detecção de células atípicas.	Avaliar a viabilidade e acurácia de diagnóstico digital apoiado por IA para análise de exames de Papanicolaou em uma área com recursos limitados.	Sensibilidade alta (96% - 100%) e especificidade de 78%-93% para detecção de lesões intraepiteliais; nenhuma amostra de alto grau foi falsamente negativa; AUC até 0,96; alta precisão especialmente para lesões de alto grau.	A digitalização com IA é viável e eficaz para triagem de câncer cervical em ambientes rurais e com poucos recursos, podendo auxiliar na superação da falta de patologistas.
Moving towards vertically integrated artificial intelligence development	Joe Zhang et al., 2022	Estudo conceitual e análise crítica, com descrição e reflexão sobre dois casos práticos de desenvolvimento e implementação de IA clínica em contextos distintos.	Discutir a limitação dos métodos centrados apenas em modelo de IA e propor uma abordagem verticalmente integrada para aumentar a efetividade da IA clínica.	Destaca os desafios da implantação da IA na prática real, enfatizando a importância da integração multidisciplinar e da consideração do ciclo de vida dos dados e produção.	Recomenda a adoção de equipes e práticas integradas para melhorar a tradução da IA para a clínica, ampliando o impacto dos projetos futuros.
Barriers and Facilitators to the Preadoption of a Computer-Aided Diagnosis Tool for Cervical Cancer: Qualitative Study on Health Care Providers' Perspectives in Western Cameroon	Magali Jonnalagedda-Cattin et al., 2023	Estudo qualitativo exploratório; coleta de dados por meio de entrevistas individuais (ginecologistas) e grupos focais (parteiras); análise temática guiada pelo framework de aceitação tecnológica, com codificação independente e uso dos checklists COREQ e SRQR.	Investigar barreiras e facilitadores percebidos por profissionais de saúde quanto à pré-adoção de ferramenta de diagnóstico assistida por computador (CAD) para inspeção visual com ácido acético (VIA) em contexto de baixo recurso.	Identificou barreiras como dificuldades técnicas, infraestrutura precária e preocupações com confidencialidade; facilitadores incluíram percepção de melhoria no cuidado ao paciente e aumento da precisão diagnóstica, desde que infraestrutura e treinamento sejam adequados.	Destaca a necessidade de gestão tecnológica abrangente, treinamento e adaptação dos fluxos clínicos para garantir adoção efetiva e evitar estagnação em fase piloto em países de baixa e média renda.

Performance of a Full-Coverage Cervical Cancer Screening Program Using an Artificial Intelligence– and Cloud-Based Diagnostic System: Observational Study of an Ultralarge Population	Lu Ji et al., 2023	Estudo observacional retrospectivo, utilizando dados populacionais de 1.704.461 mulheres submetidas a rastreamento cervical com sistema de diagnóstico baseado em IA e nuvem. Amostra aleatória de 220 casos usada para controle de qualidade diagnóstico externo.	Avaliar o desempenho da tecnologia de IA em um programa de rastreamento de câncer cervical de cobertura total, considerando acessibilidade, eficiência, qualidade diagnóstica e custo.	Cobertura de 13,45% em 6 meses, com maior adesão em áreas rurais (67,54%). IA mostrou eficiência 87,5 vezes maior que leitura manual, alta taxa de conformidade ($\geq 96\%$) e custo médio de 49 CNY por pessoa.	A IA se mostrou acessível, eficiente, confiável e de baixo custo, facilitando a implementação de programas de rastreamento em larga escala, especialmente em regiões com recursos limitados, apoiando metas da OMS para eliminação do câncer cervical.
The artificial intelligence-assisted cytology diagnostic system in large-scale cervical cancer screening: A population-based cohort study of 0.7 million women	Bao et al., 2020	Estudo de coorte prospectivo em programa populacional de rastreamento cervical com 703.103 mulheres. Avaliação comparativa entre sistema de citologia assistida por IA e leitura manual de lâminas, com confirmação histológica de lesões CIN2+.	Desenvolver e avaliar um sistema assistido por IA para diagnóstico citológico em rastreamento populacional de câncer cervical.	Concordância geral entre IA e leitura manual foi 94,7% ($\kappa=0,92$). IA teve sensibilidade 5,8% maior para detecção de CIN2+ que leitura manual, com pequena redução na especificidade. Detecção de CIN2+ aumentou conforme gravidade da citologia.	Sistema assistido por IA pode excluir a maioria das citologias normais e melhorar sensibilidade na detecção de CIN2+, sendo apropriado para rastreamento primário em larga escala.
Acceptability of artificial intelligence for cervical cancer screening in Dschang, Cameroon: a qualitative study on patient perspectives	Sachdeva et al., 2023	Estudo qualitativo com entrevistas semiestruturadas em grupos focais, conduzido com 32 mulheres entre 30 e 49 anos de regiões rural e urbana em Dschang, Camarões. Análise temática guiada pelo modelo de aceitação tecnológica, com codificação via software ATLAS.ti.	Explorar a aceitabilidade e perspectivas das mulheres sobre o uso de ferramenta de triagem de câncer cervical baseada em inteligência artificial (IA) e compreender as preferências de informação sobre essa tecnologia.	Principais fatores que influenciam a aceitação: preocupações com privacidade, percepção de utilidade, confiança na competência dos profissionais, precisão da ferramenta e impactos negativos associados ao uso do smartphone.	A triagem assistida por IA é amplamente aceitável entre as mulheres da região. Garantir confidencialidade e oferecer explicações claras pode aumentar a aceitação e o uso do exame na comunidade.
Optimization of Cervical Cancer Screening: A Stacking-Integrated Machine Learning Algorithm Based on Demographic, Behavioral, and Clinical Factors	Sun et al., 2022	Estudo retrospectivo de desenvolvimento e validação de algoritmo preditivo usando dados de 858 mulheres. Os dados foram divididos em 80% para treinamento e 20% para teste. Foi usada regressão logística univariada e random forest para seleção de variáveis, comparando 12 algoritmos de machine learning. O modelo stacking-integrado (SIML) foi construído a partir dos melhores modelos identificados.	Desenvolver um modelo de aprendizado de máquina que identifique mulheres com alto risco de desenvolver câncer cervical baseado em fatores demográficos, comportamentais e clínicos, para otimizar estratégias de triagem.	O modelo SIML apresentou melhor desempenho com AUC de 0,877, sensibilidade de 81,8% e especificidade de 81,9%. Fatores preditivos importantes foram uso de contraceptivos hormonais, número de gestações, tempo de tabagismo e número de parceiros sexuais.	O modelo SIML mostrou-se eficaz na identificação de mulheres com alto risco, podendo auxiliar na personalização da triagem cervical e otimização do cuidado clínico.

Data-Driven Cervical Cancer Prediction Model with Outlier Detection and Over-Sampling Methods	Ijaz et al., 2020	Estudo retrospectivo de desenvolvimento e validação de modelo preditivo usando técnicas de detecção de outliers (DBSCAN e iForest), técnicas de balanceamento de dados (SMOTE e SMOTETomek) e classificador Random Forest. O dataset utilizado foi composto por 858 casos.	Propor e validar um modelo preditivo de câncer cervical baseado em fatores de risco, utilizando técnicas de pré-processamento para lidar com outliers e desbalanceamento de dados.	Combinações usando iForest com SMOTE e SMOTETomek apresentaram melhor desempenho que as com DBSCAN. Random Forest foi o classificador mais eficiente comparado a outros. O modelo superou métodos anteriores em acurácia.	O modelo CCPM é eficiente para previsão precoce do câncer cervical, podendo ser usado em aplicações móveis para coleta e análise rápida de dados de risco.
A web-based tool for cancer risk prediction for middle-aged and elderly adults using machine learning algorithms and self-reported questions	Xiao et al., 2024	Estudo retrospectivo de coorte com base em dados secundários do China Health and Retirement Longitudinal Study (2011–2018), envolvendo 19.798 participantes ≥45 anos. Foram aplicados nove algoritmos de machine learning para desenvolver modelos preditivos com variáveis autorrelatadas.	Desenvolver uma ferramenta online preditiva de risco de câncer para adultos chineses de meia-idade e idosos, com base em dados autorrelatados e algoritmos de aprendizado de máquina.	O algoritmo Random Forest apresentou melhor desempenho (AUC = 0,75; acurácia = 0,99). Principais preditores incluíram idade, qualidade do sono, saúde autoavaliada, tabagismo, condições de moradia e histórico de saúde na infância.	A ferramenta MyCancerRisk pode auxiliar na triagem preventiva, promovendo hábitos saudáveis e detecção precoce. Destaca-se o valor de preditores não convencionais para modelos de risco populacional.
Validation in Zambia of a cervical screening strategy including HPV genotyping and artificial intelligence (AI)-based automated visual evaluation	Parham et al., 2023	Estudo observacional de validação diagnóstica, realizado em programa de rastreamento populacional em Lusaka (Zâmbia), com coleta de dados clínicos, tipagem de HPV (BD Onclarity™) e imagens cervicais avaliadas por algoritmo de inteligência artificial (AVE). Foi construída uma escala de risco em 12 níveis cruzando resultados de HPV e AVE.	Avaliar a acurácia de uma estratégia combinada de triagem com tipagem de HPV e avaliação visual automatizada por inteligência artificial (AVE) na predição de lesões pré-cancerosas e câncer cervical.	A escala de risco baseada na combinação HPV-AVE foi fortemente associada à gravidade histológica. O AVE aumentou a precisão preditiva dentro de cada grupo de HPV, com boa reprodutibilidade. Mulheres HIV+ apresentaram maior risco, bem identificado pela escala.	A estratégia HPV-AVE demonstrou validade teórica para rastreamento cervical e pode ser uma opção viável em contextos com alta prevalência de HIV, desde que o teste de HPV seja acessível e custo-efetivo.
Use of risk-based cervical screening programs in resource-limited settings	Perkins et al., 2023	Estudo teórico-conceitual baseado em revisão e proposição de modelo. Os autores descrevem um modelo conceitual de rastreamento baseado em risco, aplicável em contextos com recursos limitados, fundamentado em evidências e práticas já utilizadas em países como os EUA.	Propor um modelo otimizado de rastreamento e manejo do câncer cervical em países de baixa renda, com base em estratificação de risco.	O modelo sugere priorizar testagem por HPV com amostragem, uso de genotipagem para refinar a estratificação de risco e aplicação de avaliação visual automatizada por IA para triagem e decisão terapêutica.	A adoção de estratégias de rastreamento baseadas em risco pode otimizar a prevenção do câncer cervical em países com recursos limitados, concentrando recursos nos grupos de maior risco e reduzindo intervenções desnecessárias.

