



УДК 618.146

DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM640828>

© This work is licensed under CC BY 4.0

© Authors, 2024

# Цервикальный скрининг и искусственный интеллект

А.В. Колсанова<sup>1</sup>, С.М. Чечко<sup>1</sup>, Е.Ф. Кира<sup>2</sup>, А.Р. Шамшатдинова<sup>1</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России  
(Самара, Российская Федерация)<sup>2</sup>АО ГК «МЕДСИ», Медицинская академия (Москва, Российская Федерация)

## Аннотация

Применение искусственного интеллекта в гинекологии находится в настоящее время на начальном этапе. На основе искусственного интеллекта уже созданы программы для чтения цитологических изображений, идентификации вируса папилломы человека и кольпоскопии, что повышает доступность визуального скрининга для женщин, в том числе проживающих в отдаленных районах. Применение систем искусственного интеллекта для цервикального скрининга способствует улучшению своевременной диагностики рака шейки матки.

В обзоре представлены результаты зарубежных и отечественных научных работ, посвященных технологиям использования искусственного интеллекта для выполнения цитологического исследования и кольпоскопии. Поиск источников литературы, опубликованных в период с 2019 по 2024 год, проводился на платформе PubMed. Поискные запросы включали следующие ключевые слова: "cervical screening", "artificial intelligence in gynecology", "artificial intelligence in colposcopy", "artificial intelligence in cervical screening".

Установлено, что программы искусственного интеллекта для интерпретации мазка по Папаниколау (AI-Pap) на 5,8% более чувствительны к обнаружению CIN2+, чем ручной подсчет, с небольшим снижением специфичности.

В исследованиях на основе обработки искусственным интеллектом кольпоскопических картин процент совпадения результатов и гистологическим заключением был выше, чем при интерпретации врачами-специалистами, на 16,64%. При идентификации HSIL+ искусственным интеллектом выявлена более высокая чувствительность, на 11,5% превышающая заключение кольпоскописта, в то время как специфичность была практически сопоставима. Кроме того, программы на основе ИИ оказались более точными в прогнозировании мест проведения биопсии.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, цервикальный скрининг, цифровая кольпоскопия.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

## Для цитирования:

Колсанова А.В., Чечко С.М., Кира Е.Ф., Шамшатдинова А.Р.

**Цервикальный скрининг и искусственный интеллект.***Наука и инновации в медицине.* 2024;9(4):246-250.DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM640828>

## Сведения об авторах

**Колсанова А.В.** – д-р мед. наук, доцент, заведующая кафедрой акушерства и гинекологии института педиатрии.ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9483-8909>E-mail: [a.v.kazakova@samsmu.ru](mailto:a.v.kazakova@samsmu.ru)**Чечко С.М.** – ассистент кафедры акушерства и гинекологии института педиатрии.ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3890-9944>E-mail: [s.m.chechko@samsmu.ru](mailto:s.m.chechko@samsmu.ru)**Кира Е.Ф.** – д-р мед. наук, профессор, академик РАЕН, советник медицинского директора.ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1376-7361>E-mail: [profkira33@gmail.com](mailto:profkira33@gmail.com)**Шамшатдинова А.Р.** – ординатор 1 года обучения кафедры акушерства и гинекологии ИПО, старший лаборант кафедры акушерства и гинекологии института педиатрии.ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5765-2361>E-mail: [a.r.shamshatdinova@samsmu.ru](mailto:a.r.shamshatdinova@samsmu.ru)

## Автор для переписки

**Чечко Светлана Михайловна**

Адрес: Самарский государственный медицинский университет, ул. Чапаевская, 89, г. Самара, Россия, 443099.

E-mail: [s.m.chechko@samsmu.ru](mailto:s.m.chechko@samsmu.ru)

## Список сокращений

ИИ – искусственный интеллект, РШМ – рак шейки матки, HSIL – high grade squamous intraepithelial lesions, CIN – Cervical Intraepithelial Neoplasia, ML – Machine Learning, DL – Deep Learning, ВПЧ (HPV) – вирус папилломы человека, human papillomavirus, CAIADS – Colposcopic Artificial Intelligence Auxiliary Diagnostic System.

