



**NATFORLAB
2026**

Эволюция визуализации: цифровая морфология клеток – новый стандарт точной дифференциальной диагностики.



Черныш Наталия Юрьевна,

к.м.н., доцент кафедры лабораторной медицины с клиникой
ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр
имени В. А. Алмазова» Минздрава России,
главный внештатный специалист по клинической лабораторной
диагностике Северо-Западного Федерального округа,
Санкт-Петербург, Россия



В данном выступлении
нет конфликта интересов



Развитие технологий

Микроскопия биоматериалов насчитывает 200 лет.



Предпосылки

1

Автоматизация

2

Информатизация

3

Цифровизация



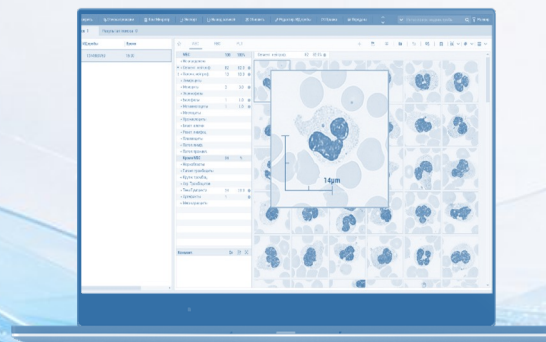
Схема анализатора изображений для цифровой микроскопии

Устройство
получения
изображения
(микроскоп)

Система ввода
(ТВ-камера)

Компьютер с
периферийными
устройствами

Программное
обеспечение



Актуальность

- Слабый уровень подготовки морфологов
- Отсутствие контроля качества морфологических исследований
- Не всегда есть возможность получить «второе» мнение

Марина
Николаевна, добр
ый день!
Могут ли быть
бласты 1-3 у
беременных 16
недель?

16:46

С палочками
Аузра.

16:47

НЕТ!!!!

16:50 ✓✓

Актуальность для гематологии

Отсутствие:

- профильной подготовки лабораторных гематологов
- возможности получить «второе» мнение
- навыков оценки онкогематологических препаратов
- стандартизации подготовки препаратов
- цифровизации или визуализации микроскопии в регионах

Пациентка, 31 год, с установленным диагнозом «лимфома».

Здравствуйте, коллеги! Какая-то лейкомоидная реакция, для ХМЛ нет базофилов и эозинофилов, это не ОПЛ- нет уродливости ядер, п. Ауэра и зернистость не та, тромбоциты в норме, возможно и промиелоцитов меньше- грубый хроматин, надо знать клинику, была ли ХТ, нам ведь ничего не известно.

Может ХМЛ?

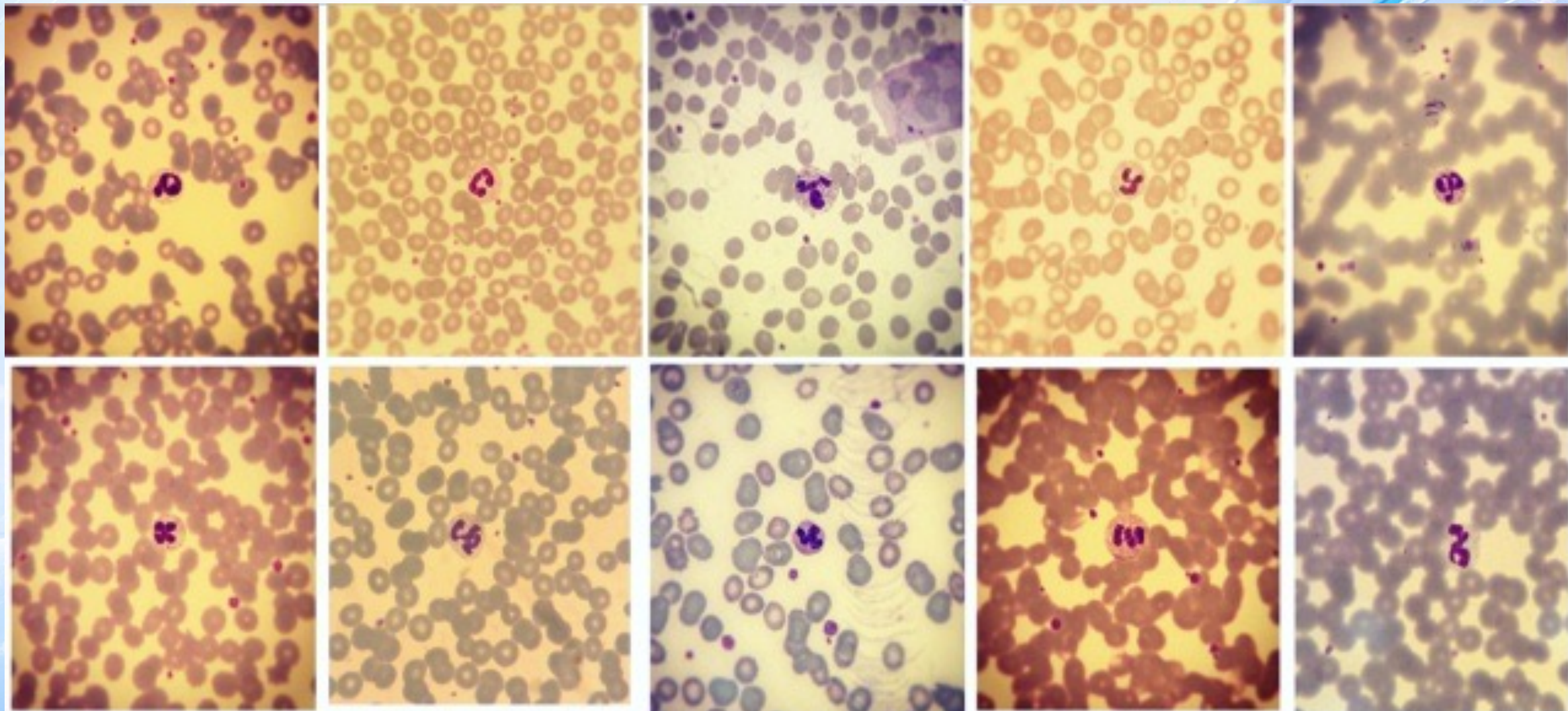
Было ли исследование на Филадельфийскую хромосому?

Возможно, сепсис?

Какая клиническая картина?

Анамнез?

