

# АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Г.И. Назаренко, О.В. Андропова

Медицинский центр Банка России, Москва

## Алгоритмическая модель оптимизации лабораторной диагностики

Г.И. Назаренко, О.В. Андропова

Медицинский центр Банка России, Москва

Обсуждается проблема совершенствования современных диагностических технологий. Внедрение алгоритмического подхода в условиях стремительного роста стоимости лабораторно-инструментальных исследований способно оптимизировать диагностический поиск и затраты на него. Рассматриваются различные алгоритмические модели, их свойства и структура. В качестве примера приводится алгоритм дифференциальной диагностики гипокалиемии.

**Ключевые слова:** алгоритм, лабораторная диагностика, гипокалиемия

**РФК 2007;4:46–50**

## The algorithmic model of laboratory diagnostics optimization

G.I. Nazarenko, O.V. Andropova

Medical Centre of Bank of Russia, Moscow

The problem of improvement of modern diagnostic technologies is discussed. Introduction of algorithmic approach is able to optimize diagnostics and its costs. Various algorithmic models, their features and structure are reviewed. As an example the algorithm of differential diagnostics of hypokaliemia is presented.

**Key words:** algorithm, laboratory diagnostics, hypokaliemia

**Rational Pharmacother. Card. 2007;4:46–50**

## Введение

Внедрение современных диагностических технологий позволяет получать новые данные о механизмах развития и прогрессирования заболеваний, оценивать их тяжесть и определять прогноз. Применение новых лекарственных препаратов и высокотехнологичных методов лечения требует постоянного мониторинга показателей состояния пациентов. Часто важную информацию дают данные лабораторных исследований, не выходящие за пределы нормы, поэтому принятие решения становится процессом, в котором имеет значение не только последовательность выполнения действий, но и компетентность врача в интерпретации результатов анализов.

В условиях стремительного роста стоимости лабораторных и инструментальных исследований особое значение имеют технологии, позволяющие оптимизировать диагностический поиск и проводить дифференциальную диагностику заболеваний со сходными клиническими проявлениями. Одним из таких технологических подходов являются диагностические алгоритмы, помогающие врачу-клиницисту выбрать наиболее эффективный и экономичный путь установления диагноза и последующего лечения пациента.

## Особенности алгоритмического подхода

Клинические алгоритмы публикуются в англоязычной медицинской литературе с 1968 г. Алгоритм определяют как точное общепонятное предписание поэтапного выполнения (в оптимальной последовательности) элементарных интеллектуальных операций и действий для установления диагноза всех заболеваний, проявляющихся данным ведущим симптомом [1]. Алгоритм содержит логические связи (если – то) и обеспечивает получение требуемого результата на основе исходных данных. Подобно тому, как понятие «число» можно обозначить разными способами – 2, II или «два», так и клинические алгоритмы могут быть представлены в трех форматах – схемах, протокольных таблицах и в виде текста [2].

При изложении сложных последовательностей и логических связей текстовый формат менее эффективен, чем схемы. В протоколах перечислены этапы сбора данных и рекомендации по лечению пациента, однако в большинстве протоколов отсутствует четкая последовательность выполнения действий. Поэтому основной формой представления алгоритмов в медицинской практике является карта или схема, основанная на

«дереве принятия решения» (“decision tree”). Построение дерева начинается от одного произвольно выбранного признака (гипокалиемия, нормоцитарная анемия) или синдрома. Выбор направления или «ветви дерева» определяют клинические показатели, не допускающие двойственного толкования. Такими показателями чаще всего являются результаты лабораторных тестов.

А. Donabedian и А.М. Audet подчеркивали, что схему клинического алгоритма можно рассматривать как одну из форм практического руководства [3,4]. Диагностические алгоритмы бывают трех типов [3-5]:

- алгоритмы, используемые для оценки результатов лабораторных исследований;
- алгоритмы, используемые для диагностики и дифференциальной диагностики заболеваний;
- алгоритмы, применяемые для конкретных задач, поставленных врачом-клиницистом.

### Свойства и структура алгоритмов

Алгоритмическая модель структурирована и построена по принципу блок-схемы. Общими свойствами алгоритмов, позволяющими использовать их при создании компьютерных программ дифференциальной диагностики, являются универсальность, воспроизводимость, надежность, дискретность, определенность и результативность.

