

УДК 616.62-003.7-078.088.6

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ

Т.М. ЮРАГА¹, Т.С. КУХТА²

¹ Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Беларусь

² Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси», Минск, Беларусь

Аннотация. Экспертная система «Urolithiasis», разработанная на основе информационных технологий «in silico trials», предназначена для оптимизации оказания медицинской помощи пациентам с риском камнеобразования в мочевых путях и прогнозирования на молекулярном уровне формирования химического типа уrolита в соответствии с современными принципами предиктивно-превентивной медицины.

Ключевые слова: экспертная система, мочекаменная болезнь, метаболические нарушения

EXPERT SYSTEM AUTOMATED RESULTS EVALUATION SPECIFIC METABOLIC DIAGNOSIS OF UROLITHIASIS

T.M. JURAGA¹, T.S. KUKHTA²

Abstract. The expert system «Urolithiasis», developed on the basis of information technologies "in silico trials", is designed to optimize the provision of medical care to patients at risk of stone formation in the urinary tract and to predict the formation of the chemical type of urolith at the molecular level in accordance with modern principles of predictive preventive medicine.

Keywords: expert system, urolithiasis, metabolic disorders.

Введение

Разработка информационных технологий в медицине даст возможность врачу провести комплексный анализ всех цифровых результатов изучаемых лабораторных показателей. Являясь диагностическим потенциалом для внедрения в общемедицинскую практику, она оперативно в цифровом формате отображает инициируемые как внутренними, так и внешними факторами изменения, происходящие в организме. Выявление отклонений от нормативных значений как в сторону их увеличения, так и в сторону уменьшения позволит отсеять неверные пути постановки диагноза и снизить риск недооценки важных данных проведенного исследования [1]. Использование компьютерных и вычислительных методов «in silico trials» повысит качество диагностики формирующейся патологии с учетом принципов предиктивно-превентивного направления медицины, получившего активное развитие в последние годы [2]. В итоге медицинские экспертные системы предоставят врачу возможность не только проверить собственные предположения, но и обратиться к компьютеру за консультацией для принятия решения по выбору тактики ведения пациента.

Множество этиологических и патогенетических факторов нарушений метаболизма, приводящих к камнеобразованию в мочевыводящих органах, требуют от врача-уролога компетенции в различных областях медицины для систематизации результатов исследования при консультировании таких пациентов [2,3,4]. Интегральная оценка данных клинического наблюдения и лабораторного биохимического анализа с целью установления вероятности формирования в мочевыводящих путях камней определенной химической природы необходима для разработки соответствующих профилактических программ при развитии мочекаменной

болезни (МКБ). Наиболее перспективным, с точки зрения организации процесса консультирования пациентов с данной патологией, является создание экспертной системы, которая поможет врачу анализировать весь спектр лабораторных параметров и не пропустить существенные факты в интерпретации результатов обследования, не заменяя врача, а выступая в роли «компетентного партнера» – эксперта-консультанта.

Разработка и внедрение в практику новых аналитических технологий является перспективным направлением научных поисков и существенно меняет традиционные представления о диагностическом потенциале лабораторной диагностики [1,2].

Результаты и их обсуждение

Медицина нового поколения должна быть направлена не на «быстрое реагирование» на уже случившиеся нарушения, а на предупреждение и профилактику развития патологии в организме человека. Соответственно этим принципам нами создан алгоритм специфической метаболической диагностики МКБ, являющийся основой создания экспертной информационно-аналитической системы и сконцентрированный на поиске формирующихся в организме человека молекулярных и клеточных сдвигов, предшествующих образованию мочевого камня.

Разработанная экспертная система автоматизированной оценки результатов специфической метаболической диагностики «Urolithiasis» предназначена для прогнозирования формирования на молекулярном уровне химического типа уrolита у лиц с риском камнеобразования в мочевых путях в соответствии с современными принципами предупредительно-предсказательной медицины.

Для работы с программным обеспечением необходимы следующие системные требования:

- 32- или 64-разрядный процессор с тактовой частотой 1 ГГц или выше с набором инструкций SSE2;
- операционная система Windows 7 или более поздняя версия;
- оперативная память 1 ГБ (для 32-разрядных систем), 2 ГБ (для 64-разрядных систем);
- 3 ГБ свободного места на жестком диске;
- монитор с разрешением 1280 x 800.