Окраска



Автоматизированные методики общего анализа крови

01

Подсчёт лейкоцитарной формулы

02

Эритроцитометрия

03

Подсчёт тромбоцитов в окрашенных мазках

Цифровая микроскопия: стандартизация и объём

Стандартизация мазка

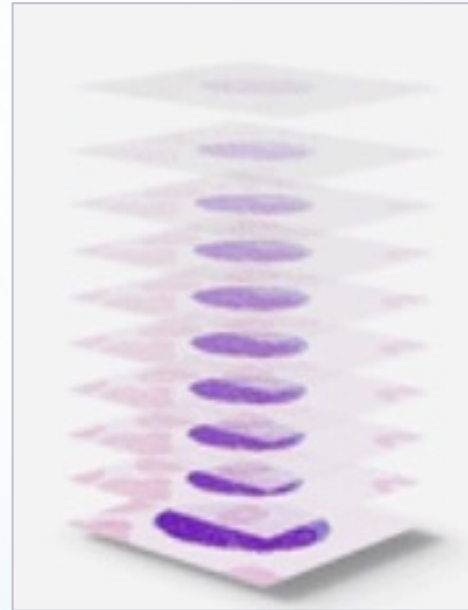
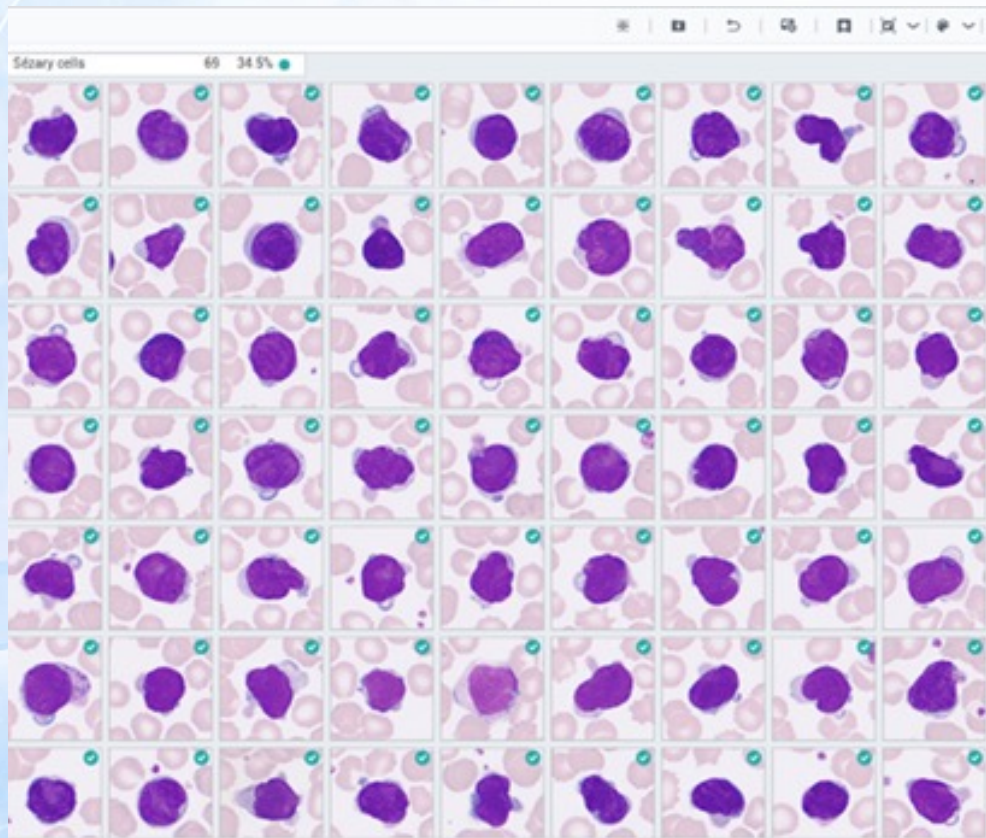
Стандартизация окраски

Объёмное изображение

Цифровая микроскопия:

Цифровая (компьютерная) микроскопия позволяет перейти от описательной микроскопии к количественному анализу, с последующим использованием математической статистики, теории вероятностей и информатики.

Диагностическая компьютерная микроскопия как новое направление в морфологии имеет целью максимальную объективизацию изучения количественно-качественных изменений в клетках и тканях.



Серийный захват
по глубине

Возможности

mindray Включить прямую передачу пробы

Проверить Отмена проверки КонтМикроп Экспорт Вывод записей Обновить Редактир. ИД пробы Писка Передача Интел.поиск: недавн.пробы

Все 1 Результат поиска 0

Сост. ИД пробы Время

1344889769 15:30

Рез. WBC RBC PLT

Разм. 0 1+ 2+ 3+ % 2.6 MPF

Анизцитоз 0.3

Макроциты 3.2

Микроциты 0.0

Цвет 0 1+ 2+ 3+ %

Гипохромные клетки 0.0

mindray Включить прямую передачу пробы Редактирование результата пр...

Проверить Отмена проверки КонтМикроп Экспорт Вывод записей Обновить Редактир. ИД пробы Завершить редактир.

Все 1 Результат поиска 0

Сост. ИД пробы Время

1344889769 15:30

Рез. WBC RBC PLT

WBC 100 100%

Не определено

Сегмент. нейтроф. 82 82.0

Палочк. нейтроф. 13 13.0

Лимфоциты

Моноциты 3 3.0

Эозинофилы

Базофилы 1 1.0

Метамелоциты 1 1.0

Миелоциты

Промиеоциты

Бласт. клетки

Реакт. лимфоц.

Плазмоциты

Патол. лимф.

Патол. промиел.

Кроме WBC 24 %

Нормобласты

Гигант. тромбоциты

Крупн. тромбоц.

Агр. Тромбоцитов

Тени Гумпрехта 23 23.0

Артефакты 1

Мегакариоциты

Сегмент. нейтроф. (82,82.0%)