Универсальность – алгоритм должен обеспечивать дифференциальную диагностику всех заболеваний, основным проявлением которых является выбранный признак. После первого теста исходным условием процесса может быть микроцитарная анемия, завершением диагностического поиска будет установление диагноза сидеробластной анемии или талассемии. Алгоритм дифференциальной диагностики синдрома боли в грудной клетке позволит диагностировать и острый инфаркт миокарда, и вертеброгенную торакалгию.

Дискретность – алгоритм должен представлять процесс решения задачи как последовательное выполнение простых (или ранее определенных) шагов. Каждое действие, предусмотренное алгоритмом, исполняется только после того, как закончилось предыдущее.

Определенность – каждый шаг алгоритма должен быть четким, не требующим дополнительных разъяснений.

Результативность – алгоритм должен приводить к эффективному решению задачи за конечное число шагов.

В последнее время достигнуты значительные успехи в стандартизации и установлении научно обоснованных подходов к лечению больных. Комбинаторные алгоритмы дифференциальной диагностики, оформленные в соответствии с предложением Комитета по стандартизации клинических алгоритмов (Society for Medical Decision Committee on Standardization of Clinical Al-

Таблица 1. Составные элементы алгоритмов

	Ячейка клинического утверждения – прямоугольник с закругленными углами, в котором указаны клиническая проблема или заключение. Имеет только один выход, может иметь или не иметь вход. С этой ячейки всегда начинается алгоритм. Начальная ячейка описывает клиническую проблему, решаемую с помощью алгоритма. Ячейки внутри алгоритма используются для уточнения состояния пациента или диагноза.
	Ячейка решения – шестиугольник (или ромб), на котором происходит разветвление альтернативных решений. Всегда имеет вход и два выхода. Текст внутри этих ячеек представляет собой вопрос и заканчивается вопросительным знаком. Если требуется провести одновременно два теста, то указывается, должны ли быть оба результата положительными («и»), или достаточно одного положительного теста («или») для следования в направлении «да». В одной ячейке может содержаться несколько вопросов. В таком случае уточнены критерии для направления «да» (например, все признаки присутствуют, присутствует любой из трех признаков).
	Ячейка действия – прямоугольник, в котором указано мероприятие, обычно диагностическое или лечебное. Если нужно произвести несколько действий, не требующих уточнения последовательности, то действия размещают в одной ячейке, но с новой строки. Действия могут быть пронумерованы, предварены знаком тире или другим обозначением. Когда действия объединены через «и» или «или», союзы расположены на отдельной строчке для наглядности.
	Связующая ячейка – небольшой овал, помещаемый на пути связующей стрелки в месте разрыва страницы или выноса отдельных узлов схемы. В ней указывается «см. следующую страницу, ячейку №...». Ячейки клинических утверждений, решений и действий последовательно пронумерованы слева направо и сверху вниз, связующие ячейки не нумеруются.
	Стрелки связывают ячейки сверху вниз и слева направо (возможны левые и боковые верхние ответвления). Стрелки никогда не пересекаются. Чтобы избежать пересечения, используются связующие ячейки. Стрелки, начинающиеся от ячеек решения, обозначены словами “да” или “нет”. Никакой другой текст на стрелках не указывается. По возможности, стрелки “да” ориентированы направо, стрелки “нет” – вниз. Каждая общая схема алгоритма, по мере возможности, расположена на одной странице. При необходимости переноса алгоритма на следующую страницу разрыв сделан на логически оправданном этапе. В сложных алгоритмах первая страница служит схемой распределения пациентов на подгруппы, которые определяют в ячейках клинических утверждений.

gorithms), позволяют оптимизировать временные и материальные ресурсы и установить диагноз с минимальным риском для больного [6-9].

Алгоритмический метод принятия клинического решения представляет рациональный путь от отдельного симптома до установления диагноза. В жесткой алгоритмической модели существует вероятность игнорирования редких заболеваний. Эту проблему решают краткие комментарии к алгоритмам диагностики, которые содержат всю необходимую информацию, позволяют уточнить этапы диагностического поиска и очертить круг заболеваний, включая редкие и малоизвестные (таблица 1).

Представленный алгоритм диагностики гипокалиемии основан на использовании и адаптации национальных и международных рекомендаций ведения пациентов, на данных клинических исследований, выполненных в соответствии с принципами доказательной медицины. В комментарии и библиографии приведены общепринятые уровни ранжирования достоверности данных клинических исследований [6].