Performance of artificial intelligence for diagnosing cervical intraepithelial neoplasia and cervical cancer: a systematic review and meta-analysis	Liu et al., 2024	Revisão sistemática e meta-análise de 77 estudos publicados entre 1986 e 2024. Foram analisadas acurácia, sensibilidade, especificidade, VPP e VPN de IA aplicada à citologia (Papanicolaou e TCT) e colposcopia, comparando-a com colposcopistas experientes.	Avaliar o desempenho diagnóstico da inteligência artificial no rastreamento de neoplasias intraepiteliais cervicais e câncer cervical, por meio de citologia e colposcopia assistidas por IA.	A IA obteve alta acurácia (até 94%), sensibilidade (até 97%) e especificidade (até 94%) tanto para citologia convencional quanto para TCT. A IA superou colposcopistas experientes na acurácia de exames colposcópicos (OR 1.75; IC95% 1.33–2.31). O desempenho foi ligeiramente melhor em países desenvolvidos.	A IA apresenta elevado desempenho diagnóstico na detecção de lesões cervicais, com potencial de aprimorar programas de rastreamento, inclusive em países com poucos recursos, desde que adaptada e validada localmente.
The Future of Cervical Cancer Screening	Goldstein et al., 2024	Revisão narrativa baseada em busca bibliográfica na PubMed sobre estratégias atuais e emergentes no rastreamento do HPV, displasia cervical e câncer cervical.	Explorar novas tecnologias e estratégias de rastreamento e tratamento do HPV, displasia cervical e câncer cervical, com ênfase em contextos de países em desenvolvimento.	Tecnologias emergentes como testes rápidos e de baixo custo de HPV, colposcopia digital de alta resolução com interpretação por IA, testes de metilação do DNA, citologia com coloração dupla, e plataformas “lab-on-chip” apresentam alto potencial para melhorar o rastreamento.	O avanço de tecnologias de detecção, aliado à equidade em saúde e à integração com programas de HIV, é essencial para o sucesso global na prevenção do câncer cervical.
Artificial Intelligence in Cervical Cancer Screening and Diagnosis	Hou et al., 2022	Revisão narrativa com foco descritivo sobre o uso da inteligência artificial na triagem e diagnóstico do câncer cervical.	Discutir aplicações, benefícios e desafios do uso da IA no rastreamento e diagnóstico do câncer cervical, com foco na melhoria da acurácia do diagnóstico precoce.	A IA apresenta vantagens como redução do tempo de análise, menor necessidade de pessoal técnico especializado e eliminação de vieses subjetivos. Diversas ferramentas baseadas em IA têm mostrado desempenho promissor na detecção precoce da doença.	A inteligência artificial é uma ferramenta promissora para o rastreamento e diagnóstico precoce do câncer cervical, embora desafios técnicos, éticos e de implementação ainda precisem ser superados.
Artificial intelligence utilization in cancer screening program across ASEAN: a scoping review	Tun et al., 2024	Revisão de escopo conduzida segundo diretrizes PRISMA-ScR.	Identificar e avaliar os programas de rastreamento de câncer nos países da ASEAN, com foco na integração e impacto da inteligência artificial nesses programas.	Foram incluídos 14 estudos sobre rastreamento de diferentes tipos de câncer. Identificaram-se diferentes níveis de integração da IA: avaliação clínica prospectiva (50%), testes silenciosos (36%) e desenvolvimento exploratório de modelos (14%), com resultados promissores em acurácia e eficiência.	A incorporação da IA tem potencial para melhorar a detecção precoce e reduzir custos. Ainda há necessidade de maior organização dos programas para atingir as metas da OMS até 2030.

Prevention Strategies and Early Diagnosis of Cervical Cancer: Current State and Prospects	Kakotkin et al., 2023	Revisão narrativa baseada em análise de literatura publicada desde 2018, com busca nas bases de dados da PubMed. Utilizou palavras-chave relacionadas à prevenção, triagem e barreiras no rastreamento do câncer cervical.	Analisar estratégias globais e nacionais de prevenção e diagnóstico precoce do câncer cervical, avaliando a efetividade de intervenções atuais, incluindo o uso de inteligência artificial (IA).	A estratégia 90-70-90 da OMS mostrou-se eficaz em diversos contextos. A análise identificou a IA como uma abordagem complementar promissora, com potencial para aumentar a acurácia diagnóstica e reduzir a sobrecarga nos serviços de atenção primária.	A integração de tecnologias baseadas em IA pode fortalecer as estratégias de rastreamento e prevenção do câncer cervical, otimizando a triagem de lesões pré-malignas e contribuindo para sistemas de saúde mais eficientes.
Beyond the Microscope: A Technological Overture for Cervical Cancer Detection	Lee et al., 2023	Revisão narrativa da literatura sobre o uso de inteligência artificial na análise de exames de Papanicolaou, incluindo métodos utilizados, bases de dados, métricas de desempenho e desafios.	Revisar os avanços recentes no uso de técnicas de inteligência artificial para a detecção e classificação de lesões cervicais em exames de Papanicolaou, destacando sua aplicabilidade clínica.	A IA demonstrou alto potencial para automatizar e padronizar a análise de esfregaços cervicais, com capacidade de classificar imagens como normais ou anormais e identificar o tipo e gravidade das lesões, reduzindo erros humanos e o tempo de processamento.	A inteligência artificial representa uma abordagem promissora para aprimorar o diagnóstico do câncer cervical por meio da análise automatizada de exames citológicos, com perspectivas de integração futura em sistemas clínicos.
Artificial intelligence strengthens cervical cancer screening – present and future	Wu et al., 2023	Revisão narrativa que discute o estado atual e o desenvolvimento da inteligência artificial (IA) aplicada ao rastreamento do câncer cervical, com foco em algoritmos de deep learning para reconhecimento de imagens médicas.	Apresentar as principais aplicações e avanços da IA no diagnóstico de citologia anormal e doenças neoplásicas cervicais, além de discutir desafios futuros na implementação.	A IA demonstra capacidade comparável à humana na análise de imagens, podendo aumentar a precisão, eficiência e acessibilidade da triagem, especialmente em países com infraestrutura limitada.	A inteligência artificial tem potencial para revolucionar a triagem do câncer cervical, auxiliando no alcance das metas globais de eliminação, apesar dos desafios ainda existentes para sua ampla adoção.
Artificial intelligence for cervical cancer screening: Scoping review, 2009-2022	Vargas-Cardona et al., 2023	Revisão de escopo seguindo a metodologia Arksey e O'Malley e diretrizes PRISMA-ScR. Foram pesquisadas as bases PubMed, Scopus e Google Scholar com palavras-chave em inglês e espanhol para identificar estudos originais sobre o uso de IA em diagnóstico precoce por imagem do câncer cervical.	Descrever e sintetizar a literatura sobre a acurácia diagnóstica de inteligência artificial na detecção precoce do câncer cervical por análise de imagens.	Foram incluídos 32 estudos publicados entre 2009 e 2022, com imagens originadas principalmente de colposcopia digital, cervicografia e dispositivos móveis. Os algoritmos de machine learning e deep learning mais usados foram SVM, random forest, k-nearest neighbors, CNN, ResNet, VGG, entre outros. SVM e métodos de deep learning apresentaram as melhores performances diagnósticas, com acurácia superior a 97%.	O uso de IA no rastreamento do câncer cervical tem crescido e os resultados, especialmente com deep learning, são muito promissores, embora pesquisas adicionais sejam necessárias para validação.