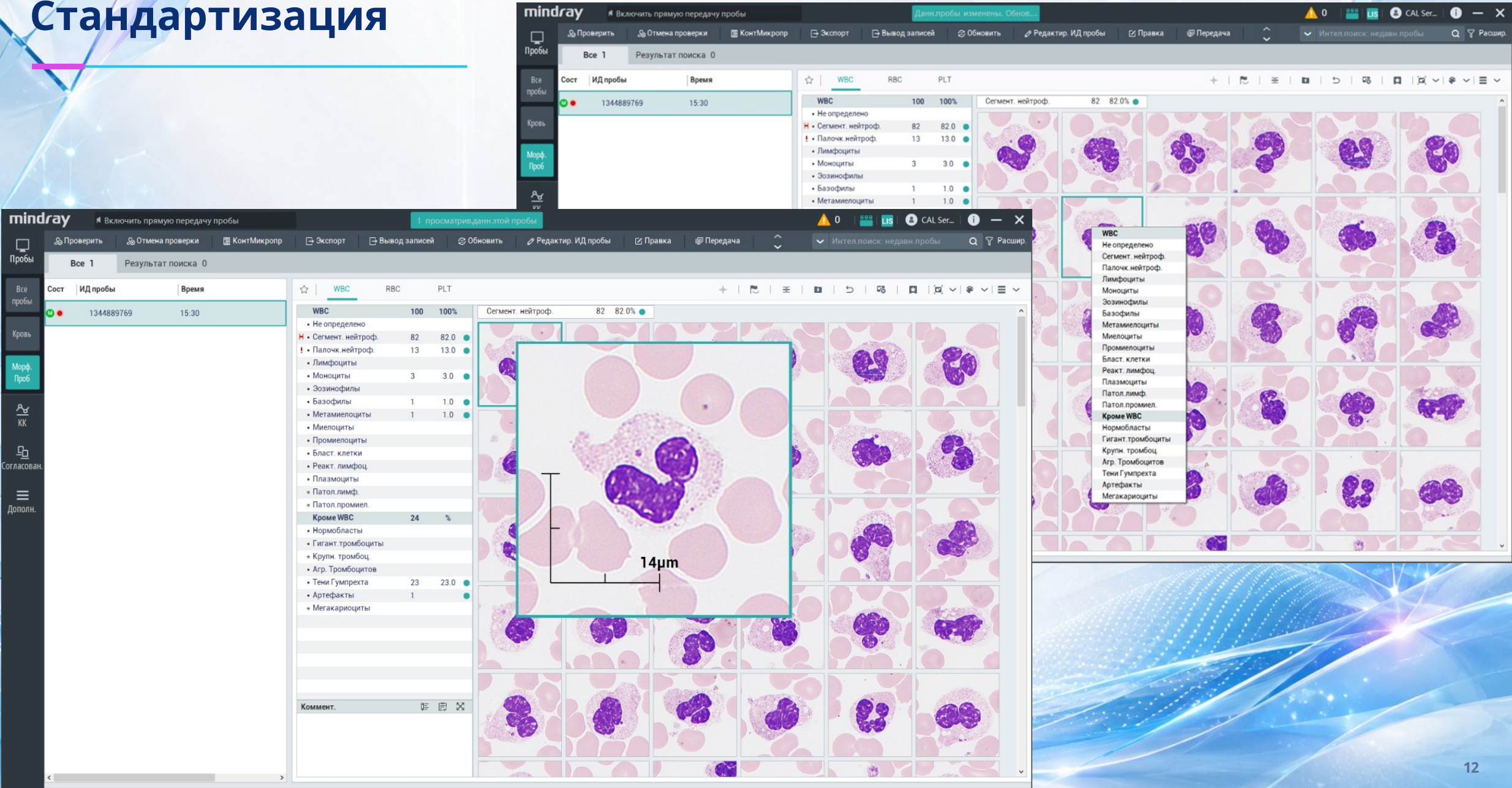
Палочк.нейтроф. (13,13.0%)

Моноциты(3,3.0%)

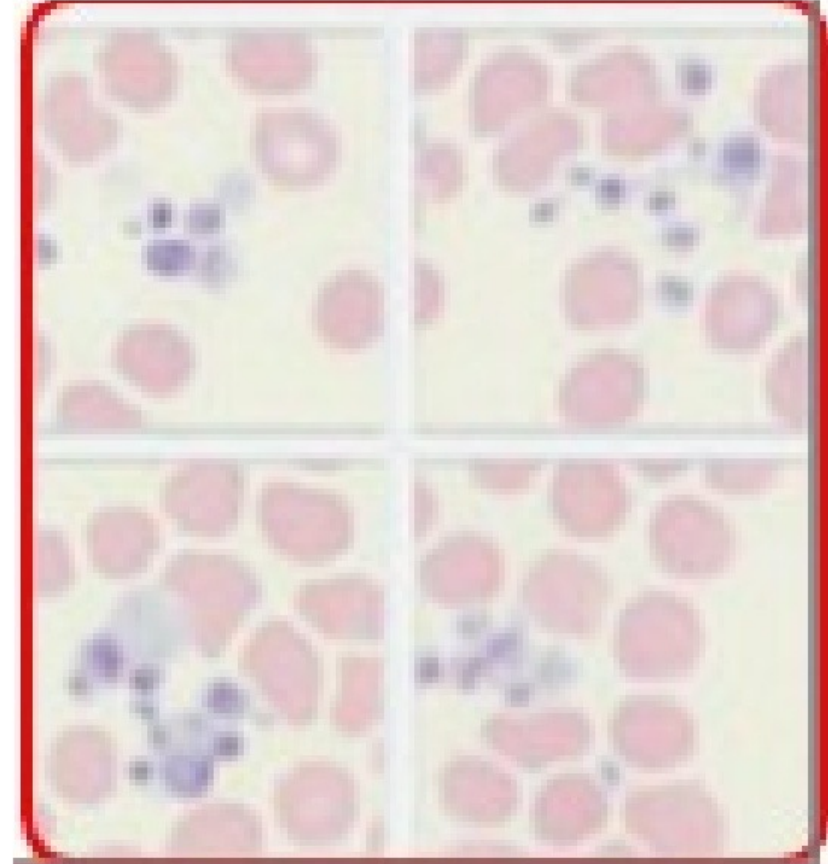
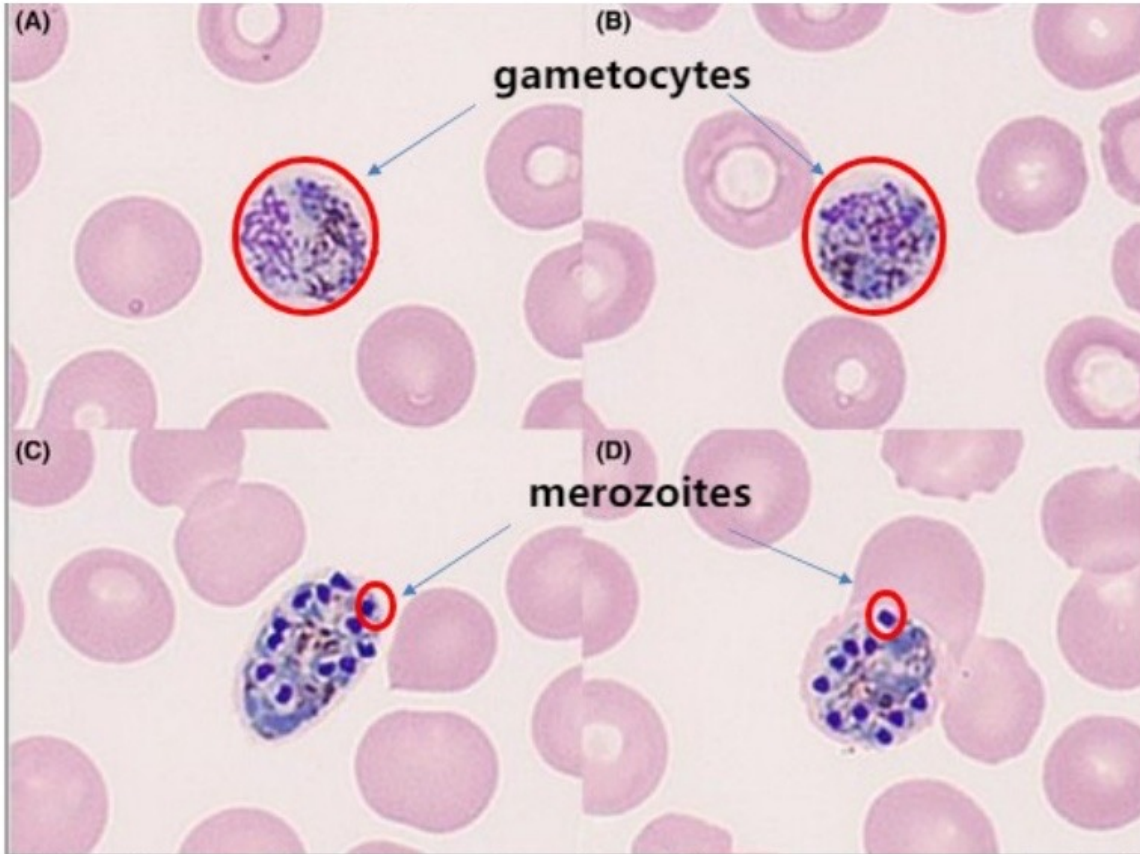
Контрол. Клетка