**Таблица 2. Уровни ранжирования достоверности данных клинических исследований.**

Класс достоверности	Вид исследований
Класс А	рандомизированные контролируемые испытания медицинских вмешательств (РКИ)
Класс В	когортное исследование или одно РКИ
Класс С	нерандомизированное клиническое испытание, исследование «случай-контроль», исследование чувствительности и специфичности диагностического теста, популяционное описательное исследование
Класс D	аналитическое одномоментное исследование, описание серии случаев, описание отдельного случая
Класс М	мета-анализ, систематические обзоры, анализ стоимости/эффективность
Класс R	соглашение экспертов, обзор фактов

## Алгоритм дифференциальной диагностики гипокалиемии

*Комментарий к алгоритму (см. рисунок): гипокалиемия [9-14]*

1. Симптомы недостаточности калия неспецифичны: мышечная слабость, нарушения ритма и проводимости сердца, тошнота, рвота, атония кишечника и мочевого пузыря.

4. Основной механизм – повышенная потеря калия («гипокалиемия истощения») - возникает при длительном лечении осмотическими диуретиками и салуретиками, сахарном диабете (почечный путь).

7. Для оценки факторов риска артериальной гипертензии и поражения органов-мишеней проводят ультразвуковое исследование почек и надпочечников.

8. Разницу в размере почек, превышающую 1,5 см – характерный признак вазоренальной артериальной гипертензии (АГ), - выявляют у 60-70% больных. Дуплексное сканирование с цветным доплеровским картированием почечных артерий позволяет диагностировать стенозы почечных артерий, преимущественно локализованные в устье сосуда.

9. Углубленное исследование для выявления вторичных форм АГ.

10. Ренин усиливает секрецию калия в просвет почечных канальцев, активность ренина определяют в горизонтальном положении. Чувствительность МР-ангиографии в диагностике вазоренальной гипертонии превышает 95%.

11. Очень высокий уровень ренина наблюдается при рениномах. Соотношение концентрации ренина в почечных венах и нижней полой вене позволяет оценить функциональную значимость стеноза почечной артерии.

12. Первичный гиперальдостеронизм (синдром Кона) – редкое заболевание, причиной которого становятся альдостерома или гиперплазия надпочечников. Повышенное образование альдостерона (вторичный альдостеронизм при сердечной недостаточности, циррозе печени, нефротическом синдроме) приводит к снижению почечной перфузии и повышенному выделению калия. Для дифференциальной диагностики альдостеромы и гиперплазии коры надпочечников применяют тест с 4-часовой ходьбой; проводят пробу с дексаметазоном. Псевдогиперальдостеронизм (синдром Лиддла) – аутосомно-доминантная тубулопатия с усиленной канальцевой реабсорбцией Na<sup>+</sup> и вторичной потерей К. Синдром Кушинга обусловлен избыточной секрецией глюкокортикоидных гормонов и опосредованной минералокортикоидной активностью.

17. При хлорид-резистентном алкалозе (кроме синдрома Бартера) обычно наблюдается АГ и нормальный объем внеклеточной жидкости. Предполагаемый механизм развития синдрома Бартера – повышение уровня альдостерона крови и простагландинов в моче. Синдром Гительмана – наследственно-генетическая тубулопатия, при которой в почках нарушается канальцевый транспорт ионов. Большие дозы диуретиков, действуя на дистальные канальцы, вызывают снижение объема внеклеточной жидкости, стимуляцию секреции альдостерона и метаболический алкалоз. Лечение должно быть направлено на устранение дефицита ка-