Artificial Intelligence-Based Cervical Cancer Screening on Images Taken during Visual Inspection with Acetic Acid: A Systematic Review	Viñals et al., 2023	Revisão sistemática da literatura realizada nas bases PubMed, Google Scholar e Scopus, visando identificar algoritmos automatizados para classificar imagens obtidas durante a inspeção visual com ácido acético (VIA) em negativas ou precancerosas/cancerosas. A avaliação da qualidade dos estudos seguiu as diretrizes QUADAS-2.	Analisar o desempenho de algoritmos baseados em inteligência artificial para triagem do câncer cervical a partir de imagens VIA, enfatizando sua aplicabilidade em contextos com recursos limitados.	Foram selecionados 11 estudos de um total de 2608 identificados. A sensibilidade dos algoritmos variou de 0,22 a 0,93 e a especificidade de 0,67 a 0,95. Os estudos usaram conjuntos pequenos e altamente selecionados de imagens, limitando a generalização dos resultados.	Os algoritmos de IA mostram potencial para apoiar a triagem do câncer cervical, especialmente em locais com pouca infraestrutura e profissionais qualificados, mas testes em larga escala e em condições reais são necessários para validar sua viabilidade clínica.
Clinical evaluation of an artificial intelligence-assisted cytological system among screening strategies for a cervical cancer high-risk population	Yang et al., 2023	Estudo clínico com 1231 lâminas de citologia líquida de mulheres submetidas a colposcopia e biópsia, avaliando a performance de diferentes estratégias de triagem para lesões intraepiteliais escamosas de baixo (LSIL) e alto grau (HSIL). Foram calculados sensibilidade, especificidade, valores preditivos, taxas de falso positivo/negativo, AUC, entre outros indicadores diagnósticos para AI isolado, LBC, HPV e suas combinações.	Comparar a eficácia do sistema de citologia assistido por inteligência artificial (IA) com outras estratégias tradicionais de triagem em uma população de alto risco para câncer cervical.	A estratégia de triagem baseada apenas em IA apresentou sensibilidade e especificidade superiores ao coteste LBC + HPV para ambos os limiares LSIL e HSIL. O índice de Youden foi mais alto para IA, que também obteve melhor AUC no limiar HSIL (0,621) comparado ao HPV isolado (0,521). Para LSIL, a AUC da IA foi similar à do LBC.	A triagem exclusivamente por IA mostrou-se a estratégia mais eficaz para diagnóstico de lesões intraepiteliais de baixo e alto grau, com melhor desempenho que o coteste tradicional LBC + HPV, podendo aprimorar a acurácia diagnóstica e beneficiar pacientes em triagens clínicas.
Artificial intelligence enables precision diagnosis of cervical cytology grades and cervical cancer	Wang et al., 2023	Desenvolvimento e validação de um sistema de triagem para câncer cervical baseado em inteligência artificial (AICCS) utilizando conjuntos de dados retrospectivos, prospectivos e ensaios observacionais randomizados com 16.056 participantes. O sistema utilizou dois modelos de IA: um para detecção celular em nível de fragmento (patch-level) e outro para classificação de imagens de lâminas completas (whole-slide images).	Criar e validar um sistema assistido por IA para classificação precisa dos graus de citologia cervical, melhorando a acurácia e eficiência do diagnóstico.	O AICCS apresentou alta acurácia na predição dos graus citológicos em diferentes conjuntos de dados, com AUC de 0,947, sensibilidade de 0,946, especificidade de 0,890 e acurácia de 0,892 na avaliação prospectiva. No ensaio randomizado, citopatologistas assistidos pelo AICCS tiveram desempenho superior em AUC, especificidade e acurácia, com aumento de 13,3% na sensibilidade em relação aos citopatologistas sem assistência.	O sistema AICCS demonstrou ser uma ferramenta promissora para auxiliar no diagnóstico preciso e eficiente do câncer cervical, potencialmente aprimorando a qualidade da triagem citológica.

Reproducible and clinically translatable deep neural networks for cervical screening	Ahmed et al., 2024	Desenvolvimento, seleção e otimização de modelos de deep learning aplicados a um grande conjunto de dados multicêntrico, multigeográfico e multi-dispositivo, contendo imagens cervicais de 9.462 mulheres (17.013 imagens). Avaliação da portabilidade, reprodutibilidade e desempenho classificatório dos modelos, combinados com tipagem de HPV.	Criar um modelo de inteligência artificial robusto, reproduzível e clinicamente aplicável para triagem cervical, capaz de auxiliar na triagem visual de mulheres positivas para HPV em países de baixa e média renda.	O modelo de melhor desempenho obteve AUC de 0,89, com taxa limitada de erros extremos de classificação de 3,4% em conjuntos de teste independentes. Demonstrou alta consistência e confiabilidade, com kappa ponderado quadrático de 0,86 e discordância entre pares de imagens de apenas 0,69%.	Este estudo desenvolveu um modelo de deep learning preciso, confiável e potencialmente aplicável clinicamente para a triagem do câncer cervical, especialmente útil para contextos com recursos limitados, promovendo avanços na prevenção secundária do câncer cervical.
The evolution of cervical cancer screening	Swanson & Pantanowitz, 2023	Revisão narrativa que aborda os principais marcos históricos na evolução dos métodos de rastreamento do câncer cervical, desde a citologia até as tecnologias baseadas em HPV e inteligência artificial.	Resumir os avanços científicos e tecnológicos que impulsionaram a redução da incidência do câncer cervical, destacando a transição para métodos modernos como o teste de HPV e sistemas de triagem assistidos por inteligência artificial.	Evidenciou-se a importância da citologia exfoliativa para a detecção precoce, a implementação global dos programas de rastreamento, o reconhecimento do papel do HPV como agente etiológico, e a incorporação crescente de inteligência artificial para otimizar a precisão e eficiência do exame de Papanicolaou.	O histórico de avanços no rastreamento do câncer cervical demonstra progresso significativo rumo à meta da Organização Mundial da Saúde de eliminação global do câncer cervical, apoiado por inovações tecnológicas e maior cobertura de testes baseados em HPV e IA.
Pivotal Clinical Study to Evaluate the Efficacy and Safety of Assistive Artificial Intelligence-Based Software for Cervical Cancer Diagnosis	Kim et al., 2023	Ensaio clínico randomizado, duplo-cego, crossover realizado em dois centros, com 886 imagens cervicais avaliadas por quatro colposcopistas (dois experientes e dois inexperientes), com e sem o auxílio do sistema de IA Cerviray AI®. A eficácia foi medida por parâmetros como área sob a curva (AUC), sensibilidade, especificidade e acurácia.	Avaliar a viabilidade e eficácia de um sistema assistido por inteligência artificial para melhorar o diagnóstico de lesões intraepiteliais cervicais de alto grau, comparando o desempenho dos colposcopistas com e sem auxílio da IA.	O uso da IA aumentou significativamente a AUC (diferença de 0,12; $p < 0,001$), a sensibilidade (89,18% vs. 71,33%; $p < 0,001$), a especificidade (96,68% vs. 92,16%; $p < 0,001$) e a taxa de acurácia na classificação das lesões (86,40% vs. 75,45%; $p < 0,001$). A ferramenta beneficiou tanto colposcopistas experientes quanto inexperientes.	O sistema assistido por IA demonstrou ser um recurso eficaz para auxiliar colposcopistas no diagnóstico de lesões cervicais de alto grau, especialmente útil para profissionais menos experientes na definição do local para biópsia, podendo melhorar o rastreamento e diagnóstico do câncer cervical.

A Deep Learning Model for Cervical Cancer Screening on Liquid-Based Cytology Specimens in Whole Slide Images	Kanavati et al., 2022	Estudo piloto utilizando deep learning para classificar imagens de lâminas inteiras (whole-slide images, WSIs) de citologia líquida cervical em neoplásicas e não neoplásicas. Foram utilizados grandes conjuntos de treinamento (1605 WSIs) e testes (1468 WSIs) para validar o modelo.	Avaliar a capacidade de um modelo de deep learning para auxiliar no diagnóstico automático e rápido de citologias líquidas cervicais, facilitando a triagem de câncer cervical.	O modelo alcançou alta performance com áreas sob a curva ROC (AUC) variando entre 0,89 e 0,96 nas diferentes bases de teste, indicando forte potencial para suporte ao rastreamento cervical.	O uso de deep learning em WSIs de citologia líquida demonstra promissora aplicabilidade clínica, podendo automatizar e acelerar a triagem de câncer cervical, contribuindo para melhorar a eficiência em laboratórios e hospitais.
Artificial intelligence-assisted cytology for detection of cervical intraepithelial neoplasia or invasive cancer: A multicenter, clinical-based, observational study	Bao et al., 2020	Estudo observacional multicêntrico com 2.145 mulheres encaminhadas por programa organizado de rastreamento, entre março de 2017 e outubro de 2018. Foi utilizado um algoritmo supervisionado de deep learning treinado com 188.542 imagens digitais de citologia líquida.	Avaliar o desempenho da citologia assistida por inteligência artificial na detecção de lesões intraepiteliais cervicais (CIN) e câncer cervical, comparando com a leitura manual.	A leitura assistida por IA detectou 92,6% das lesões CIN 2 e 96,1% das CIN 3+, com sensibilidade equivalente e especificidade superior à leitura manual realizada por citologistas experientes. Em comparação com médicos de citologia, a IA apresentou maior sensibilidade e especificidade. Em mulheres HPV positivas, a IA melhorou a especificidade para lesões CIN1 ou menores, sem reduzir a sensibilidade.	A citologia assistida por IA pode ser uma ferramenta eficaz para triagem e diagnóstico primário do câncer cervical, com potencial para melhorar a precisão. Estudos adicionais são necessários para validação em populações gerais.
Diagnostic Efficacy of Enhanced Visual Assessment [Visual Check] for Triaging Cervical Cancer Screen Positive Women	Shamsunder et al., 2023	Estudo observacional transversal com 147 mulheres positivas no rastreamento cervical encaminhadas para colposcopia. A avaliação foi realizada por colposcopistas utilizando o sistema MobileODT EVA, que incorpora inteligência artificial para análise visual. A impressão do médico e o resultado do EVA Visual Check foram comparados com a análise histopatológica ou citológica, sendo que casos com citologia e colposcopia normais foram considerados normais sem biópsia.	Avaliar o desempenho do sistema Enhanced Visual Assessment (EVA Visual Check) com IA na triagem de mulheres positivas para lesões cervicais, comparando sua eficácia com o diagnóstico médico e padrão ouro histopatológico.	Para lesões CIN 1+, o EVA Visual Check apresentou sensibilidade de 86,8%, especificidade de 28,7%, valor preditivo positivo (VPP) de 40,7%, valor preditivo negativo (VPN) de 79,4% e acurácia diagnóstica de 49,7%. Para lesões CIN 2+, a sensibilidade foi de 89,3%, especificidade de 26,1%, VPP de 22,1%, VPN de 91,2% e acurácia de 38,1%.	O colposcópio MobileODT EVA com IA apresenta sensibilidade semelhante à do diagnóstico médico, embora com especificidade, VPP e VPN inferiores. O sistema pode ser uma ferramenta valiosa para triagem de mulheres positivas no rastreamento cervical, auxiliando no encaminhamento para manejo clínico adequado.