**Получено:** 03.11.2024**Одобрено:** 23.11.2024**Опубликовано:** 02.12.2024

# Cervical screening and artificial intelligence

Anna V. Kolsanova<sup>1</sup>, Svetlana M. Chechko<sup>1</sup>, Evgenii F. Kira<sup>2</sup>, Aliya R. Shamshatdinova<sup>1</sup><sup>1</sup>Samara State Medical University (Samara, Russian Federation)<sup>2</sup>MEDSI Group of Companies, Medical Academy (Moscow, Russian Federation)

## Abstract

Currently, the use of artificial intelligence (AI) in gynecology is at the initial stage of its implementation. However, despite the relatively short period of using the latest technologies, AI-based systems are gaining momentum, becoming a powerful tool in analysis, diagnosis, and clinical visualization in the practical work of obstetricians and gynecologists around the world. AI-based programs for reading cytological images, human papilloma virus (HPV) identification and colposcopy have been created to date, which makes it possible to increase the availability of visual screening for women.

The review presents the main categories of AI, including machine learning methods, and includes foreign and domestic research on AI-based technologies for performing cytological examination and colposcopy, published between 2019 and 2024. The search for literature sources was performed on the PubMed platform. The search queries included the following keywords: "cervical

screening", "artificial intelligence in gynecology", "artificial intelligence in colposcopy", "artificial intelligence in cervical screening".

It was found that AI programs for the interpretation of Pap smear (AI-Pap) are 5.8% more sensitive to the detection of CIN2+ than manual counting with a slight decrease in specificity.

In studies based on AI processing of colposcopic images, the percentage of coincidence between the results and the histological conclusion was higher than when interpreted by specialist doctors by 16.64%. When identifying HSIL+ with artificial intelligence, a higher sensitivity was revealed, 11.5% higher than the conclusion of the colposcopist, while the specificity was practically comparable. In addition, AI-based programs have proven to be more accurate in predicting biopsy sites.

**Keywords:** artificial intelligence, digital colposcopy, cervical screening.

**Conflict of Interest:** nothing to disclose.

**Citation**

Kolsanova AV, Chechko SM, Kira EF, Shamshatdinova AR. **Cervical screening and artificial intelligence.** *Science and Innovations in Medicine.* 2024;9(4):246-250. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM640828>

**Information about authors**

**Anna V. Kolsanova** – PhD, Associate professor, Head of the Department of Obstetrics and Gynecology of the Institute of Pediatrics.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9483-8909>

E-mail: [a.v.kazakova@samsmu.ru](mailto:a.v.kazakova@samsmu.ru)

**Svetlana M. Chechko** – assistant of the Department of Obstetrics and Gynecology at the Institute of Pediatrics.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3890-9944>

E-mail: [s.m.chechko@samsmu.ru](mailto:s.m.chechko@samsmu.ru)

**Evgenii F. Kira** – PhD, Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Advisor to the Medical Director.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1376-7361>

E-mail: [profkira33@gmail.com](mailto:profkira33@gmail.com)

**Aliya R. Shamshatdinova** – 1-year resident of the Department of Obstetrics and Gynecology of the IPE, senior laboratory assistant of the Department of Obstetrics and Gynecology of the Institute of Pediatrics.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5765-2361>

E-mail: [a.r.shamshatdinova@samsmu.ru](mailto:a.r.shamshatdinova@samsmu.ru)

**Corresponding author**

**Svetlana M. Chechko**

Address: Samara State Medical University,

89 Chapaevskaya st., Samara, Russia, 443099.

E-mail: [s.m.chechko@samsmu.ru](mailto:s.m.chechko@samsmu.ru)

Received: 03.11.2024

Accepted: 23.11.2024

Published: 02.12.2024

**■ АКТУАЛЬНОСТЬ**

В последние годы количество разработок в области технологий искусственного интеллекта (ИИ) значительно выросло [1]. Нет такой сферы жизни человека, куда бы он не проник. В медицине ИИ применяется практически в каждой специальности: для диагностики и лечения заболеваний, анализа рисков, выполнения хирургических операций, разработки лекарств, в скрининге, статистике [2, 3]. Мир сталкивается с постоянно растущими требованиями к предоставлению более качественного глобального здравоохранения, система которого борется с увеличением заболеваемости и затрат в медицине [5].