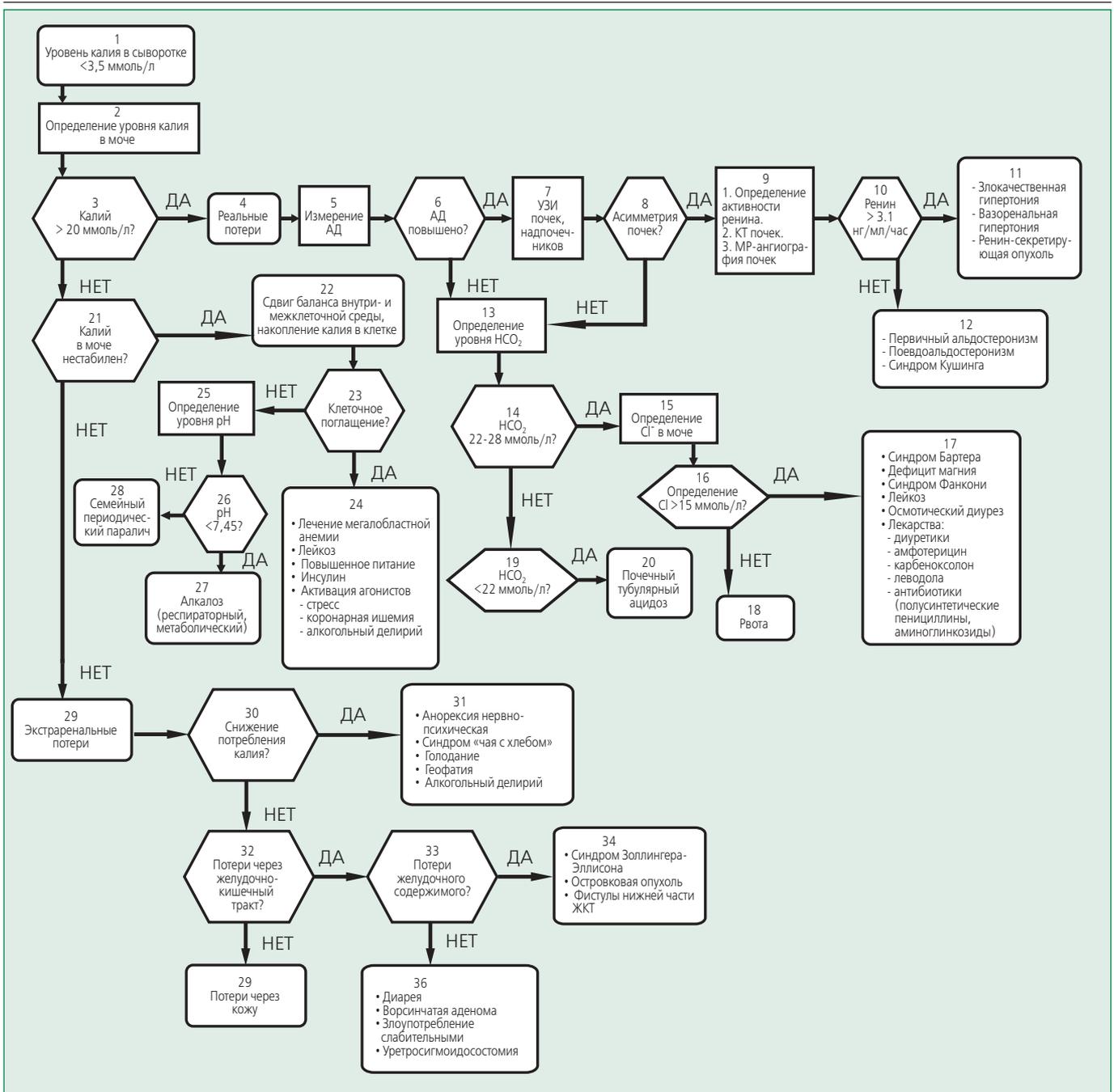


Рисунок. Комбинаторная дифференциальная диагностика гипокалиемии

лия и магния. Осмотический диурез обычно развивается при глюкозурии и диабетическом кетоацидозе; требуется коррекция углеводного обмена и возмещение потерь калия.

18. Хлорид-чувствительный (метаболический) алкалоз развивается при потере жидкости через желудочно-кишечный тракт (рвота, аспирация содержимого желудка, ворсинчатая аденома). Лечение должно быть направлено на возмещение потерь хлора.

20. Почечный тубулярный ацидоз представляет собой наследственный или спорадический дефект реабсорбции кальция, бикарбоната и калия в дистальных и/или проксимальных канальцах, что сопровождается

усиленной потерей ионов калия с мочой и приводит к гипокалиемии. Часто наблюдается вторичный гиперальдостеронизм.

24. Усиленное поглощение калия из внеклеточного пространства происходит при инсулинотерапии, инсулиномах, тиреотоксикозе, повышенной  $\beta$ -адренергической активности, стрессе и ишемии миокарда.