A precise machine learning model: Detecting cervical cancer using feature selection and explainable AI	Shakil et al., 2023	Seis modelos de machine learning aplicados a 858 casos, com técnicas de balanceamento de dados e seleção de características; explicabilidade via SHAP.	Criar modelo preditivo automatizado e interpretável para diagnóstico precoce do câncer cervical.	Árvore de decisão atingiu até 97,6% de acurácia e alta sensibilidade; explicabilidade do modelo foi eficaz.	Modelo promissor para melhorar detecção e manejo do câncer cervical com suporte à decisão clínica.
Artificial intelligence-assisted fast screening cervical high grade squamous intraepithelial lesion and squamous cell carcinoma diagnosis and treatment planning	Wang et al., 2023	Modelo de deep learning totalmente automatizado para análise de lesões cervicais em imagens de lâminas digitais (WSIs) de Papanicolaou.	Detectar rapidamente lesões de alto grau (HSIL) e carcinoma de células escamosas (SQCC) para acelerar encaminhamento e tratamento.	Alta precisão (0,93), sensibilidade (0,90) e desempenho superior a modelos U-Net e SegNet; processamento rápido (210 segundos por WSI), 20 vezes mais veloz.	Sistema eficaz e rápido para triagem clínica automatizada de lesões cervicais graves, potencializando diagnósticos e decisões terapêuticas.
A Comparative Analysis of Deep Learning Models for Automated Cross-Preparation Diagnosis of Multi-Cell Liquid Pap Smear Images	Benyes et al., 2022	Treinamento e comparação de 8 modelos de deep learning para diagnóstico multi-classe do sistema Bethesda em imagens de lâminas líquidas (SurePath e ThinPrep), com e sem adaptação de domínio Deep CORAL.	Desenvolver um modelo automatizado e clínico para classificação precisa de imagens de Papanicolaou em diferentes métodos de preparo.	Todas as arquiteturas superaram 90% de acurácia em SurePath; o modelo AE CNN, 99,8% menor, manteve 96,54%. Desempenho menor em ThinPrep, mas melhorou com adaptação de domínio, alcançando 92,65% com ResNet101.	Modelos promissores para diagnóstico automatizado, o artigo destaca a necessidade de soluções robustas que funcionem globalmente em diferentes métodos de preparo.
Cost-effectiveness of artificial intelligence-assisted liquid-based cytology testing for cervical cancer screening in China	Shen et al., 2023	Modelo de Markov simulando a progressão natural do câncer cervical em 100.000 mulheres de 30 anos, comparando 18 estratégias de triagem com três métodos (AI-assistida LBC, LBC manual e HPV-DNA) e diferentes frequências, sob a perspectiva do provedor de saúde.	Avaliar a relação custo-efetividade do teste de citologia líquida assistida por IA para rastreamento primário do câncer cervical na China.	Todas as estratégias foram custo-efetivas em relação à ausência de rastreamento (ICER de \$622 a \$24.482 por QALY). A estratégia mais custo-efetiva foi a triagem com LBC assistida por IA a cada 5 anos (ICER \$8790/QALY), com 55,4% de probabilidade de custo-efetividade. Sensibilidade e especificidade reduzidas em $\geq 10\%$ alteraram a frequência ideal para 3 anos. Redução no custo do teste HPV-DNA ou aumento do custo do AI-LBC mudaram a estratégia preferida.	A citologia líquida assistida por IA pode ser uma estratégia custo-efetiva para rastreamento do câncer cervical na China, especialmente em cenários de custos e desempenho favoráveis.

Cervical cancer screening aided by artificial intelligence, China	Zhu et al., 2023	Estudo observacional de implementação de um programa de rastreamento cervical em larga escala na Província de Hubei, China, entre 2017 e 2021, utilizando inteligência artificial integrada a um sistema online para análise citológica, com avaliação da performance, sustentabilidade e custos do programa. ao programa.	Implementar e avaliar a sustentabilidade, desempenho e custo de um programa assistido por IA para rastreamento do câncer cervical.	1.518.972 mulheres participaram; 97,09% com amostras válidas. Das 86.648 amostras positivas, 19.495 biopsias realizadas, com 2.785 lesões pré-cancerosas e 191 cânceres invasivos detectados. Custo médio por mulher: US\$ 6,31 (US\$ 1,03 administrativo e US\$ 5,28 triagem online).	O rastreamento com IA ofereceu serviço acessível, eficaz e de baixo custo, contribuindo para a cobertura universal do rastreamento cervical na China.
A low-cost platform for automated cervical cytology: addressing health and socioeconomic challenges in low-resource settings	Ocampo-López-Escalera et al., 2023	Estudo experimental aplicado com desenvolvimento e validação de plataforma tecnológica para análise automatizada de citologia cervical, utilizando modelos de inteligência artificial para classificação de imagens	Propor e validar um sistema acessível para leitura automática de lâminas citológicas cervicais, visando superar limitações de infraestrutura e falta de profissionais treinados em ambientes de poucos recursos.	Os modelos testados apresentaram desempenho robusto, com sensibilidades superiores a 90%. O modelo MobileNet destacou-se, alcançando sensibilidades de 98,26% e 97,95%, especificidades de 88,91% e 88,72%, e F-scores de 96,42% e 96,23% nos conjuntos de validação e teste, respectivamente.	O modelo MobileNet associado à plataforma de baixo custo mostrou-se efetivo para aplicação prática em triagem citológica, contribuindo para ampliar o acesso a diagnósticos precisos em regiões com recursos limitados.

Selecionados de acordo com: autor, ano de publicação, método, objetivo, resultados encontrados e conclusão. Fonte: Autoral.

DISCUSSÃO

História do rastreamento

Desde o século passado, o aumento da compreensão sobre o câncer de colo de útero levou a grandes avanços na diminuição de sua incidência. A implementação do exame Papanicolau na década de 1950, o descobrimento da correlação entre a doença e o HPV na década de 1980 e o desenvolvimento da vacina contra o HPV em 2006 foram grandes marcos que alteraram o curso da vida de milhões de mulheres (Swanson & Pantanowitz).

Hoje, reconhece-se que a erradicação global do câncer do colo do útero é um sonho possível. Infelizmente, mesmo diante de tamanho avanço científico, devido a infraestrutura de saúde precária e a ausência de uma estratégia de rastreamento organizada, a maioria dos países de baixa e média renda ainda está longe de alcançar

esse objetivo (Hou et al.). Embora a mortalidade por câncer cervical tenha diminuído em 70% nos Estados Unidos desde a introdução do rastreamento na década de 1950 (com 2 mortes por 100.000 mulheres em 2019), esse ainda é o quarto tipo de câncer mais comum entre as mulheres no mundo — maioria dos casos ocorre em países em desenvolvimento e subdesenvolvidos (Swanson & Pantanowitz, Goldstein et al.). Como parte do esforço contínuo para aumentar a eficácia e alcance do rastreamento e diagnóstico do câncer do colo do útero, é necessário continuar buscando por métodos e estratégias cada vez mais acessíveis e eficientes.