Коммент.

Стандартизация



Эритроциты, тромбоциты



МОРФОЛОГИЯ В ЦИФРОВОМ ФОРМАТЕ

ИИ в морфологии крови: возможности и ограничения

Традиционная микроскопия — «золотой стандарт»

Ручное микроскопическое исследование мазков крови остаётся эталонным методом диагностики морфологических изменений. Однако его применение ограничено субъективностью оценки, высокой трудоёмкостью, дефицитом квалифицированных специалистов и отсутствием возможности долгосрочного хранения исходных изображений.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИИ-АССИСТИРОВАННОГО АНАЛИЗА

- Высокая эффективность и скорость обработки образцов
- Отличная воспроизводимость результатов
- Улучшенная чувствительность выявления аномальных клеток
- Долгосрочное хранение цифровых изображений
- Возможность телеконсультаций и удалённой экспертизы
- Снижение нагрузки на лабораторный персонал

Технология требует стандартизированных операционных процедур и постоянного обновления рекомендаций по мере её развития.

Преаналитика: сбор образцов и приготовление мазков

Сбор и хранение образцов

Требования к сбору и хранению образцов крови для ИИ-ассистированного исследования идентичны требованиям для ручного морфологического анализа. Правильное приготовление мазков имеет критическое значение для точности автоматизированной классификации.

Независимо от метода приготовления — ручного или автоматического — для всех мазков крови должна проводиться обязательная оценка качества и контроль.

Окрашивание мазков крови

Метод окрашивания Романовского рекомендован Международным советом по стандартизации в гематологии (ICSH). Качество окрашивания напрямую влияет на точность идентификации клеток автоматическим анализатором.

01

Точность обнаружения окрашенных прибором мазков — не менее 95 % по сравнению с ручным окрашиванием

02

Стандартизированные процедуры оценки качества окрашивания обязательны

03

Оценка охватывает точность классификации и чувствительность выявления аномальных клеток

Терминология и область применения

Консенсус предназначен для клинических лабораторий медицинских учреждений всех уровней при внедрении ИИ-ассистированного морфологического исследования клеток периферической крови.

Морфологическое исследование

Peripheral Blood Cell Morphology Examination — анализ морфологии клеток периферической крови, включая ручную и автоматизированную микроскопию мазка.

Верификация и валидация

Verification / Manual Validation — процессы подтверждения корректности результатов предварительной классификации, включая ручную переклассификацию при необходимости.

ИИ-ассистированный анализ

AI-Assisted Blood Cell Morphology — применение алгоритмов искусственного интеллекта для цифровой обработки и классификации изображений клеток крови.

Цифровой анализ изображений

Digital Blood Cell Morphology Image Analysis — автоматизированный анализ морфологии с использованием специализированного программного обеспечения и анализаторов.

Оценка производительности анализаторов

Клинические лаборатории обязаны всесторонне оценивать возможности своего оборудования и на основе этого разрабатывать внутренние стандартные операционные процедуры (СОП).

Точность предварительной классификации

Preclassification Accuracy — оценка корректности автоматической классификации лейкоцитов до ручной валидации. Ключевой параметр для определения объёма ручной переклассификации.

Чувствительность предварительной классификации

Preclassification Sensitivity — способность системы выявлять аномальные и патологические клетки без пропусков. Критически важна для онкогематологической диагностики.

Точность переклассификации

Reclassification Accuracy — оценка корректности результатов после ручной валидации и корректировки оператором. Отражает эффективность взаимодействия «человек-ИИ».

Качество изображений

Глубина пикселя — не менее 24 бит. Камера и монитор должны поддерживать 24-битный цвет для минимизации искажений и обеспечения точной ручной валидации цифровых изображений.

Контроль качества и лабораторный мониторинг

Внутрилабораторный контроль качества

Контроль качества для ИИ-ассистированных анализаторов должен быть внедрён в соответствии с требованиями системы менеджмента качества лаборатории.

- Точность (Accuracy) — соответствие результатов эталонному методу
- Прецизионность (Precision) — воспроизводимость при повторных измерениях
- Сравнение результатов (Result Comparison) — сопоставление с ручным методом
- Внешний контроль качества (EQC) — участие в межлабораторных программах

Особые требования

Морфологический анализ эритроцитов и тромбоцитов в настоящее время лишён достаточной основы для надёжного сравнения — лаборатории должны разрабатывать собственные протоколы валидации.

ВНИМАНИЕ

Если захваченные изображения не соответствуют стандартам качества (24-битный цвет, чёткость), обязательно проведение ручного микроскопического исследования для исключения ошибочной классификации и пропуска диагнозов.

Анализ результатов и форматы отчётности

Для клинических целей рекомендуется подсчёт 100–200 лейкоцитов с увеличением до 400 клеток при необходимости. При обнаружении бластных клеток, аномальных промиелоцитов, пролимфоцитов, промоноцитов или других незрелых клеток обязательна подтверждающая ручная микроскопия.

1

Числовой отчёт

Количественные данные по типам клеток и их процентному соотношению

2

Описательный отчёт

Детальное описание выявленных морфологических изменений

3

Диагностический отчёт

При подозрении на гематологические заболевания или при выявлении значительных аномалий

Хранение данных, интеграция и обучение персонала

Управление данными и интеграция с LIS

Идентификационная информация образцов и изображения клеток хранятся в базе данных SQL с применением шифрования. Программное обеспечение должно поддерживать двустороннюю связь с LIS для обмена результатами.