Экспертная система состоит из двух компонентов: серверной части и клиентского приложения. Серверная часть экспертной системы МКБ представляет собой базу данных, содержащую таблицы данных и справочники («база знаний»).

Серверный компонент экспертной системы «Urolithiasis» может располагаться как на файловом сервере/отдельной виртуальной машине, так и на локальном компьютере, на котором устанавливается клиентское приложение. Пользователи в локальной сети устанавливают связь с серверным компонентом и работают с данными на сервере с помощью локальных копий клиентской части. После установления соединения серверной частью «Urolithiasis» открывается окно выбора или добавления пациента, показанное на рис. 1.

Тест	Дата
Биохимический анализ сыворотки крови	01.01.2022
Анализ мочи общеклинический	01.01.2022
Бактериурия	
Экскреция литогенных субстанций в моче	01.01.2022
Суточный профиль pH мочи	01.01.2022
Химический анализ камня	03.05.2022
Макроэлементный анализ волос	01.01.2020
Тест с «Кальциевой нагрузкой»	03.03.2022

Рис.1 Окно выбора пациента

Клиентское приложение «Urolithiasis» (Windows-приложение) реализует алгоритм интегральной оценки данных лабораторного анализа и представляет интерфейс для выполнения следующих функций:

1. Управление данными пациента (просмотр, добавление, редактирование, удаление данных об основных показателях состояния здоровья пациента).
2. Работа с результатами лабораторных анализов (добавление, просмотр, редактирование, удаление результатов биохимического анализа сыворотки крови, общеклинического анализа мочи, исследования показателей камнеобразующих субстанций в разовой порции мочи и суточной моче).
3. Оценка результатов анализа минералогической структуры почечного камня.
4. Интерпретация результатов выполнения теста с «Кальциевой нагрузкой».
5. Характеристика результатов исследования суточного профиля рН мочи.
6. Исследование макроэлементного состава волос.
7. Вывод полученных данных на печать, сохранение отчетов для пациента по всем перечисленным видам исследований.

Сформированный отчет «Биохимическое исследование сыворотки крови» (рис. 2) представляет собой файл в формате .docx, который при закрытии автоматически сохраняется в архиве с именем «ФИО пациента дата взятия материала».docx.

The screenshot displays the application's main window titled 'Оценка специфического метаболического статуса пациентов с МКБ'. It features a patient information section with fields for 'Фамилия' (Хлестаков), 'Имя' (Иван), and 'Отчество' (Александрович). Below this is a section for 'Биохимическое исследование сыворотки крови' with a date of '01.01.2022'. The results are organized into several tables:

- Биохимические константы:**

Общий белок (ОБ), г/л	75,8
Альбумин, г/л	38,3
Глюкоза, ммоль/л	5,82
Мочевина, ммоль/л	6,5
Креатинин, ммоль/л	74,5
Общий холестерин, ммоль/л	5,29
- Активность ферментов:**

АЛТ, Е/л	5
АСТ, Е/л	10,2
АСТ/АЛТ	2,04
ЛДГ, Е/л	223,9
ЩФ, Е/л	63,7
ГГТП, Е/л	29,1
КФК, Е/л	19,5
- Камнеобразующие субстанции сыворотки крови:**

Мочевая к-та (UA), ммоль/л	502,1
Кальций общий (Ca), ммоль/л	1,95
Фосфор неорганический (P), ммоль/л	1,03
Магний (Mg), ммоль/л	0,79
Калий (K), ммоль/л	4,68
Натрий (Na), ммоль/л	137
Хлор (Cl), ммоль/л	100
- Параметры по показанию:**

С-реактивный белок, мг/л	
Билирубин общий, ммоль/л	
Билирубин прямой, ммоль/л	
Билирубин свободный, ммоль/л	
Ферритин, нг/мл	
Трансферрин, мг/дл	
Железо, ммоль/л	

Overlaid on the application is a preview of a Word document titled 'Биохимическое исследование сыворотки крови № Ф.И.О. Хлестаков Иван Александрович'. The document header includes the name of the 'Белорусская медицинская академия последипломного образования' and the laboratory name 'Научно-исследовательская лаборатория'. The report contains the following data:

Показатель	Результат	Референсные значения
Общий белок	75,8	64-83 г/л
Альбумин	38,3	32-48 г/л
Мочевина	6,5	< 8,3 ммоль/л
Креатинин	74,5	и 80-115 ммоль/л и 53,97 ммоль/л
Глюкоза	5,82	3,3-5,5 ммоль/л
Мочевая к-та	502,1	и 262,0-413,0 ммоль/л и 137,0-293,0 ммоль/л
Общий холестерин	5,29	< 5,2 ммоль/л
Триглицериды	1,53	< 1,7 ммоль/л
коэффициент ШПФ (SHC)	1,01	нет риска: 1,15 ммоль/л средний: 0,9-1,0 ммоль/л высокий риск: 0,9 ммоль/л
коэффициент ШПФ (LDL)	3,99	оптимально: < 2,59 ммоль/л средний: 2,98-3,12 ммоль/л высокий: 4,14-4,89 ммоль/л
ХСА	4,24	< 5,2 отн. ед
Билирубин		общ: < 2,1 ммоль/л прям: < 0,8 ммоль/л своб: < 1,42 ммоль/л
АсАТ	4,9	и < 10,40 Е/л

Рис. 2. Фрагмент сформированного отчета «Биохимическое исследование сыворотки крови»

8. Формирование, вывод на печать и сохранение документа «Метаболический паспорт пациента с МКБ», включающего анализ результатов перечисленных видов исследований с определением химического типа уrolитиаза (рис.3).

Данный метаболический паспорт формируется автоматически и является цифровым выражением итоговой информации о результатах специфической метаболической диагностики мочекаменной болезни, переданной в персонифицированном формате (рис. 3).

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ПАЦИЕНТА С МКБ
Ф. И.О. Иванов И.И. Возраст 03.03.1976, пол м

Основные параметры состояния здоровья					
Показатель			Фактические данные		
Пульс, уд./мин			70		
Артериальное давление (АД), мм рт. ст.			135/85		
Масса тела, кг			175		
Рост, см			85		
Индекс массы тела (ИМТ)			28		
Окружность талии, см			90		
Показатели гуморального здоровья					
Показатель	Референс	Фактические данные	Показатель	Активность фермента, МЕ/л	
				Референс	Фактические данные
ОБ, г/л	64-83	75,8	АСТ	8-20	10,2
Альбумин, г/л	32-46	38,3	АЛТ	7-40	5
Глюкоза, ммоль/л	3,3-6,1	5,82	ЩФ	38-126	63,7
Холестерин, ммоль/л	4,2-5,2	5,29	ГГТ	7-49	29,1
Мочевина, ммоль/л	2,1-8,2	6,5	ЛДГ	208-378	223,9
Креатинин, мкмоль/л	м 80-115; ж 53-97	74,5	КФК	20-200	19,5
Специфические метаболические критерии формирования химического типа камнеобразования в мочевых путях					
Литогенный синдром					
Показатели	Референсные значения		Фактические данные		
Кальциурия	2,5,0-6,6 ммоль/сут		3,21		
	м 0,10-0,69 ммоль/ммоль креатинина; ж 0,11-0,51 ммоль/ммоль креатинина		0,26		
Урикозурия	1,48-4,43 ммоль/сут		5,09		
	м 0,07-0,52 ммоль/ммоль креатинина; ж 0,07-0,45 ммоль/ммоль креатинина		0,41		
Фосфатурия	18,3-33,6 ммоль/сут		27,60		
	м 0,99-5,82 ммоль/ммоль креатинина; ж 1,07-5,27 ммоль/ммоль креатинина		2,20		
Магниурия	3,0-5,0 ммоль/сут		6,23		
	м 0,15-1,10 ммоль/ммоль креатинина; ж 0,18-0,70 ммоль/ммоль креатинина		0,50		
Оксалурия	0,23-0,68 ммоль/сут		1,52		
	м 0,02-0,13 ммоль/ммоль креатинина; ж 0,02-0,08 ммоль/ммоль креатинина		0,12		
Коэффициент Са/Mg мочи	0,55-0,81 отн. ед.		0,52		
Кальциемия	2,1-2,5 ммоль/л		1,95		
Урикемия	м 262-452,0 мкмоль/л; ж 137-393,0 мкмоль/л		502,1		
Уровень Са в волосах	м 400-800 мкг/г волос; ж 500-1700 мкг/г волос		663,7		
Физико-химические факторы риска, ассоциированные с МКБ					
рН мочи	5,5-6,5		5,5		
Суточный диурез	0,8-2,0 л		1,8		
Бактериурия	м <10 ⁴ КОЕ/мл; ж <10 ³ КОЕ/мл		neg		
Гормонально-метаболические факторы риска, ассоциированные с МКБ					
Показатели	Референсные значения		Фактические данные		
ИМТ	18,0-25,0		28		
ОХ	4,2-5,2 ммоль/л,		5,29		
ТГ	<1,7 ммоль/л		1,53		
ХС ЛПВП	>1,45 нет риска; 0,9-1,45 средний риск; <0,9 высокий риск ммоль/л		1,01		
ХС ЛПНП	оптимальное значение <2,59; средний риск 2,59-4,12; высокий риск 4,14-4,89 ммоль/л.		3,99		
ХКА	<3,5отн. ед.		4,24		
Гликемия	3,3-6,1 ммоль/л		5,82		
Индекс НОМА-IR	≥2,7отн. ед.		1,35		
ПТГ	10,0-66,0 нг/л		34,41		
25-гидроксивитамин D3	30,0-100,0 нг/мл		43,68		
Заключение: Специфический метаболический статус пациента на момент обследования соответствует <i>оксалатному</i> химическому типу камнеобразования в мочевых путях					
Примечание: биохимические показатели, имеющие патологическое отклонение, маркированы жирным курсивом					