Tipos de IA

A Inteligência Artificial tem sido amplamente utilizada em diferentes etapas do manejo do câncer cervical, com destaque para algumas abordagens. Inicialmente, destaca-se a triagem automatizada de lâminas citológicas com o sistema AICyte, que atua sobre lâminas de ThinPrep e demonstrou desempenho comparável ao de patologistas humanos, atingindo 99,3% de sensibilidade na detecção de lesão intraepitelial escamosa de alto grau (HSIL) e câncer, além de permitir a exclusão segura de amostras negativas, reduzindo significativamente a carga de trabalho laboratorial (Bai, et al). Além desse método, redes neurais convolucionais como RetinaNet e Faster R-CNN têm sido empregadas para classificar imagens citológicas automaticamente, conseguindo identificar lesões do tipo ASCUS, LSIL e HSIL com sensibilidade de até 99,4%, o que amplia a agilidade e a precisão diagnóstica em ambientes com alto volume de exames (Mohammadi, et al). A IA também tem sido aplicada à colposcopia com o sistema Cerviray AI, que mostrou-se eficaz ao melhorar significativamente a sensibilidade (de 71,3% para 89,2%) e a especificidade (de 92,2% para 96,7%) na detecção de lesões de alto grau em um estudo duplo-cego com 886 imagens cervicais (KIM S, et al). Ademais, sistemas de apoio clínico como o CAIADS foram capazes de aumentar a sensibilidade diagnóstica para lesões CIN2+ e CIN3+ entre colposcopistas juniores, com redução do número de biópsias desnecessárias e maior eficiência no exame colposcópico (Zhang, et al). Por fim, o uso de aprendizado ativo em modelos de deep learning para análise de lâminas histológicas digitalizadas (WSI) permitiu o treinamento de modelos altamente precisos, alcançando quase 100% de acurácia na detecção de câncer cervical com menor necessidade de dados rotulados, o que reduz custos e acelera o desenvolvimento de sistemas autônomos de diagnóstico (Wei, et al).

Comparação quanto à velocidade

A inteligência artificial tem acelerado a detecção do câncer de colo do útero com alta eficácia e rapidez. O sistema AIATBS analisou esfregaços de citologia em tempos entre 66,3 s e 171,8 s, dependendo do método de preparação, com

média de 89,3 s a 107,2 s por amostra (Zhu, et al). Em termos de sensibilidade, a IA detectou 67,5% das lesões de alto grau, contra 40,9% da leitura manual (Liu, et al). Outro estudo apresentou um sistema com acurácia de 99,9%, sensibilidade de 99,8% e especificidade de 99,9% na análise de citologia líquida (Atteia, et al). Um modelo de redes neurais convolucionais (CNNs) atingiu AUC de 0,94 na detecção de anormalidades cervicais em lâminas digitais (Kurita, et al). Em colposcopia, o uso de deep learning permitiu distinguir lesões suspeitas com alta performance, útil especialmente em áreas com poucos especialistas (Tang, et al). Um sistema automatizado de detecção de células anormais atingiu 91,3% de acurácia (Gupta, et al). Outro modelo baseado em IA demonstrou desempenho semelhante ao de patologistas experientes na triagem de lesões intraepiteliais de alto grau (Du, et al). Assim, a IA reduz o tempo de triagem, aumenta a sensibilidade diagnóstica e contribui para um rastreamento mais eficiente e padronizado.

Comparação quanto ao custo

Em um estudo publicado em 2023, Shen et al comparam relação custo-efetividade entre três métodos de rastreamento primário do câncer do colo do útero na China: a citologia em meio líquido assistida por IA, a citologia em meio líquido manual e teste de DNA-HPV. Os autores concluem que o rastreamento a cada 5 anos utilizando a citologia em meio líquido assistida por IA é a estratégia mais custo-efetiva para ampliar o rastreamento do câncer do colo do útero na China. Entretanto, ponderam que uma redução de 13% no custo atual do teste de DNA-HPV o tornaria mais custo-efetivo do que o teste de citologia em meio líquido assistido por IA. Além disso, a sensibilidade e especificidade do teste assistido por IA estão associadas à qualidade da preparação das lâminas (que depende de uma coleta de amostras bem realizada pelos profissionais de saúde) e à qualidade dos dados e à eficiência dos algoritmos de deep learning. Portanto, embora a IA otimize o exame, a qualificação dos profissionais de saúde envolvidos na coleta continua sendo um fator importante para garantir sua eficácia (Ocampo-López-Escalera et al.).

Outro estudo publicado em 2023 avaliou um programa de rastreamento que integrava inteligência artificial e profissionais de saúde por meio de uma plataforma online. Os profissionais eram responsáveis pela coleta das amostras e pela preparação das lâminas. Após a digitalização, o sistema de inteligência artificial avaliava a adequação das lâminas e realizava uma análise citológica inicial, classificando as amostras como negativas ou positivas. Em seguida, os profissionais acessaram a plataforma para revisar os casos, confirmar os negativos e classificar os positivos de acordo com o Sistema Bethesda. Posteriormente, uma equipe de citopatologistas revisou todos os casos positivos e uma amostra aleatória de 10% dos negativos, validando os resultados. O estudo demonstrou que o programa

reduziu a dependência de um grande número de citopatologistas e proporcionou um serviço de baixo custo, acessível e eficaz para o rastreamento do câncer do colo do útero (Zhu et al.).

Aplicação em países subdesenvolvidos

Apesar de ser altamente prevenível, o câncer cervical persiste como uma doença comum e fatal, especialmente em regiões desprovidas de programas de rastreamento eficazes, como em países subdesenvolvidos (Holmström et al.). Nesse cenário, a incorporação da IA no exame de citologia oncológica pode possibilitar o rastreamento necessário e eficaz para o câncer do colo do útero em áreas onde os recursos são limitados (Harsono et al.).

Em um estudo realizado no sul da Índia e publicado em 2024, Poli et al explicam que em países de baixa e média renda muitas vezes adota-se a abordagem “rastrear e tratar”. Nela, faz-se a triagem do colo do útero com inspeção visual com aplicação de ácido acético seguida por tratamento ablativo imediato por enfermeiros em caso de teste positivo, o que resulta em uma alta taxa de excesso de tratamento. Os pesquisadores propuseram a implementação do algoritmo VIA-IA (Inspeção Visual com Ácido Acético assistida por Inteligência Artificial), que visa orientar profissionais de saúde em regiões rurais e remotas, permitindo-lhes tomar decisões clínicas mais precisas diretamente no local, sem a necessidade de supervisão médica direta. O impacto previsto é uma redução dos tratamentos desnecessários e dos custos financeiros associados. A ferramenta desenvolvida atingiu uma sensibilidade de 62,5% e uma especificidade de 97,6%, com uma acurácia ROC de 0,76 (Poli et al).

Outro estudo, realizado na Zâmbia, desenvolveu um algoritmo baseado em IA que detecta lesões pré-cancerígenas NIC2+ no colo do útero a partir de imagens capturadas com smartphones, denominado Automated Visual Evaluation (AVE) e contou com 8204 participantes entre 25 e 55 anos. A AUC do AVE foi 0,91 para todas as mulheres e 0,87 para mulheres com teste positivo para HPV de alto risco. Com uma sensibilidade de 85% e especificidade de 86%, o AVE se mostrou superior à inspeção visual com ácido acético sozinha, que tem sensibilidade descrita neste estudo de 66%, oferecendo assim um método mais confiável para o rastreamento e tratamento (Liming Hu et al.).

Aplicação em grandes populações

Em um estudo chinês publicado em 2024, características de 1.704.461 mulheres foram analisadas para avaliar o desempenho da IA em um programa de triagem de cobertura total, sendo a maioria das participantes mulheres advindas de zonas rurais, com 67,54% da população total rastreada. O estudo demonstrou que a IA

foi 87,5 vezes mais eficiente do que a leitura manual das lâminas. Além disso, o diagnóstico assistido por IA demonstrou ótima qualidade, com taxas de conformidade de 99% para esfregaços positivos e 100% para negativos, em comparação com citologistas. Todos os casos negativos e de NIC2+ foram corretamente identificados, com desvios mínimos restritos a lesões de baixo grau. Além disso, a IA foi menos propensa a subestimar a gravidade da lesão e também a não detectar as lesões, quando comparada à análise de patologistas. Outro fator relevante é o custo do rastreo, que ficou em \$6,89 por mulher rastreada, muito abaixo do custo padrão de \$22,48. Todos esses fatores demonstram que o diagnóstico com auxílio da IA é acessível, eficiente, confiável e custo-efetivo (Lu Ji et al.).

Outro estudo chinês, publicado em 2020 demonstrou resultados semelhantes. Utilizando amostras de 703.103 mulheres, esse estudo utilizou um sistema validado de citologia assistido por IA, que apresentou um índice de concordância de 94.7% com citopatologistas. Além disso, para NIC2+ e NIC3+, a IA foi mais sensível que a leitura humana. A IA também foi menos propensa a não detectar lesões ou a subestimar a gravidade delas. Isso demonstrou que determinado sistema pode ser utilizado como triagem primária para melhorar a precisão e eficiência no rastreamento de câncer cervical (Bao et al.). Ambos esses estudos demonstram que a utilização de IA no rastreo de câncer cervical pode ser utilizada como uma ferramenta de auxílio em políticas públicas voltadas ao rastreamento em larga escala.