- Экспорт изображений для обучения морфологии (без персональных данных пациентов)
- Генерация эталонных изображений из реальных образцов для обучения персонала
- Совместимое онлайн-образовательное ПО, интегрированное с приборным софтом

Требования к компетенции персонала

Специалисты КЛД, работающие с ИИ-ассистированными системами, должны изначально обладать опытом в морфологии клеток крови и пройти всестороннее обучение.

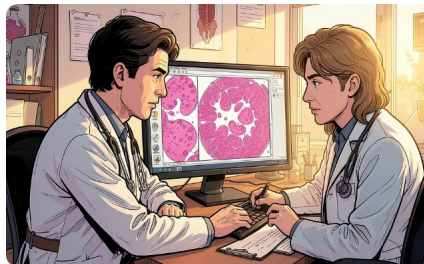
- Глубокое понимание цифрового анализа изображений
- Знание характеристик производительности конкретного анализатора
- Освоение правил ручной валидации и переклассификации
- Навыки ручного микроскопического исследования как эталонного метода
- Регулярная оценка компетенции на основе профессиональных навыков

Область клинического применения



Автоматизация рутинного анализа

ИИ-ассистированный анализ автоматизирует процессы приготовления мазков, окрашивания и микроскопического просмотра, снижая нагрузку на персонал и повышая чувствительность обнаружения клинически значимых клеток.



Удалённые консультации и телемедицина

Цифровые изображения интегрируются в LIS для онлайн-консультаций, позволяя проводить удалённые экспертные оценки и телеконсультации — особенно актуально при дефиците квалифицированных морфологов.



Долгосрочное хранение данных

В отличие от традиционной микроскопии (хранение мазков 2 недели), цифровые изображения могут храниться неограниченно, обеспечивая возможность последующего пересмотра, обучения и аудита.

1

Возможность образовательных мероприятий

2

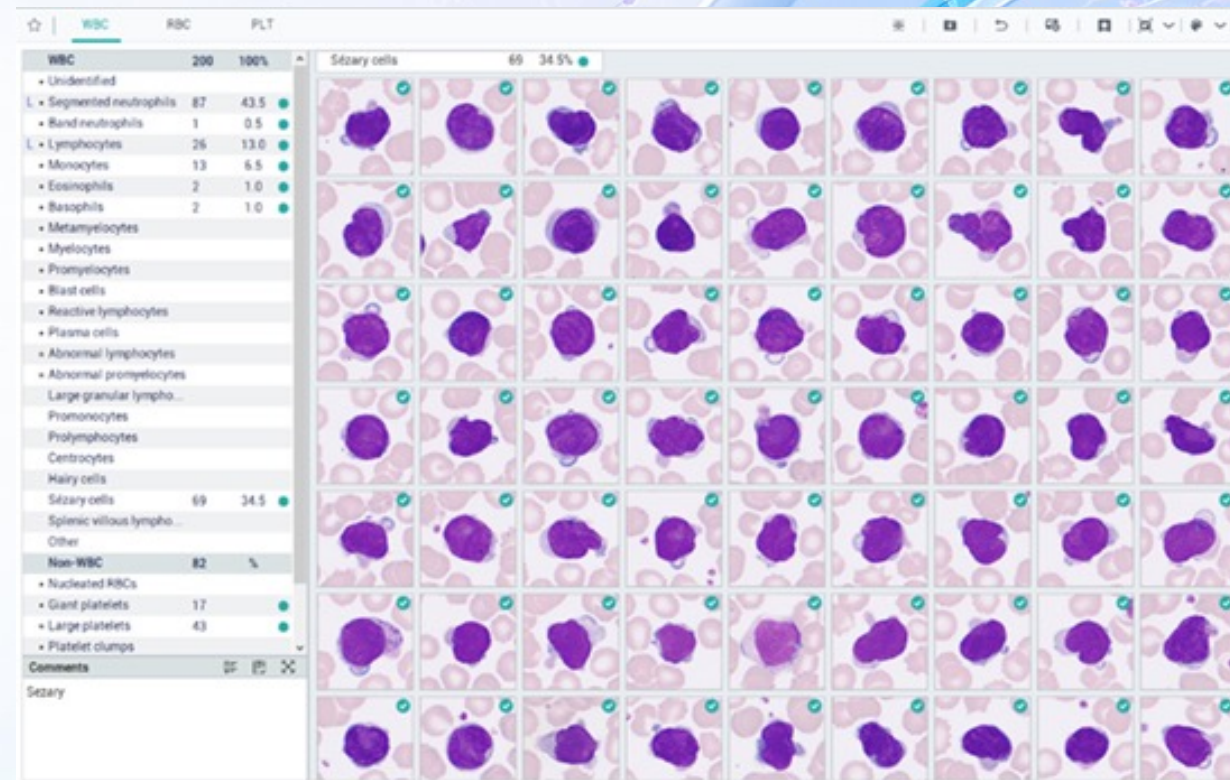
Получение второго мнения

3

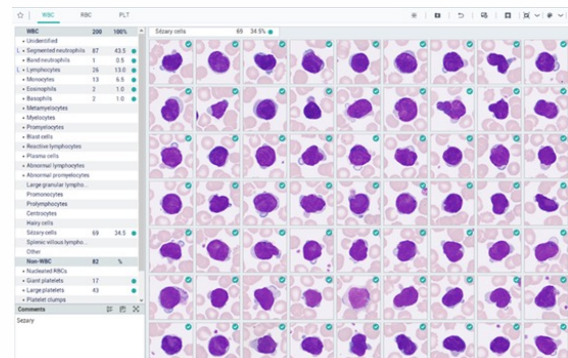
Создание баз и архивов редких патологий

4

Проведение контроля качества и экспертиз



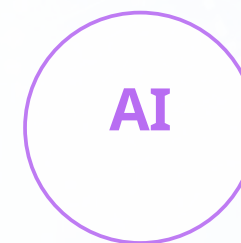
Широкий ряд морфологических изменений в клетках онкогематологических пациентов



**Электронные атласы
клеток крови**



Архивы препаратов



**Приборы с ИИ для
оценки клеток**

Стандартизация и ключевые выводы консенсуса



Стандартизация ИИ-ассистированного морфологического исследования охватывает весь процесс тестирования — от преаналитики до постаналитики — и критически важна для обеспечения точности лабораторных отчётов.

Стандартизация на всех этапах

Единые протоколы сбора, приготовления мазков, окрашивания, анализа и отчётности обеспечивают точность и воспроизводимость результатов.

Роль человека остаётся обязательной

Окончательная валидация, переклассификация сложных случаев и ручная микроскопия при подозрении на гематологические заболевания — неотъемлемая часть процесса.

Интеграция систем и развитие технологий

Рекомендуется интеграция морфологических анализаторов с гематологическими анализаторами и LIS. Консенсус признаёт необходимость постоянного обновления рекомендаций по мере развития технологии ИИ.