Искусственный интеллект – это общее понятие, которое подразумевает использование машинного труда для моделирования интеллектуального поведения с минимальным вмешательством человека. Впервые этот термин был официально озвучен на летнем семинаре в Дартмутском колледже в 1956 году, когда самые ранние модели ИИ пытались воспроизвести работу одного нейрона. Простые системы обладали примитивными функциями ввода-вывода. Атмосфера всеобщего недоверия к разработкам технологий ИИ привела к так называемой «первой зиме ИИ» с 1974 по 1980 год, сменившись периодом «новых надежд», который продлился до 1987 года. Далее наступила «вторая зима ИИ», которая закончилась лишь в 1993 году [5]. Возникла новая волна интереса к ИИ, которая была связана с увеличением вычислительной мощности, созданием более сложных систем, что в конечном итоге стало основой современных нейронных сетей [6–8].

Устройства ИИ делятся на две основные категории. Первая включает в себя методы машинного обучения (Machine Learning, ML), которые анализируют структурированные данные: группируют данные пациентов или делают вывод о вероятности исходов заболевания. К его подвиду относится глубокое обучение (Deep Learning, DL). Методы ML могут быть контролируруемыми и неконтролируемыми [9]. Контролируемый алгоритм использует набор данных, который содержит входные функции, помеченные в начале обучения, для сопоставления и установления значимых отношений между входными данными и соответствующими выходными, а также для создания модели, которая способна различать выходные метки. Затем обученная модель делает прогнозы на основе новых полученных данных [10]. Неконтролируемые модели – это системы, управляемые данными, которые автоматически извлекают уроки из взаимоотношений между элементарными битами информации, связанных с каждой переменной набора данных [11]. Вторая категория включает в себя

методы обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP), которые структурируют имеющуюся информацию, например, для создания медицинских баз [9].

Несмотря на неугасающие споры по поводу необходимости и пользы внедрения в практику ИИ, остановить этот процесс уже невозможно. Бесспорно, к положительным аспектам внедрения ИИ относятся возможность его применения в монотонной, тяжелой работе; непрерывность обучения; способность анализировать и упорядочивать большие базы данных за короткое время; отсутствие эмоций и субъективного отношения, что помогает в принятии решений; сосредоточенность на конкретной задаче; возможность круглосуточной работы без потери качества.

Противники внедрения ИИ ссылаются на уменьшение количества рабочих мест для людей в определенных секторах (забывая, правда, что во многих сферах, в частности в медицине, имеет место кадровый дефицит, и особенно катастрофически выглядит ситуация с медицинскими работниками в отдаленных местностях). Также машина, по их мнению, не способна мыслить дальше поставленной задачи, а может выполнять только то, на что запрограммирована. К недостаткам в этой области относят и существенные затраты на производство соответствующего оборудования [13].

**■ ЦЕЛЬ**

Обзор программ искусственного интеллекта для выполнения цервикального скрининга и кольпоскопии.

*Стратегии поиска.* Поиск литературы, посвященной технологиям искусственного интеллекта для выполнения цитологического исследования и кольпоскопии, был произведен на платформе PubMed. Анализируются работы, опубликованные в период с 2019 по 2024 год. Ключевые слова запросов: “cervical screening”, “artificial intelligence in gynecology”, “artificial intelligence in colposcopy”, “artificial intelligence in cervical screening”.

**■ ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ЦЕРВИКАЛЬНОГО СКРИНИНГА**

На протяжении последних 15 лет актуальной проблемой в гинекологии остается стабильно высокий уровень заболеваемости раком шейки матки (РШМ) [14, 15]. Основная причина – недостаточный охват населения цервикальным скринингом и вакцинацией. Особенно остро проблема стоит в странах с низким уровнем дохода, где недоступна квалифицированная медицинская помощь ввиду нехватки кадров и финансового дефицита. Реализация цервикального скрининга требует лабораторного оснащения,

транспортировки образцов, многократных посещений для выполнения скрининга и лечения, а также привлечения высококвалифицированных цитологов и кольпоскопистов. Оснащение медицинских учреждений устройствами ИИ во многом решает проблему [16–18]. На сегодняшний день уже созданы программы для чтения цитологических изображений, идентификации вируса папилломы человека (ВПЧ) и кольпоскопии.