Aceitação do uso de IA

Com o objetivo de explorar a aceitação e as percepções das mulheres sobre o uso de IA como ferramenta no rastreamento do câncer de colo do útero, Sachdeva et al. conduziram um estudo em Dschang, Camarões. A pesquisa contou com 32 participantes, com idades entre 30 e 49 anos, provenientes da área rural e urbana. Entrevistas foram gravadas em áudio e posteriormente transcritas. Os principais achados revelaram que o uso de IA foi visto como amplamente aceitável para as mulheres em Dschang, independentemente de sua condição socioeconômica e nível de educação. As participantes de todos os grupos focais reconheceram o benefício do uso de IA para aumentar a eficiência e precisão no diagnóstico. Contudo, o estudo ressalta a importância de informar as pacientes sobre as etapas do procedimento, suas vantagens e potenciais riscos. Considerando que o método utilizado na pesquisa envolve a captura de imagens do colo do útero, foi fundamental garantir às pacientes que essas imagens seriam de uso exclusivo dos profissionais de saúde, garantindo a confidencialidade. Em resumo, estudo destaca que para uma boa aceitação, é necessário garantir a confidencialidade dos dados, explicar claramente o método, oferecer oportunidades para tirar dúvidas e enfatizar que a IA atua como um auxílio no diagnóstico, e não como um substituto para a avaliação

médica completa (Sachdeva et al.). Para uma compreensão mais aprofundada da aceitação da IA em diversos contextos, novas pesquisas são necessárias, estendendo a análise a outras populações.

Barreiras

Apesar de todos os pontos positivos, ainda há muitas barreiras envolvidas. Um estudo camaronês sobre a utilização IA na inspeção visual com ácido acético trouxe à superfície alguns problemas relatados pelos profissionais de saúde, como: restrição de movimento do profissional de saúde devido à posição do smartphone; restrição da qualidade da imagem; preocupações com a confidencialidade de dados sensíveis; mudança no fluxo de trabalho que podem levar a dependência tecnológica e menosprezo da expertise médica; e acesso limitado a conexão com internet (Jonnalagedda-Cattin et al.). Além disso, Zhang et al investigam pontos problemáticos no estudo, desenvolvimento e uso de IA, como: o desperdício em pesquisa com modelos que nunca serão utilizados; pouca consideração dada a fatores do mundo real; e, principalmente, a dificuldade que modelos encontram em relação a interoperabilidade de dados e compatibilidade de hardware, particularmente em ambientes complexos (Zhang et al.). A superação dessas barreiras se torna fundamental para o estabelecimento da aplicação da IA na prevenção e detecção precoce do câncer cervical.

CONCLUSÃO

A aplicação da inteligência artificial na prevenção e detecção precoce do câncer cervical representa um avanço significativo no enfrentamento de um dos principais problemas de saúde pública feminina, especialmente em países de baixa e média renda. Evidências recentes demonstram que algoritmos de aprendizado profundo, aprendizado de máquina e sistemas multimodais têm potencial para aumentar a acurácia diagnóstica, padronizar interpretações e ampliar o acesso ao rastreamento, inclusive em áreas remotas. Tecnologias como a colposcopia automatizada, a citologia assistida por IA e os modelos preditivos baseados em dados clínicos e moleculares vêm mostrando resultados promissores, com sensibilidade e especificidade superiores aos métodos convencionais.

Contudo, a incorporação da IA na prática clínica ainda enfrenta desafios éticos, operacionais e financeiros. Questões relacionadas à privacidade de dados, ao viés algorítmico, à necessidade de validação em diferentes populações e à capacitação das equipes de saúde precisam ser abordadas de forma prioritária para garantir a equidade e a segurança na aplicação dessas tecnologias. Além disso, a integração da IA aos sistemas de saúde exige políticas públicas consistentes, investimentos

em infraestrutura digital e estratégias colaborativas entre governos, instituições acadêmicas e setor privado. As perspectivas indicam um cenário promissor, com o desenvolvimento de modelos mais robustos, integrativos e adaptados às realidades locais, além da ampliação do uso de dispositivos portáteis e plataformas de telemedicina para o rastreamento descentralizado. A colaboração internacional será essencial para o compartilhamento de bases de dados, a criação de benchmarks e a padronização de métricas que sustentem a adoção segura e eficaz da IA no diagnóstico do câncer cervical.

Diante dos achados desta revisão, reforça-se que a inteligência artificial, quando implementada com responsabilidade ética, rigor científico e compromisso com a equidade, pode se tornar um poderoso aliado na eliminação do câncer cervical como problema de saúde pública global, contribuindo para salvar vidas, reduzir desigualdades e promover a saúde da mulher de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

ALOHALI, M. A.; EL-RASHIDY, N.; ALAKLABI, S.; et al. **Swin-GA-RF: genetic algorithm-based Swin Transformer and random forest for enhancing cervical cancer classification.** *Frontiers in Oncology*, v. 14, 2024. Acesso em: 19/9/2024.

ARRIVILLAGA, M.; BERMÚDEZ, P. C.; GARCÍA-CIFUENTES, J. P.; et al. **Designing CITOBOT: A Portable Device for Cervical Cancer Screening Using Human-Centered Design, Smart Prototyping, and Artificial Intelligence.** *Computational and Structural Biotechnology Journal*, v. 24, p. 739–745, 2024. Elsevier BV. Acesso em: 2/3/2025.

BAI, X.; WEI, J.; STARR, D.; et al. **Assessment of Efficacy and Accuracy of Cervical Cytology Screening with Artificial Intelligence Assistive System.** *Modern Pathology*, v. 37, n. 6, p. 100486–100486, 2024. Elsevier BV.

BANERJEE, D.; MITTAL, S.; MANDAL, R.; BASU, P. **Screening technologies for cervical cancer: Overview.** *Cytojournal*, v. 19, p. 23, 2022. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9063504/>>.

BAO, H.; BI, H.; ZHANG, X.; et al. **Artificial Intelligence-Assisted Cytology for Detection of Cervical Intraepithelial Neoplasia or Invasive Cancer: A Multicenter, Clinical-Based, Observational Study.** *Obstetrical & Gynecological Survey*, v. 75, n. 12, p. 741–742, 2020. Lippincott Williams & Wilkins. Disponível em: <https://journals.lww.com/obgynsurvey/abstract/2020/12000/artificial_intelligence_assisted_cytology_for.15.aspx>. Acesso em: 26/3/2025.

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.** *Cancer Medicine*, v. 9, n. 18, p. 6896–6906, 2020. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7520355/>>. Acesso em: 21/4/2022.

CHAUHAN, R.; GOEL, A.; ALANKAR, B.; KAUR, H. **Predictive modeling and web-based tool for cervical cancer risk assessment: A comparative study of machine learning models.** *MethodsX*, v. 12, p. 102653, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016124001079#abs0001>>. Acesso em: 26/5/2024.

CHEN, W.; SHEN, W.; GAO, L.; LI, X. **Hybrid Loss-Constrained Lightweight Convolutional Neural Networks for Cervical Cell Classification.** *Sensors*, v. 22, n. 9, p. 3272, 2022. Acesso em: 4/6/2022.

CHENG, C.; YANG, Y.; QU, Y. **Exploration of Cervical Cancer Image Processing and Detection Based on URCNNs.** *Current Medical Imaging Formerly Current Medical Imaging Reviews*, v. 21, 2025. Bentham Science Publishers. Acesso em: 31/7/2025.

DU, H.; DAI, W.; ZHOU, Q.; et al. **AI-assisted system improves the work efficiency of cytologists via excluding cytology-negative slides and accelerating the slide interpretation.** *Frontiers in Oncology*, v. 13, 2023. Frontiers Media.

GHADA ATTEIA; MAALI ALABDULHAFITH; ABDALLAH, H. A.; NAGWAN ABDEL SAMEE; WALAA ALAYED. **Deep learning-based decision support system for cervical cancer identification in liquid-based cytology pap smears.** *Technology and Health Care*, 2025. IOS Press. Acesso em: 31/7/2025.

GOLDSTEIN, A.; GERSH, M.; SKOVRONSKY, G.; MOSS, C. **The Future of Cervical Cancer Screening.** *International journal of women's health*, v. 16, p. 1715–1731, 2024. New Zealand. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39464249/>>.

GUPTA, R.; KUMAR, N.; BANSAL, S.; et al. **Artificial Intelligence-driven Digital Cytology-based Cervical Cancer Screening: Is the Time Ripe to Adopt This Disruptive Technology in Resource-constrained Settings? A Literature Review.** *Journal of Digital Imaging*, v. 4, 2023. Acesso em: 2/7/2023.

HAMDI, M.; EBRAHIM MOHAMMED SENAN; BAKRI AWAJI; et al. **Analysis of WSI Images by Hybrid Systems with Fusion Features for Early Diagnosis of Cervical Cancer.** *Diagnostics*, v. 13, n. 15, p. 2538–2538, 2023. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Acesso em: 8/9/2024.

HANNAH AHMADZADEH SARHANGI; DORSA BEIGIFARD; ELAHE FARMANI; HAMIDREZA BOLHASANI. **Deep Learning Techniques for Cervical Cancer Diagnosis based on Pathology and Colposcopy Images**. Informatics in Medicine Unlocked, v. 47, p. 101503–101503, 2024. Elsevier BV. Acesso em: 8/10/2024.

HARINATH, L.; ELISHAEV, E.; YE, Y.; et al. **Diagnostic Performance of the Hologic Genius Digital Diagnostics System for Low-grade Squamous Intraepithelial Lesion (LSIL) ThinPrep Pap Tests**. Journal of the American Society of Cytopathology, 2025. Elsevier BV. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213294525000031>>. Acesso em: 12/2/2025.

HARSONO, A. B.; HADI SUSIARNO; DODI SUARDI; et al. **Results Comparison of Cervical Cancer Early Detection Using Cerviray with VIA Test**. Research Square (Research Square), 2024. Research Square (United States). Acesso em: 31/7/2025.