Рис. 2. Формат метаболического паспорта

Разработанная на основе информационных технологий, экспертная программа автоматизированной оценки результатов лабораторных исследований положена в основу оптимизации постаналитического этапа специфической метаболической диагностики МКБ. Используемая как на одиночном компьютере, так и в локальной сети, состоящей из серверной и клиентской части, она реализует управление правами доступа к клиентской части, руководствуясь базой знаний (справочники-таблицы), и предназначена для поддержки работоспособности сформированной нами «Базы данных пациентов с МКБ» как информационного ресурса автономного уровня.

Заключение

Предлагаемая автоматизированная экспертная система «Urolithiasis» при проведении специфической метаболической диагностики МКБ обеспечивает повышение качества оказания медицинских услуг пациентам с уролитиазом в условиях неопределенности и неполноты полученной информации, предоставляя врачу-клиницисту данные, основанные на цифровом выражении лабораторных показателей.

Практическая доступность программы позволит реализовать ее в работе врача-уролога, врача-нефролога, врачей клинической лабораторной диагностики и общей практики на любом региональном уровне лечебно-профилактических учреждений Республики. При консультировании пациентов с мочекаменной болезнью разработанная экспертная система даст возможность врачу:

- провести комплексный анализ результатов всех изучаемых показателей,
- выявить патогенетическую связь нарушений обмена веществ с химическим составом мочевого камня,
- обосновать выбор лечебной тактики, основанный не только на опыте и интуиции врача, но и на объективной оценке характера метаболических нарушений, приводящих к риску камнеобразования в мочевых путях,
- разработать индивидуальную программу лечения с целью предотвращения рецидива патологии.

Точный поиск диагностического решения с индивидуализацией профилактического и терапевтического воздействия на формирующиеся нарушения позволит врачу «работать не только с прошлым пациента», констатируя наличие мочевого камня, но и «вмешаться в будущее».

Список литературы

1. Щербо С.Н. Тенденции развития и технологии современной лабораторной медицины //Лабораторная медицина. – 2013. – №12.
2. Петров С.В., Корневский Н.А., Серегин С.П., Халилов М.А., Михайлов И.В. Чуклинова Л.В. Применение информационных технологий при урологических заболеваниях //Фундаментальные исследования. – 2015. – №1-4:810-813
3. Вошула В.И. Мочекаменная болезнь: этиология, патогенез, лечение и метафилактика. Минск: Зималето; 2010.
4. Зиганшина А.А., Сухоруков В.С. Молекулярные предикторы химических типов уролитиаза // Российский вестник перинатологии и педиатрии, 2017. 62(5).
5. Turk C. Knoll T. и др. Руководство ЕАУ по мочекаменной болезни. Европейская ассоциация урологов, 2015. (на русском языке).