На основе 188 542 цифровых цитологических изображений с помощью DL была создана программа ИИ для интерпретации мазка по Папаниколау (AI-Pap). За эталон был принят результат гистологического исследования. В исследование было включено 2145 женщин, у каждой из них был произведен забор двух образцов с шейки матки, один из которых интерпретировала AI-Pap, другой – опытный цитолог. AI-Pap обнаружил 92,6% CIN 2 и 96,1% CIN 3+, что сопоставимо или лучше результатов ручного подсчета. Анализ с помощью ИИ имел эквивалентную чувствительность (относительная чувствительность 1,01) и более высокую специфичность (относительная специфичность – 1,26) по сравнению с выводами опытных цитологов. У ВПЧ-положительных женщин чтение образцов с помощью программы увеличивало специфичность для CIN 1 и меньше, без снижения чувствительности по сравнению с ручным подсчетом [19, 20].

Н. Вао и соавт. (2020) с помощью этой программы ИИ провели цитологическое исследование с участием 703 103 женщин, из которых 98 549 были независимо проверены цитологами. Совпадение заключений AI-Pap и ручного метода составило 94,7%. При этом цитологическое заключение ИИ было на 5,8% более чувствительно к обнаружению CIN2+, чем ручное, с небольшим снижением специфичности [21].

Исследование, опубликованное в 2023 году, включало 3514 женщин, 13,9% из которых были инфицированы ВПЧ. Оценивалась чувствительность программы ИИ для оценки результатов жидкостной цитологии (AI-LBC), которая была сопоставима с ручным подсчетом цитологами (86,49% против 83,78%). При этом была значительно выше, чем типирование HPV16/18 при обнаружении CIN2+ (86,49% против 54,05%), в то время как специфичность AI-LBC была значительно ниже, чем при идентификации ВПЧ 16/18 типов (51,33% против 87,17%), но выше, чем у цитологов при обнаружении CIN2+ (51,33% против 40,93%). AI-LBC сократил направление на кольпоскопию примерно на 10% по сравнению с ручным подсчетом, что сокращает материальные затраты. Подобные закономерности также наблюдались для CIN3+ [22, 23].

Исследование, проведенное в Китае, выявило, что высокая стоимость создания программ ИИ оправдывает себя. Применение AI-LBC для интерпретации результатов жидкостной цитологии раз в 5 лет может быть более экономически эффективным, чем привлечение цитологов [24].

## ■ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ДЛЯ КОЛЬПОСКОПИИ

В последние годы технологии ИИ стремительно развиваются в диагностике злокачественных новообразований, таких как рак молочной железы, опухоли желудочно-кишечного тракта [25, 26]. В гинекологии применение

методов визуализации также набирает обороты, и прежде всего это касается кольпоскопии [27]. Дефицит высококвалифицированных специалистов в этой области отмечают во всем мире. А основным недостатком метода является его «операторозависимость», так как результаты чувствительности и специфичности варьируют в широких пределах, что диктует необходимость оснащения кольпоскопов технологией ИИ [28–32].

Система Faster R-CNN была создана на основе DL при обработке в период с 1993 по 2000 год изображений шейки матки 9406 женщин Коста-Рики с помощью метода цервикогграфии, который в настоящее время не используется. Он основан на интерпретации двух фотографий шейки матки, которые были сделаны каждой пациентке после нанесения уксусной кислоты с помощью цервикоскопа – пленочной камеры с фиксированным фокусом и кольцевым освещением. В результате данная разработка способна выявить в 55,7% случаев CIN 2+ у женщин в возрасте от 25 до 49 лет [30–31].

В Китае разработана система Colposcopic Artificial Intelligence Auxiliary Diagnostic System (CAIADS). Для ее создания было отобрано 19 435 анонимных цифровых записей пациентов из шести больниц. Записи включали кольпоскопические изображения, клинические данные и результаты гистологического исследования, которые являлись «золотым стандартом». Процент совпадения результатов CAIADS с гистологическим заключением был выше, чем при интерпретации врачами-специалистами (82,2% против 65,9%). При идентификации HSIL+ CAIADS показал более высокую чувствительность, чем заключение кольпоскописта (71,9% против 60,4%), в то время как специфичность была сопоставима (93,9% против 94%) [32–35].

Aiyuan Wu и соавт. (2023) тестировали систему CAIADS и результаты, полученные опытным и начинающим кольпоскопистом. Для обнаружения CIN2+ и CIN3+ CAIADS показал чувствительность на уровне 80%, которая была практически сопоставима с результатами опытного кольпоскописта (для CIN2+: 80,6% против 91,3%; CIN3+: 80,0% против 90,0%). При сравнении показателей CAIADS и начинающего кольпоскописта показатели чувствительности AI были выше (для CIN2+: 95,1% против 79,6%; для CIN3+: 97,1% против 85,7%). При обнаружении рака шейки матки CAIADS достигла самой высокой чувствительности на 100% [36].