HARSONO, A. B.; SUSIARNO, H.; SUARDI, D.; et al. **Cervical pre-cancerous lesion detection: development of smartphone-based VIA application using artificial intelligence**. BMC Research Notes, v. 15, n. 1, 2022. Acesso em: 17/1/2023.

HOLMSTRÖM, O.; LINDER, N.; KAINGU, H.; et al. **Point-of-Care Digital Cytology With Artificial Intelligence for Cervical Cancer Screening in a Resource-Limited Setting**. JAMA Network Open, v. 4, n. 3, p. e211740, 2021.

HOU, X.; SHEN, G.; ZHOU, L.; et al. **Artificial Intelligence in Cervical Cancer Screening and Diagnosis**. Frontiers in Oncology, v. 12, 2022.

HU, L.; MWANAHAMUNTU, M. H.; SAHASRABUDDHE, V. V.; et al. **Internal validation of Automated Visual Evaluation (AVE) on smartphone images for cervical cancer screening in a prospective study in Zambia**. Cancer Medicine, v. 13, n. 11, 2024. Wiley. Acesso em: 14/1/2025.

IJAZ, M. F.; ATTIQUE, M.; SON, Y. **Data-Driven Cervical Cancer Prediction Model with Outlier Detection and Over-Sampling Methods**. Sensors, v. 20, n. 10, p. 2809, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/20/10/2809>>. Acesso em: 21/5/2021.

IKENBERG, H.; LIEDER, S.; AHR, A.; et al. **Comparison of the Hologic Genius Digital Diagnostics System with the ThinPrep Imaging System-A retrospective assessment**. Cancer Cytopathology, v. 131, n. 7, p. 424–432, 2023. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37068094/>>. Acesso em: 22/4/2024.

Jl, L.; YAO, Y.; YU, D.; et al. **Performance of a Full-Coverage Cervical Cancer Screening Program Using on an Artificial Intelligence– and Cloud-Based Diagnostic System: Observational Study of an Ultralarge Population.** Journal of Medical Internet Research, v. 26, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S1438887124008197>>.

JONNALAGEDDA-CATTIN, M.; MOUKAM DATCHOUA, A.; YAKAM, V. F.; et al. **Barriers and facilitators to the pre-adoption of computer-aided diagnosis tools for cervical cancer: A qualitative study on healthcare providers' perspectives in Western Cameroon (Preprint).** JMIR Cancer, 2023. Acesso em: 8/1/2025.

JOSÉ OCAMPO-LÓPEZ-ESCALERA; HÉCTOR OCHOA-DÍAZ-LÓPEZ; SÁNCHEZ-CHINO, X. M.; et al. **A low-cost platform for automated cervical cytology: addressing health and socioeconomic challenges in low-resource settings.** Frontiers in Medical Technology, v. 7, 2025. Frontiers Media. Acesso em: 12/7/2025.

KAKOTKIN, V. V.; SEMINA, E. V.; ZADORKINA, T. G.; AGAPOV, M. A. **Prevention Strategies and Early Diagnosis of Cervical Cancer: Current State and Prospects.** Diagnostics, v. 13, n. 4, p. 610, 2023. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9955852>>.

KALBHOR, M.; SHINDE, S.; WAJIRE, P.; JUDE, H. **CerviCell-detector: An object detection approach for identifying the cancerous cells in pap smear images of cervical cancer.** Heliyon, v. 9, n. 11, p. e22324, 2023. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10696000/>>. Acesso em: 3/8/2024.

KANAVATI, F.; HIROSE, N.; ISHII, T.; et al. **A Deep Learning Model for Cervical Cancer Screening on Liquid-Based Cytology Specimens in Whole Slide Images.** Cancers, v. 14, n. 5, p. 1159, 2022. Acesso em: 10/8/2022.

KARASU BENYES, Y.; WELCH, E. C.; SINGHAL, A.; OU, J.; TRIPATHI, A. **A Comparative Analysis of Deep Learning Models for Automated Cross-Preparation Diagnosis of Multi-Cell Liquid Pap Smear Images.** Diagnostics, v. 12, n. 8, p. 1838, 2022.

KIM, S.; AN, H.; CHO, H.-W.; et al. **Pivotal Clinical Study to Evaluate the Efficacy and Safety of Assistive Artificial Intelligence-Based Software for Cervical Cancer Diagnosis.** Journal of Clinical Medicine, v. 12, n. 12, p. 4024–4024, 2023. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Acesso em: 20/9/2023.

KIM, S.; LEE, H.; LEE, S.; et al. **Role of Artificial Intelligence Interpretation of Colposcopic Images in Cervical Cancer Screening.** Healthcare, v. 10, n. 3, p. 468, 2022.

KUDVA, V.; PRASAD, K.; GURUVARE, S. **Hybrid Transfer Learning for Classification of Uterine Cervix Images for Cervical Cancer Screening**. Journal of Digital Imaging, 2019.

KURITA, Y.; SHIORI MEGURO; ISAO KOSUGI; et al. **Enhancing cervical cancer cytology screening via artificial intelligence innovation**. Scientific Reports, v. 14, n. 1, 2024. Nature Portfolio. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-024-70670-6>>. Acesso em: 29/10/2024.

LAKSHMI HARINATH; ELISHAEV, E.; YE, Y.; et al. **Analysis of the sensitivity of high-grade squamous intraepithelial lesion Pap diagnosis and interobserver variability with the Hologic Genius Digital Diagnostics System**. Cancer Cytopathology, 2024. Wiley.

LEE, Y.-M.; LEE, B.; CHO, N.-H.; JAE HYUN PARK. **Beyond the Microscope: A Technological Overture for Cervical Cancer Detection**. Diagnostics, v. 13, n. 19, p. 3079–3079, 2023. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

LIU, D. **Analysis of effectiveness in an artificial intelligent film reading system combined with liquid based cytology examination for cervical cancer screening**. American Journal of Translational Research, v. 16, n. 9, p. 4979–4987, 2024. e-Century Publishing Corporation. Acesso em: 14/12/2024.

LIU, L.; LIU, J.; SU, Q.; et al. **Performance of artificial intelligence for diagnosing cervical intraepithelial neoplasia and cervical cancer: a systematic review and meta-analysis**. EClinicalMedicine, v. 80, p. 102992–102992, 2024. Elsevier BV. Disponível em: <[https://www.thelancet.com/journals/eclinm/article/PIIS2589-5370\(24\)00571-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/eclinm/article/PIIS2589-5370(24)00571-6/fulltext)>. Acesso em: 7/1/2025.

MEHMOOD, M.; RIZWAN, M.; GREGUS ML, M.; ABBAS, S. **Machine Learning Assisted Cervical Cancer Detection**. Frontiers in Public Health, v. 9, p. 788376, 2021. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8733205/>>. Acesso em: 30/3/2022.

MOHAMMADI, M.; FELL, C.; MORRISON, D.; et al. **Automated reporting of cervical biopsies using artificial intelligence**. PLOS Digital Health, v. 3, n. 4, p. e0000381–e0000381, 2024. Public Library of Science. Acesso em: 29/8/2024.

NETO, S.; FABIAN, L.; SILVA; et al. **O PAPEL DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO PRECOCE DE DOENÇAS GINECOLÓGICAS**. LUMEN ET VIRTUS, v. 16, n. 45, p. 712–723, 2025. JackBran Consult Ltda. Acesso em: 31/7/2025.

OUH, Y.-T.; KIM, T. J.; JU, W.; et al. **Development and validation of artificial intelligence-based analysis software to support screening system of cervical intraepithelial neoplasia**. Scientific Reports, v. 14, n. 1, p. 1957, 2024. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-024-51880-4>>.

PACAL, I. **Investigating deep learning approaches for cervical cancer diagnosis: a focus on modern image-based models**. European Journal of Gynaecological Oncology, v. 46, n. 1, p. 125–141, 2025.

PARHAM, G. P.; DIDEM EGEMEN; BEFANO, B.; et al. **Validation in Zambia of a cervical screening strategy including HPV genotyping and artificial intelligence (AI)-based automated visual evaluation**. Infectious Agents and Cancer, v. 18, n. 1, 2023. BioMed Central.

PERKINS, R. B.; SMITH, D. L.; JERONIMO, J.; et al. **Use of risk-based cervical screening programs in resource-limited settings**. Cancer Epidemiology, v. 84, p. 102369–102369, 2023. Acesso em: 26/7/2023.

POLI, U. R.; GUDLAVALLETI, A. G.; JAYA BHARADWAJ Y; et al. **Development and Clinical Validation of Visual Inspection With Acetic Acid Application-Artificial Intelligence Tool Using Cervical Images in Screen-and-Treat Visual Screening for Cervical Cancer in South India: A Pilot Study**. JCO Global Oncology, n. 10, 2024. Lippincott Williams & Wilkins. Acesso em: 31/1/2025.

SACHDEVA, M.; DATCHOVA, A. M.; VIRGINIE FLORE YAKAM; et al. **Acceptability of artificial intelligence for cervical cancer screening in Dschang, Cameroon: a qualitative study on patient perspectives**. Reproductive Health, v. 21, n. 1, 2024. BioMed Central.