Данный консенсус служит важным ориентиром для лабораторий, внедряющих цифровые технологии и искусственный интеллект в рутинную гематологическую практику с целью повышения эффективности, стандартизации и качества диагностики.

Международные рекомендации в области морфологических исследований

International Journal of Laboratory Hematology
The Official Journal of the International Society for Laboratory Hematology
ORIGINAL ARTICLE INTERNATIONAL JOURNAL OF LABORATORY HEMATOLOGY

ICSH recommendations for the standardization of nomenclature and grading of peripheral blood cell morphological features

L. PALMER*, C. BRIGGS[†], S. MCFADDEN[‡], G. ZINI[§], J. BURTHEM[¶], G. ROZENBERG**, M. PROYTCHIEVA^{††}, S. J. MACHIN[‡]

*Haematology Laboratory, Middlemore Hospital, Auckland, New Zealand

[†]University College London Hospitals, London, UK

[‡]McFadden Consulting, Columbus, OH, USA

[§]Università Cattolica del Sacro Cuore, Rome, Italy

[¶]Institute of Cancer Sciences, University of Manchester, Manchester, UK

**SEALS Randwick, Prince of Wales Hospital, Randwick, NSW, Australia

^{††}University of Arizona Medical Center, Tucson, AZ, USA

Correspondence:
Lynn Palmer, Haematology Laboratory, Middlemore Hospital, Private Bag 93311, Otahuhu, Auckland 1640, New Zealand.
Tel.: +64 9 2760167;
Fax: +64 9 2704761;
E-mail: Lynn.Palmer@middlemore.co.nz

doi:10.1111/ijlh.12327

Received 26 August 2014;
accepted for publication 10 December 2014

Keywords
Blood, morphology, RBC, platelets, WBC

SUMMARY

These guidelines provide information on how to reliably and consistently report abnormal red blood cells, white blood cells and platelets using manual microscopy. Grading of abnormal cells, nomenclature and a brief description of the cells are provided. It is important that all countries in the world use consistent reporting of blood cells. An international group of morphology experts have decided on these guidelines using consensus opinion. For some red blood cell abnormalities, it was decided that parameters produced by the automated haematology analyser might be more accurate and less subjective than grading using microscopy or automated image analysis and laboratories might like to investigate this further. A link is provided to show examples of many of the cells discussed in this guideline.

ICSH RECOMMENDATIONS

ICSH recommendations for the standardization of nomenclature and grading of peripheral blood cell morphological features.
Int J Lab Hematol. 2015;37(3):287–303. doi: 10.1111/ijlh.12327.

- Рекомендации описывают, как надёжно и последовательно регистрировать аномальные эритроциты, лейкоциты и тромбоциты при ручной микроскопии.
- Предлагаются градация аномальных клеток, номенклатура и краткое описание.
- Последовательная отчётность должна использоваться во всех странах мира; рекомендации разработаны международной группой экспертов на основе консенсуса.
- Для некоторых аномалий эритроцитов параметры автоматического гематологического анализатора могут быть точнее и менее субъективны, чем оценка микроскопией или автоматизированным анализом изображений.

Публикации: цифровые морфологические анализаторы в гематологии

Received: 8 January 2019 | Revised: 25 March 2019 | Accepted: 4 April 2019
DOI: 10.1111/ijlh.13042

REVIEW

ISLH International Journal of Laboratory Hematology WILEY

Digital morphology analyzers in hematology: ICSH review and recommendations

Alexander Kratz¹  | Su-hee Lee²  | Gina Zini³ | Jurgen A. Riedl⁴ | Mina Hur⁵ | Sam Machin⁶ | on behalf of the International Council for Standardization in Haematology

¹Columbia University Medical Center, NewYork-Presbyterian Hospital, New York, New York

²St George Hospital, University of New South Wales, Sydney, New South Wales, Australia

³Fondazione Policlinico Universitario A. Gemelli IRCCS – Università Cattolica del Sacro Cuore, Rome, Italy

⁴Department of Clinical Chemistry and Haematology, Albert Schweitzer Hospital, Dordrecht, The Netherlands

⁵Department of Laboratory Medicine, Konkuk University School of Medicine, Seoul, Korea

⁶University College, London, UK

Correspondence

Alexander Kratz, New York-Presbyterian Hospital, Automated Core Laboratory, 622 West 168th Street, Harkness 3-321, New York 10032, NY.
Email: ak2651@cumc.columbia.edu

Funding Information

This study was financially supported by the ICSH. The ICSH is a not-for-profit organization sponsored by unrestricted educational grants from its corporate and affiliate members who are listed in the

Abstract

Introduction: Morphological assessment of the blood smear has been performed by conventional manual microscopy for many decades. Recently, rapid progress in digital imaging and information technology has led to the development of automated methods of digital morphological analysis of blood smears.

Methods: A panel of experts in laboratory hematology reviewed the literature on the use of digital imaging and other strategies for the morphological analysis of blood smears. The strengths and weaknesses of digital imaging were determined, and recommendations on improvement were proposed.

Results: By preclassifying cells using artificial intelligence algorithms, digital image analysis automates the blood smear review process and enables faster slide reviews. Digital image analyzers also allow remote networked laboratories to transfer images rapidly to a central laboratory for review, and facilitate a variety of essential work functions in laboratory hematology such as consultations, digital image archival, libraries, quality assurance, competency assessment, education, and training. Different instruments from several manufacturers are available, but there is a lack of standardization of staining methods, optical magnifications, color and display characteristics, hardware, software, and file formats.

Conclusion: In order to realize the full potential of Digital Morphology Hematology Analyzers, pre-analytic, analytic, and postanalytic parameters should be stand-