CerviCARE AI (Корея) – система ИИ для анализа кольпоскопических изображений, реализуемая с помощью системы TeleCervicography. Для ее создания был отобран 33 531 снимок для последующего анализа. 9639 увеличенных фотографий было использовано для обучения распознаванию шейки матки. Далее проводилась предварительная обработка изображений (резка (Images sharpening), выравнивание гистограммы (Histogram equalization), CLAHE). На 22 725 снимках было проведено обучение для классификации предраковых поражений и РШМ. Оценка эффективности модели тестировалась на 400 изображениях, которые не были использованы в процессе обучения. При первичной проверке чувствительность CerviCARE AI к цервикальным поражениям высокой степени составляет 98,0%. При вторичной проверке для общей популяции чувствительность достигла 97,5%, специфичность 95,5% [37, 38].

Еще одна система ИИ CerviRay AI (Сеул, Корея) создана с использованием более 10 000 кольпоскопических изображений, которые были введены в алгоритм обучения, наряду с результатами гистологических исследований и клиническими данными. Система CerviRay AI выдает один из вариантов заключения: норма, CIN 1, CIN 2-3 или рак. Проведено тестирование данной системы с участием 234 женщин. Все кольпоскопические изображения были интерпретированы двумя опытными специалистами в области кольпоскопии и системой CerviRay AI [39, 40]. Чувствительность ИИ составила 74,14%, специфичность 83,05%. Чувствительность метода в исполнении докторов составила 71,55% и 69,83%, специфичность 87,29% и 81,36% соответственно.

Научные сотрудники ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Минздрава России совместно со специалистами ФГАОВ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» с 2021 года занимаются разработкой программы ИИ для чтения и интерпретации кольпоскопических изображений. Уже создана база данных «Регистр кольпоскопических изображений, полученных в ходе обследования пациенток с заболеванием шейки матки» (№2023620209), которая продолжает пополняться для

обучения отечественной программы ИИ для кольпоскопов. Данная разработка будет внедрена в цифровой портативный кольпоскоп отечественного производства (патент на полезную модель №222399), разработанный на базе ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

## ■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИИ в медицине является важным инструментом совершенствования врачебной деятельности специалистов. Разработанные системы диагностики, основанные на ИИ, позволяют диагностировать заболевания и прогнозировать их, а синергия ИИ и врача может значительно повысить эффективность лечения различных заболеваний, улучшить имеющиеся клинические стандарты оказания медицинской помощи.

ИИ в гинекологии – прогрессивно развивающееся направление, в котором нашли отражение различные способы клинической визуализации, цервикального скрининга и цифровой кольпоскопии. Современные достижения зарубежных и отечественных разработок в области применения ИИ значительно способствуют повышению доступности методов визуального скрининга. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
<b>Источник финансирования.</b> Исследование проводилось без спонсорской поддержки.	<b>Study funding.</b> This research received no external funding.
<b>Конфликт интересов.</b> Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	<b>Conflict of interest.</b> The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
<b>Участие авторов.</b> А.В. Колсанова – разработка концепции исследования, редактирование текста. С.М. Чечко – сбор и обработка научного материала, написание текста статьи. Е.Ф. Кира – техническая доработка текста, редактирование текста статьи. А.Р. Шамшатдинова – анализ литературы, написание текста статьи.	<b>Contribution of individual authors.</b> A.V. Kolsanova – development of the research concept, text editing; S.M. Chechko – collection and processing of scientific material, writing of the text of the article; E.F. Kira – technical revision of the text, editing of the text of the article; A.R. Shamshatdinova – literature analysis, writing of the text of the article.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Dhombres F, Bonnard J, Bailly K, et al. Contributions of Artificial Intelligence Reported in Obstetrics and Gynecology Journals: Systematic Review. *J Med Internet Res.* 2022;24(4):e35465. DOI: <https://doi.org/10.2196/35465>
- Yin J, Ngiam KY, Teo HH. Role of Artificial Intelligence Applications in Real-Life Clinical Practice: Systematic Review. *J Med Internet Res.* 2021;23(4):e25759. DOI: <https://doi.org/10.2196/25759>
- Xu J, Xue K, Zhang K. Current status and future trends of clinical diagnoses via image-based deep learning. *Theranostics.* 2019;9(25):7556-7565. DOI: <https://doi.org/10.7150/thno.38065>
- Francesconi E. The winter, the summer and the summer dream of artificial intelligence in law: Presidential address to the 18th International Conference on Artificial Intelligence and Law. *Artif Intell Law (Dordr).* 2022;30(2):147-161. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10506-022-09309-8>