27. Метаболический алкалоз индуцирует массивная инфузия щелочных растворов, дыхательный алкалоз – искусственная вентиляция легких в режиме гипервентиляции. В редких случаях гипокалиемия развивается при отравлении барием.

28. Миоплегия Вестфала – редкое, доминантно-на-

следуемое заболевание. Приступы паралича провоцируют углеводы, инсулин,  $\beta$ -адреномиметики. Для купирования используют пропранолол, спиронолактон.

29. Гипокалиемия часто развивается при потере калия в желудочно-кишечном тракте.

31. Сниженное потребление встречается у лиц с хроническим алкоголизмом, нейрогенной анорексией и пожилых. В редких случаях наблюдают извращенный аппетит, употребление красной глины, затрудняющей всасывание калия.

35. Интенсивные физические нагрузки, особенно при высокой температуре, обильное потоотделение у женщин в менопаузе приводят к гипокалиемии легкой или умеренной степени. Спортсменам следует возмещать хроническую потерю калия с потом употреблением соков или напитков, обогащенных калием.

36. Ворсинчатые аденомы, составляющие от 2 до 12% опухолей толстой кишки, часто сочетаются с гипокалиемией. Потеря калия при поносах достигает 80 ммоль/л. Уретеросигмоидостомия – редко приме-

няемый способ отвода мочи - заключается в имплантации мочеточников в изолированный сегмент сигмовидной кишки. Выделение калия и бикарбонатов в просвет сигмовидной кишки приводит к метаболическому ацидозу и гипокалиемии. Потерю калия уменьшает имплантация мочеточников в подвздошную кишку.

## Заключение

Комбинаторные алгоритмы дифференциальной диагностики являются результатом сотрудничества врачей разных специальностей (клиницистов, врачей лабораторной и инструментальной диагностики), взаимодействие которых осуществляется с помощью формализованных методов обмена информацией. Стандартизация облегчает восприятие схем, способствует объединению различных алгоритмов в единый информационный лечебно-диагностический процесс и дальнейшему совершенствованию медицинских технологий, оптимизации лечения и созданию систем искусственного интеллекта.

## Литература

1. Наумов Л.Б. Можно ли и как оптимизировать мышление? Что такое диагностический алгоритм? <http://www.inauka.ru/data/Inaumov/art2/P1.htm>
2. Proposal for clinical algorithm standards. Society for Medical Decision Committee on Standardization of Clinical Algorithms. *Med Dec Making* 1992;12(2):149-54.
3. Donabedian A. Explorations in quality assessment and monitoring. Vol. II: The criteria and standards of quality. Ann Arbor (MI): Health Administration Press; 1982.
4. Audet A.M., Greenfield S., Field M. Medical practice guidelines: current activities and future directions. *Ann Intern Med* 1990;113:709-14.
5. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований. М.: Медицина; 2000.
6. Institute for Clinical Systems Improvement. <http://www.icsi.org>
7. Hadorn D.C., McCormick K., Diokno A. An annotated algorithm approach to clinical guideline development. *JAMA* 1992;267:3311-14.
8. Miller T.W., Ryan M., York C. Utilizing algorithms and pathway of care in allied health practice. *The Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice* 2005;3(2). <http://ijahsp.nova.edu/articles/vol3num2/miller.htm>
9. Healey P.M., Jacobson E.J. Common medical diagnoses: an algorithmic approach. 3rd ed. Philadelphia etc., Saunders; 2000.
10. Тейлор Р.Б. Трудный диагноз. В 2 т. М.: Медицина; 1995.
11. Фаучи Э., Браунвальд Ю., Иссельбахер К., Уилсон Д., Мартин Д., Каспер Д. и др., редакторы. Внутренние болезни по Тинсли Р. Харрисону. В семи томах. М.: Практика – Мак-Гроу–Хилл; 2005.
12. Национальные Рекомендации ВНОК и ОССН по диагностике и лечению ХСН (второй пересмотр). Сердечная недостаточность 2007;8(1):4-41.
13. ACC/AHA 2005 Guideline Update for the Diagnosis and Management of Chronic Heart Failure in the Adult. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Update the 2001 Guidelines for the Evaluation and Management of Heart Failure). *Circulation* 2005; 112: e154-e235.
14. Профилактика, диагностика и лечение артериальной гипертензии. Российские рекомендации (второй пересмотр). Кардиоваскулярная профилактика 2004; (приложение): 1–20