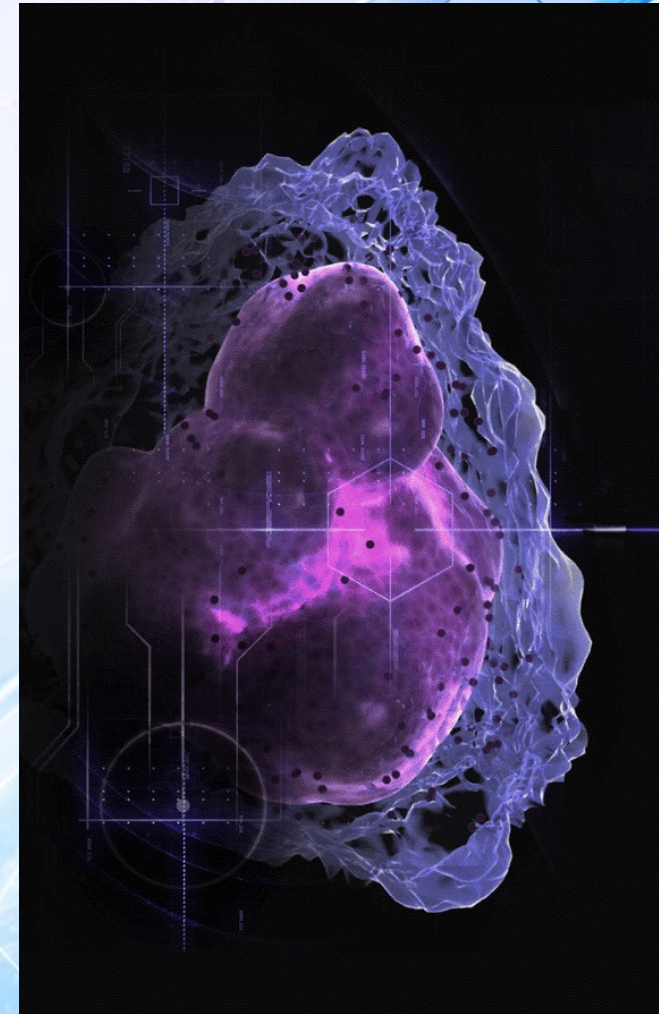
Для того чтобы полностью реализовать потенциал гематологических анализаторов с цифровой морфологией, необходимо стандартизировать преаналитические, аналитические и постаналитические параметры. Производители новых приборов должны сосредоточиться на повышении точности предварительной классификации клеток, а также на автоматическом распознавании и классификации патологических типов клеток. Градации морфологических отклонений должны зависеть от клинической значимости. При наличии всех существующих приборов квалифицированный морфолог по-прежнему необходим для переклассификации клеток и диагностической интерпретации мазка крови.

Определены сильные и слабые стороны цифровой визуализации и предложены рекомендации по её совершенствованию.

Публикации: нейронная сеть для скрининга злокачественных гематологических заболеваний

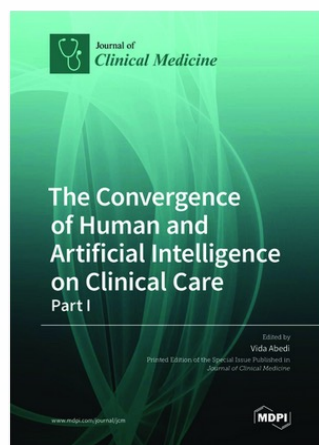
Модель искусственной нейронной сети на основе параметров клеток крови: скрининг злокачественных гематологических заболеваний по образцам периферической крови

- Диагностика злокачественных гематологических заболеваний часто включает сложные и трудоёмкие методы тестирования, такие как морфология, иммунология, цитогенетика и молекулярная биология.
- Созданы восемь моделей машинного обучения для скрининга злокачественных гематологических заболеваний с использованием стандартных морфологических параметров крови и клеток крови, собранных у 1693 пациентов.
- Модель искусственной нейронной сети (ИНС) показала отличные результаты сравнения: точность распознавания, чувствительность и специфичность составили 85,0 %, 84,0 % и 86,0 % соответственно для валидационной выборки.
- Модель ИНС может эффективно выявлять пациентов со злокачественными гематологическими заболеваниями на основе образцов периферической крови, особенно в больницах первичной помощи, где должным образом не налажены лечебные процедуры.



AI + MORPHOLOGY

Публикации: классификация моноцитов, промоноцитов и монобластов



Classification of Monocytes, Promonocytes and Monoblasts Using Deep Neural Network Models: An Area of Unmet Need in Diagnostic Hematopathology

by Mazen Osman ^{1,*} ✉, Zeynettin Akkus ^{2,*} ✉, Dragan Jevremovic ³ ✉, Phuong L. Nguyen ³ ✉, Dana Roh ³ ✉, Aref Al-Kali ⁴ ✉, Mrinal M. Patnaik ⁴ ✉, Ahmad Nanaa ⁴ ✉, Samia Rizk ⁵ ✉ and Mohamed E. Salama ^{3,*} ✉

¹ Division of Anatomic and Clinical Pathology, Mayo Clinic, Rochester, MN 55905, USA

² Division of Cardiovascular Diseases, Mayo Clinic, Rochester, MN 55905, USA

³ Division of Hematopathology, Mayo Clinic, Rochester, MN 55905, USA

⁴ Division of Hematology, Mayo Clinic, Rochester, MN 55905, USA

⁵ Department of Clinical Pathology, Cairo University, 11562 Cairo, Egypt

* Authors to whom correspondence should be addressed.

J. Clin. Med. **2021**, *10*(11), 2264; <https://doi.org/10.3390/jcm10112264>

Submission received: 18 April 2021 / Revised: 12 May 2021 / Accepted: 19 May 2021 / Published: 24 May 2021

Применение ИИ

В этой статье мы представляем применимость искусственного интеллекта с использованием нейронной сети для отделения моноцитов от предшественников моноцитов (т. е. промоноцитов и монобластов) с помощью эталонных меток, созданных на основе консенсуса экспертов по морфологическому обзору.

Микроскопическая оценка и подсчёт монобластов, промоноцитов и моноцитов опытным гематопатологом остаётся единственным общепринятым «золотым стандартом»; однако морфологическая оценка может быть затруднена и подвержена значительной вариабельности как между специалистами, так и у одного специалиста.

Публикации и международные документы

DOI: 10.33667/2078-5631-2025-22-65-69

Влияние врачебного опыта на развитие машинного обучения при автоматизации общего исследования кала с использованием обработки изображений

Н. Ю. Черныш¹, В. С. Берестовская¹, А. Н. Тишко^{1,2}, А. А. Руднева³, Т. В. Вавилова¹¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия² ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никитина» МЧС России, Санкт-Петербург, Россия³ ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», Калининград, Россия

РЕЗЮМЕ

Создание интеллектуальных программ анализа изображений кала на основе машинного обучения связано с качеством разметки изображений экспертами. В типичном исследовании выявлено крайне низкий уровень меж- и внутрякспертной согласованности распознавания морфологических объектов по F1-score. Определены три типа расхождений: в количестве, названии и категории объектов. Предложено использование консенсусного подхода, который позволит минимизировать субъективность и повысить надежность алгоритмов для автоматизации копрограммы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: общий анализ кала, машинное обучение, разметка данных.**КОНФИЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The impact of physician experience on the development of machine learning in automation of general fecal examination using image processing

N. Yu. Chernysh¹, V. S. Berestovskaya¹, A. N. Tishko^{1,2}, A. A. Rudneva³, T. V. Vavilova¹¹ Almazov National Medical Research Centre, St. Petersburg, Russia² All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine named after A.M. Nikiforov, Ministry of Emergency Situations of Russia, St. Petersburg, Russia³ Institute of Medicine and Life Sciences, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

SUMMARY

The creation of intelligent fecal image analysis software based on machine learning is dependent on the quality of image annotation by experts. A pilot study revealed an extremely low degree of inter- and intra-expert agreement in recognizing morphological objects, as measured by the F1-score. Three types of discrepancies were identified in quantity, prevalence, and category of objects. It is proposed to use a consensus-based approach to mitigate subjectivity and enhance the reliability of algorithms for automation of general fecal examination.