- Ashrafian H, Darzi A, Athanasiou T. A novel modification of the Turing test for artificial intelligence and robotics in healthcare. *Int J Med Robot.* 2015;11(1):38-43. DOI: <https://doi.org/10.1002/rcs.1570>
- Hamet P, Tremblay J. Artificial intelligence in medicine. *Metabolism.* 2017;69:36-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>
- Muthukrishnan N, Maleki F, Ovens K, et al. Brief History of Artificial Intelligence. *Neuroimaging Clin N Am.* 2020;30(4):393-399. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nic.2020.07.004>
- Howard J. Artificial intelligence: Implications for the future of work. *Am J Ind Med.* 2019;62(11):917-926. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajim.23037>
- Jiang F, Jiang Y, Zhi H, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke Vasc Neurol.* 2017;2(4):230-243. DOI: <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101>
- Rashidi HH, Tran N, Albahra S, et al. Machine learning in health care and laboratory medicine: General overview of supervised learning and Auto-ML. *Int J Lab Hematol.* 2021;43(1):15-22. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijlh.13537>

11. Cleret de Langavant L, Bayen E, Yaffe K. Unsupervised Machine Learning to Identify High Likelihood of Dementia in Population-Based Surveys: Development and Validation Study. *J Med Internet Res*. 2018;20(7):e10493.  
DOI: <https://doi.org/10.2196/10493>
12. Fedotov VA. Artificial intelligence: advantages and disadvantages. *Scientific electronic journal Meridian*. 2021;2(55):27-29. (In Russ.). [Федотов В.А. Искусственный интеллект: преимущества и недостатки. *Научный электронный журнал Меридиан*. 2021;2(55):27-29].  
URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_44745539\\_73779427.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_44745539_73779427.pdf)
13. Nesterova EA. On the issue of artificial intelligence in the context of human development. In: *Man and society: history and modernity*. 2024;138-142. (In Russ.). [Нестерова Е.А. К вопросу об искусственном интеллекте в контексте развития. В сб.: *Человек и общество: история и современность*. 2024;138-142].  
DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)32470-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)32470-x)
14. Kaprin AD, Starinsky VV, Shakhzadova AO. *State of oncological care for the population of Russia in 2021*. М., 2022. (In Russ.). [Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. *Состояние онкологической помощи населению России в 2021 году*. М., 2022]. ISBN 978-5-85502-297-1
15. Cohen PA, Jhingran A, Oaknin A, et al. Cervical cancer. *Lancet*. 2019;393:169-182.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(18\)32470-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(18)32470-x)
16. Watson M, et al. Surveillance of high-grade cervical cancer precursors (CIN III/AIS) in four population-based cancer registries, United States, 2009–2012. *Prev Med*. 2017;103:60-65.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2017.07.027>
17. Ahmed SR, Befano B, Lemay A, et al. Reproducible and clinically translatable deep neural networks for cancer screening. Preprint. *Sci Rep*. 2023;rs.3.rs-2526701.  
DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2526701/v1>
18. Wang CW, Liou YA, Lin YJ, et al. Artificial intelligence-assisted fast screening cervical high grade squamous intraepithelial lesion and squamous cell carcinoma diagnosis and treatment planning. *Sci Rep*. 2021;11(1):16244.  
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95545-y>
19. 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. *Gynecol Oncol*. 2020;159(1):171-178.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2020.07.099>
20. Song T, et al. Screening capacity and cost-effectiveness of the human papillomavirus test versus cervicography as an adjunctive test to Pap cytology to detect high-grade cervical dysplasia. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2019;234:112-116.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2019.01.008>
21. 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 Med*. 2020;9(18):6896-6906.  
DOI: <https://doi.org/10.1002/cam4.3296>
22. Xue P, Xu HM, Tang HP, et al. Assessing artificial intelligence enabled liquid-based cytology for triaging HPV-positive women: a population-based cross-sectional study. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2023;102(8):1026-1033.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/aogs.14611>
