

**РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ**  
**Министерство здравоохранения Забайкальского края**

---

**Государственное учреждение здравоохранения**

**КРАЕВАЯ КЛИНИЧЕСКАЯ БОЛЬНИЦА**

672038, г.Чита, ул. Куханского, д. 7

тел. (302-2) 72 02 71, 28 20 95

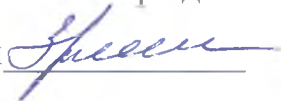
E-mail: [priem@kkb.chita.ru](mailto:priem@kkb.chita.ru)

---

От 17 декабря 2024 г. № 1000-о

Утверждаю

Главный врач



В.В.Коренев

**Информационное письмо**

**Автоматический анализ мочи. Принцип работы, алгоритм, преимущества и недостатки**

*Врач КЛД Дондокова М.Д.*

*Зав.отделением КДЛ, к.м.н. Крохалева Ю.А.*

## Автоматический анализ мочи. Принцип работы, алгоритм, преимущества и недостатки.

Сегодня автоматический анализатор морфологического состава мочи уже не является редкостью. Эти приборы работают как в больших коммерческих лабораториях, так и в крупных бюджетных централизованных лабораториях ведущих лечебных учреждений, в которых ежедневно производится до нескольких сотен общеклинических исследований мочи. Высокопроизводительные автоматические анализаторы мочи осуществляют морфологическое исследование состава мочи посредством принципиально разных технологических процедур, но все эти приборы можно распределить в 2 группы по основному принципу анализа:

- Компьютерный анализ изображения
- Проточная цитофлуориметрия

Компьютерный анализ изображений получают при фотографировании стробоскопической цифровой камерой анализатора непрерывного планарного потока образца мочи: через тонкую плоскую проточную ячейку прокачивается образец нативной нецентрифугированной мочи, предварительно смешанной специальным реагентом Lamina, необходимым для равномерного ламинарного течения жидкости и распределения элементов, содержащихся в ней, в одной плоскости. В течении нескольких секунд фотокамера со скоростью 24 кадра/сек, производит 500 снимков, которые подвергается программному анализу (патентованный алгоритм – APR - Auto-Particle Recognition) с выделением отдельных объектов и распределения последних на 12 групп: эритроциты, лейкоциты, лейкоцитарные сгустки, бактерии, ГЦ, другие патологические цилиндры, плоский эпителий, другие эпителиальные клетки, кристаллы, сперматозоиды, слизь, артефакты.

Результаты по каждой пробе мочи сохраняются в памяти анализатора в виде рассортированного архива изображений отдельных объектов и доступны для просмотра, коррекции и их последующей валидации. Результат может быть представлен в виде количества объектов в 1мкл мочи или в традиционных для общеклинического анализа мочи в виде - усредненном количестве объектов в поле зрения на 400 кратном увеличении микроскопа. Следует понимать, что «поле зрения» в автоматическом анализаторе является расчетным понятием. Количество элементов в таком «поле зрения» рассчитывается программой на основе количества элементов, обнаруженных в исследованном объеме реальной пробы, и объема условного поля зрения, полученного при микроскопическом исследовании нативного препарата с толщиной слоя 0,1 мм (толщина проточной кюветы прибора) через объектив с известной площадью линзы (объект, используемый в приборе).

Результаты по таким расчетным «полям зрения» анализатора в идеальной ситуации может быть сопоставимы только с результатами рутинной микроскопии