KEY WORDS: general fecal analysis, machine learning, data annotation.**CONFLICT OF INTEREST.** The authors declare no conflict of interest.

Введение

Общий анализ кала (копрограмма) представляет собой доступный способ для диагностики и мониторинга многих заболеваний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Неинвазивный и менее затратный, чем колоноскопия, копрограмма является отправной точкой диагностического поиска при острых и хронических заболеваниях ЖКТ различной природы, помогает выявить возбудителей инфекционной и паразитарной природы, оценить состояние микрофлоры кишечника. Несмотря на то, что многие лабораторные процессы автоматизированы, исследование кала до недавнего времени оставалось исключением. Существующий метод для общего анализа кала требует технологических усовершенствований на преаналитическом (сбор/обработка) и аналитическом (исследование) этапах.

Последние годы автоматизированные системы с фокусировкой препаратов активно выходят на рынок лабораторного оборудования [1]. Цифровая микроскопия

является практичной альтернативой для визуальной оценки препарата под микроскопом и может обеспечить повышение эффективности работы химико-микроскопического подразделения медицинских лабораторий. Традиционный препарат для проведения копрограммы невозможно сохранить, пересмотреть позже, интегрировать изображение в электронную медицинскую карту и образовательные модули. Внедрение автоматизированной цифровой микроскопии создает условия для совершенствования традиционного способа исследования кала за счет унификации процедуры подготовки препарата, качеству и количеству полей зрения, стандартизации требований к качеству изображений.

Ключевым фактором для стандартизации результатов цифровой микроскопии является программное обеспечение, разработанное с использованием технологий машинного обучения (МО), как важного инструмента программ искусственного интеллекта [2].

Интеллектуальный анализ данных в диагностике анемии по клиническим показателям 321

УДК 004.89

DOI: 10.17586/0021-3454-2024-67-4-321-329

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ В ДИАГНОСТИКЕ АНЕМИИ ПО КЛИНИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ В. В. БОЖЕНКО^{1,*,} Н. Ю. ЧЕРНЫШ^{2,} Т. М. ТАТАРНИКОВА¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия

*vbozhenko@yandex.ru

² Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Исследован набор медицинских данных, полученных из информационной системы сетевой лаборатории амбулаторного наблюдения, который содержит показатели анализов пациентов с диагнозом «анемия». Набор содержит показатели общего анализа крови, ретикулоциты, дополнительные биохимические маркеры обмена железа и воспалительного процесса. Разработана программа, позволяющая автоматизировать процесс анализа исследуемого набора согласно предложенному алгоритму обработки с учетом особенностей медицинских данных. Выполнена предварительная подготовка и очистка данных, проведен статистический и факторный анализ. Анализ выделенных групп данных позволил найти некоторые общие показатели для пациентов с анемическим синдромом. С помощью факторного анализа сокращено число переменных, выделены четыре основных фактора (группы исходных признаков), которые необходимы для описания исследуемых данных. Полученные результаты могут быть использованы для предоставления статистических отчетов медицинской организации. Также исследуемые данные были подготовлены для возможности использования методов машинного обучения и более глубокого анализа с целью выявления наиболее эффективной диагностики анемии на ранних стадиях.

Ключевые слова: анализ медицинских данных, машинное обучение, медицинская статистика, клинические показатели, описательная статистика, факторный анализ

Ссылка для цитирования: Боженко В. В., Черныш Н. Ю., Татарникова Т. М. Интеллектуальный анализ данных в диагностике анемии по клиническим показателям // Изв. вузов. Приборостроение. 2024. Т. 67, № 4. С. 321—329. DOI: 10.17586/0021-3454-2024-67-4-321-329.

DATA MINING IN THE DIAGNOSIS OF ANEMIA BY CLINICAL INDICATORS

V. V. Bozhenko^{1,*}, N. Yu. Chernysh², T. M. Tatarnikova¹¹ St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg, Russia

*vbozhenko@yandex.ru

² V. A. Almazov National Medical Research Center, St. Petersburg, Russia

Abstract. A set of medical data obtained from the information system of a network laboratory for outpatient observation, which contains test indicators of patients diagnosed with anemia, is studied. The set contains indicators of a general blood test, reticulocytes, additional biochemical markers of iron metabolism and the inflammatory process. A program is developed to automate the process of analyzing the test set according to the proposed processing algorithm, taking into account the medical data characteristics. Preliminary preparation and data cleaning are completed, statistical and factor analysis are carried out. Analysis of the selected groups of data makes it possible to find some common indicators for patients with anemic syndrome. Using factor analysis, the number of variables is reduced and four main factors (groups of initial characteristics) necessary to describe the data under study are identified. The results obtained can be used to provide static reports to a medical organization. Also, the studied data are prepared to allow the use of machine learning methods and deeper analysis in order to identify the most effective diagnosis of anemia in the early stages.

Keywords: medical data analysis, machine learning, medical statistics, clinical indicators, descriptive statistics, factor analysis

For citation: Bozhenko V. V., Chernysh N. Yu., Tatarnikova T. M. Data mining in the diagnosis of anemia by clinical indicators. *Journal of Instrument Engineering*. 2024. Vol. 67, N 4. P. 321—329 (in Russian). DOI: 10.17586/0021-3454-2024-67-4-321-329.

© Боженко В. В., Черныш Н. Ю., Татарникова Т. М., 2024

JOURNAL OF INSTRUMENT ENGINEERING. 2024. Vol. 67, N 4

ИЗВ. ВУЗОВ. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. 2024. Т. 67, № 4

Email: reeddit@rambler.ru

Медицинский журнал №22/2025. Сокращенный вариант статьи (РБ)

Основные направления телемедицины

В России разрешены 5 видов удалённой медицины:

1 Телемедицинские консультации

2 Дистанционный биомониторинг

3 Экстренные и плановые консультации для врачей

4 Повышение квалификации врачей (не входит в закон)

5 Трансляция хирургических операций

Системы ВКС дают возможность пройти наставничество у экспертов любого уровня, где бы они ни находились.

В некоторых ситуациях видеосвязь становится практически единственным доступным способом помочь больному.



Итак,

1

Уход от влияния «человеческого» фактора

2

Фотофиксация

3

Проведение скрининга

4

Выбор проб для подробного анализа

5

«Второе» мнение

6

при необходимости — телеконсультация?

7

Обучение

8

Контроль качества

Заключение

Интеграция ИИ и цифровой микроскопии предоставляет новые возможности для изучения морфологии клеток и улучшения практических навыков.



Благодарю за внимание!

«Мы были достаточно цивилизованны, чтобы построить машину, но слишком примитивны, чтобы ею пользоваться».

Карл Краус (1874–1936),
австрийский писатель