SAMI, J.; LEMOUPA MAKAJIO, S.; JEANNOT, E.; et al. **Smartphone-Based Visual Inspection with Acetic Acid: An Innovative Tool to Improve Cervical Cancer Screening in Low-Resource Setting**. Healthcare, v. 10, n. 2, p. 391, 2022. Acesso em: 29/3/2022.

SANYAL, P.; GANGULI, P.; BARUI, S. **Performance characteristics of an artificial intelligence based on convolutional neural network for screening conventional Papanicolaou-stained cervical smears**. Medical Journal Armed Forces India, 2019. Acesso em: 25/10/2020.

SARITHA SHAMSUNDER; MISHRA, A.; KUMAR, A.; SACHIN KOLTE. **Automated Assessment of Digital Images of Uterine Cervix Captured Using Transvaginal Device—A Pilot Study**. Diagnostics, v. 13, n. 19, p. 3085–3085, 2023. Multidisciplinary Digital Publishing Institute.

SHAKIL, R.; ISLAM, S.; AKTER, B. **A precise machine learning model: Detecting cervical cancer using feature selection and explainable AI**. Journal of Pathology Informatics, p. 100398, 2024. Acesso em: 4/10/2024.

SHAMSUNDER, S.; MISHRA, A.; KUMAR, A.; et al. **Diagnostic Efficacy of Enhanced Visual Assessment [Visual Check] for Triaging Cervical Cancer Screen Positive Women**. Journal of Mid-life Health, v. 15, n. 2, p. 69–74, 2024. Medknow. Acesso em: 7/11/2024.

SHEN, M.; ZOU, Z.; BAO, H.; et al. **Cost-effectiveness of artificial intelligence-assisted liquid-based cytology testing for cervical cancer screening in China.** The Lancet Regional Health - Western Pacific, p. 100726, 2023.

SHUKLA, S.; DEO, B. S.; CHAITANYA VISHWAKARMA; et al. **A smartphone-based standalone fluorescence spectroscopy tool for cervical precancer diagnosis in clinical conditions.** Journal of Biophotonics, v. 17, n. 6, 2024. Wiley. Acesso em: 31/7/2025.

SREENATH MADATHIL; DHOUB, M.; LELONG, Q.; BOURASSINE, A.; MONSONEGO, J. A **multimodal deep learning model for cervical pre-cancers and cancers prediction: Development and internal validation study.** Computers in Biology and Medicine, v. 186, p. 109710–109710, 2025. Elsevier BV. Acesso em: 31/7/2025.

SUDHAKAR, K.; D. SARAVANAN; HARIHARAN, G.; et al. **Optimised feature selection-driven convolutional neural network using gray level co-occurrence matrix for detection of cervical cancer.** Open Life Sciences, v. 18, n. 1, 2023. De Gruyter Open.

SUN, L.; YANG, L.; LIU, X.; et al. **Optimization of Cervical Cancer Screening: A Stacking-Integrated Machine Learning Algorithm Based on Demographic, Behavioral, and Clinical Factors.** Frontiers in Oncology, v. 12, p. 821453, 2022. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35242711/>>. Acesso em: 10/7/2024.

SWANSON, A. A.; PANTANOWITZ, L. **The evolution of cervical cancer screening.** Journal of the American Society of Cytopathology, v. 13, n. 1, p. 10–15, 2024. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37865567/>>.

SYED RAKIN AHMED; BEFANO, B.; LEMAY, A.; et al. **Reproducible and clinically translatable deep neural networks for cervical screening.** Scientific Reports, v. 13, n. 1, 2023. Nature Portfolio. Acesso em: 23/8/2024.

TALATHI, M. A.; DABHADKAR, S.; DOKE, P. P.; SINGH, V. **Accuracy of the AI-Based Smart Scope® Test as a Point-of-Care Screening and Triage Tool Compared to Colposcopy: A Pilot Study.** Cureus, 2025. Springer Science and Business Media LLC. Acesso em: 31/7/2025.

TANG, H.; CAI, D.; KONG, Y.; et al. **Cervical cytology screening facilitated by an artificial intelligence microscope: A preliminary study.** Cancer Cytopathology, 2021. Acesso em: 2/7/2021.

TUN, H. M.; RAHMAN, H. A.; NAING, L.; MALIK, O. A. **Artificial intelligence utilization in cancer screening program across ASEAN: a scoping review.** BMC cancer, v. 25, n. 1, p. 703, 2025. England. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40234807/>>.

VARGAS-CARDONA, H. D.; RODRIGUEZ-LOPEZ, M.; ARRIVILLAGA, M.; et al. **Artificial intelligence for cervical cancer screening: Scoping review, 2009-2022**. International Journal of Gynaecology and Obstetrics: The Official Organ of the International Federation of Gynaecology and Obstetrics, 2023. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37811597/>>. Acesso em: 20/10/2023.

VIÑALS, R.; JONNALAGEDDA, M.; PETIGNAT, P.; THIRAN, J.-P.; VASSILAKOS, P. **Artificial Intelligence-Based Cervical Cancer Screening on Images Taken during Visual Inspection with Acetic Acid: A Systematic Review**. Diagnostics, v. 13, n. 5, p. 836, 2023. Acesso em: 13/5/2023.

WANG, C.-W.; LIOU, Y.-A.; LIN, Y.-J.; et al. **Artificial intelligence-assisted fast screening cervical high grade squamous intraepithelial lesion and squamous cell carcinoma diagnosis and treatment planning**. Scientific Reports, v. 11, n. 1, p. 16244, 2021. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-021-95545-y>>. Acesso em: 1/3/2022.

WANG, J.; YU, Y.; TAN, Y.; et al. **Artificial intelligence enables precision diagnosis of cervical cytology grades and cervical cancer**. Nature communications, v. 15, n. 1, 2024. Nature Portfolio.

WANG, W.; TIAN, Y.; XU, Y.; et al. **3cDe-Net: a cervical cancer cell detection network based on an improved backbone network and multiscale feature fusion**. BMC Medical Imaging, v. 22, n. 1, 2022. BioMed Central. Acesso em: 31/7/2025.

WEI, Y.; WANG, W.; CHENG, M.; et al. **Clinical evaluation of a real-time optoelectronic device in cervical cancer screening**. European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology, v. 266, p. 182–186, 2021. Elsevier BV. Acesso em: 31/7/2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Cervical Cancer**. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cervical-cancer>>.

WU, T.; LUCAS, E.; ZHAO, F.; BASU, P.; QIAO, Y. **Artificial intelligence strengthens cervical cancer screening – present and future**. Cancer Biology & Medicine, p. 1–16, 2024.

XIAO, X.; YI, X.; SOE, N. N.; et al. **A web-based tool for cancer risk prediction for middle-aged and elderly adults using machine learning algorithms and self-reported questions**. Annals of Epidemiology, v. 101, p. 27–35, 2024. Elsevier BV. Acesso em: 31/7/2025.

XUE, P.; NG, M. T. A.; QIAO, Y. **The challenges of colposcopy for cervical cancer screening in LMICs and solutions by artificial intelligence**. BMC Medicine, v. 18, n. 1, 2020. Acesso em: 28/3/2022.

XUE, P.; XU, H.-M.; TANG, H.-P.; et al. **Improving the Accuracy and Efficiency of Abnormal Cervical Squamous Cell Detection With Cytologist-in-the-Loop Artificial Intelligence.** *Modern Pathology*, v. 36, n. 8, p. 100186–100186, 2023. Elsevier BV. Acesso em: 1/12/2024.

YANG, W.; JIN, X.; HUANG, L.; et al. **Clinical evaluation of an artificial intelligence-assisted cytological system among screening strategies for a cervical cancer high-risk population.** *BMC cancer*, v. 24, n. 1, p. 776, 2024. England. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38937664/>>.

YANG, Z.; FRANCISCO, J.; REESE, A. S.; et al. **Addressing cervical cancer screening disparities through advances in artificial intelligence and nanotechnologies for cellular profiling.** *Biophysics Reviews*, v. 2, n. 1, 2021. American Institute of Physics. Acesso em: 29/2/2024.

ZHANG, J.; BUDHDEO, S.; WILLIAM, W.; et al. **Moving towards vertically integrated artificial intelligence development.** *npj Digital Medicine*, v. 5, n. 1, 2022.

ZHANG, Z.; ZHANG, C.; XIAO, L.; ZHANG, S. **Diagnosis of Early Cervical Cancer with a Multimodal Magnetic Resonance Image under the Artificial Intelligence Algorithm.** (M. Pallikonda Rajasekaran, Org.) *Contrast Media & Molecular Imaging*, v. 2022, p. 1–8, 2022. Acesso em: 24/8/2022.

ZHAO, Y.; FU, C.; XU, S.; CAO, L.; MA, H. **LFANet: Lightweight feature attention network for abnormal cell segmentation in cervical cytology images.** *Computers in Biology and Medicine*, v. 145, p. 105500, 2022. Acesso em: 27/6/2022.

ZHU, X.; LI, X.; ONG, K.; et al. **Hybrid AI-assistive diagnostic model permits rapid TBS classification of cervical liquid-based thin-layer cell smears.** *Nature Communications*, v. 12, n. 1, 2021.

ZHU, X.; YAO, Q.; DAI, W.; et al. **Cervical cancer screening aided by artificial intelligence, China.** *Bulletin of the World Health Organization*, v. 101, n. 06, p. 381–390, 2023.