препарата мочи в слайд-планшете (высота ячейки которого составляет 0,1 мм) и при использовании оптики (объектив  $\times 400$ ) с аналогичной площадью линзы. Если реальная микроскопия производится с использованием объективов с линзами меньшей или большей площади, а нативный препарат выполнен на предметном стекле с покровным стеклом, когда толщина слоя мочи может быть существенно меньше или больше 0,1 мм, ожидать сходимости результатов автоматического морфологического анализа и микроскопического невозможно. Кроме того, при валидации результатов данного автоматизированного морфологического анализа, следует учитывать, что применяемая технология не является высокоспецифичной. Это обусловлено выраженным полиморфизмом элементов мочи и непредсказуемым последующим влиянием физико-химических свойств среды на морфологию клеток, цилиндров, кристаллов и прочих элементов, что не позволяет сформировать в компьютерной программе анализа изображений абсолютно все морфологические критерии, по которым тот или иной объект должен быть отнесен к той или иной группе. Важным моментом в трактовке и валидации результатов является морфологические критерии автоматизированного анализа для патологических цилиндров, так как они изначально отличаются от критериев, применяемых в традиционной микроскопии: к зернистым и клеточным (эпителиальные, лейкоцитарные, эритроцитарные) цилиндрам относятся полностью покрытые зернистыми массами или клеточными элементами. Когда белковая основа цилиндров не просматривается, в то время как критерием автоматической микроскопии относят к патологическим цилиндры даже те, на поверхности которых находятся очень скудные аморфные массы или единичные клетки.

Принципиально иным инженерным подходом в автоматизации микроскопических исследований мочи стало создание анализаторов с патентованной технологией пробоподготовки: центрифугирование образца мочи в специальной плоской кювете на борту прибора с последующим цифровым анализом изображений, полученных при сканировании кюветы фотокамерой высокого разрешения. Данная технология автоматизированного исследования максимально приближена к классической микроскопии мочи, что позволяет по праву называть ее автоматизированное исследование элементов осадка мочи. В процессе сканирования кюветы камера анализатора делает от 5-15 кадров (количество программируется пользователем), которые подвергаются компьютерному анализу с идентификацией элементов осадка.

Принцип проточной цитофлуориметрии: основан на 2 основных технологиях – флуоресцентная проточная цитометрия с гидродинамической фокусировкой объектов для получения информации о структурных характеристиках элементов в единице объема мочи.

Образец нативной нецентрифугированной мочи, смешанный с флуоресцентными красителями и специальным «обжимающим» раствором, обеспечивающим линейное прохождение частиц по каналу, поступает в проточную измерительную ячейку

прибора. Каждый объект мочи проходит через фокус лазера, рассеивая под разными углами его свет, а также излучает индуцированную лазером флуоресценцию, что и регистрирует соответствующий детектор. Для подсчета бактерий и собственных элементов мочи предназначены 2 разных канала и разные селективные флуоресцентные красители: карбоцианин – окрашивает нуклеиновые кислоты, фенантризин окрашивает мембраны клеток. На основе полученных данных, анализатор строит гистограммы и скаттерограммы – диаграммы рассеяния/распределение различных групп элементов. Количественно оценивает концентрацию лейкоцитов, эритроцитов, цилиндров, эпителиальных клеток и бактерий. Флагами указывает наличие в образце патологических цилиндров, кристаллов, малых круглых клеток (SRc), слизи, сперматозоидов, дрожжевых клеток. Данные анализа представляются в виде количества элементов в 1 мкл мочи, а также по «полям зрения» на малом и большом увеличении. Все проточные цитофлуориметры для исследования мочи, несомненно обладают как высокой производительностью, так и характеризуются высокой воспроизводимостью результатов, благодаря стандартизации приборной процедуры анализа. Однако эти приборы также не могут полностью заменить классическую микроскопию. Основной проблемой в автоматической идентификации элементов мочи является исходный полиморфизм, который усугубляет влияние разнообразных физико-химических свойств мочи, что особенно ярко проявляется при длительном хранении проб.

Таким образом, высокотехнологичные анализаторы позволяют исследовать как физические, так и морфологические свойства мочи большого количества проб за короткий промежуток времени, заменяя ручные методики и сокращая время исследования. Однако, некоторые из проб, автоматически исследованные, которые требуют более детального изучения, уточнения морфологии элементов подвергаются традиционной морфологии микроскопического исследования, которая является референтным методом – «золотым стандартом» в идентификации клеточных и неклеточных элементов мочи.