23. Shen M, Zou Z, Bao H, et al. Cost-effectiveness of artificial intelligence-assisted liquid-based cytology testing for cervical cancer screening in China. *Lancet Reg Health West Pac*. 2023;34:100726.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2023.100726>
24. Dercle L, Lu L, Schwartz LH, et al. Radiomics response signature for identification of metastatic colorectal cancer sensitive to therapies targeting EGFR pathway. *J Natl Cancer Inst*. 2020;112(9):902-12.  
DOI: <https://doi.org/10.1093/jnci/djaa017>
25. Rodriguez-Ruiz A, Lång K, Gubern-Merida A, et al. Stand-alone artificial intelligence for breast cancer detection in mammography: comparison with 101 radiologists. *J Natl Cancer Inst*. 2019;111(9):916-22.  
DOI: <https://doi.org/10.1093/jnci/djy222>
26. Brandão M, Mendes F, Martins M, et al. Revolutionizing Women's Health: A Comprehensive Review of Artificial Intelligence Advancements in Gynecology. *J Clin Med*. 2024;13(4):1061.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm13041061>
27. Stuebs FA, Schulmeyer CE, Mehlhorn G, et al. Accuracy of colposcopy-directed biopsy in detecting early cervical neoplasia: a retrospective study. *Arch Gynecol Obstet*. 2019;299(2):525-532.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00404-018-4953-8>
28. Hou X, Shen G, Zhou L, et al. Artificial Intelligence in Cervical Cancer Screening and Diagnosis. *Front Oncol*. 2022;12:851367.  
DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.851367>
29. Bray F, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2018;68(4):394-424.  
DOI: <https://doi.org/10.3322/caac.21492>
30. Chandran V, et al. Diagnosis of Cervical Cancer based on Ensemble Deep Learning Network using Colposcopy Images. *Biomed Res Int*. 2021;2021:5584004.  
DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/5584004>
31. Champin D, Ramirez-Soto MC, Vargas-Herrera J. Use of Smartphones for the detection of uterine cervical cancer: A systematic review. *Cancers*. 2021;13(23):6047.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/cancers13236047>
32. Alrajjal A, Pansare V, Choudhury MSR, et al. Squamous intraepithelial lesions (SIL: LSIL, HSIL, ASCUS, ASC-H, LSIL-H) of Uterine Cervix and Bethesda System. *Cytojournal*. 2021;18:16.  
DOI: [https://doi.org/10.25259/Cytojournal\\_24\\_2021](https://doi.org/10.25259/Cytojournal_24_2021)
33. Rebolj M, et al. A daunting challenge: Human Papillomavirus assays and cytology in primary cervical screening of women below age 30 years. *Eur J Cancer*. 2015;51(11):1456-1466.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2015.04.012>
34. Hu L, Bell D, Antani S, et al. An Observational Study of Deep Learning and Automated Evaluation of Cervical Images for Cancer Screening. *J Natl Cancer Inst*. 2019;111(9):923-932.  
DOI: <https://doi.org/10.1093/jnci/djy225>
35. Xue P, Tang C, Li Q, et al. Development and validation of an artificial intelligence system for grading colposcopic impressions and guiding biopsies. *BMC Med*. 2020;18(1):406.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/s12916-020-01860-y>
36. Wu A, Xue P, Abulizi G, et al. Artificial intelligence in colposcopic examination: A promising tool to assist junior colposcopists. *Front Med (Lausanne)*. 2023;10:1060451.  
DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1060451>
37. Ouh YT, Kim TJ, Ju W, et al. Development and validation of artificial intelligence-based analysis software to support screening system of cervical intraepithelial neoplasia. *Sci Rep*. 2024;14(1):1957.  
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51880-4>
38. Kim S, Lee H, Lee S, et al. Role of Artificial Intelligence Interpretation of Colposcopic Images in Cervical Cancer Screening. *Healthcare (Basel)*. 2022;10(3):468.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare10030468>
39. Khan MJ, et al. ASCCP colposcopy standards: Role of colposcopy, benefits, potential harms, and terminology for colposcopic practice. *J Low Genit Tract Dis*. 2017;21(4), 223-229.  
DOI: <https://doi.org/10.1097/LGT.0000000000000338>
40. Akazawa M, Hashimoto K. Artificial intelligence in gynecologic cancers: Current status and future challenges—A systematic review. *Artif Intell Med*. 2021;120:102164.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2021.102164>