

УДК 615.3:539.163:616.61-053.2

# ДИНАМИЧЕСКАЯ РЕНОСЦИНТИГРАФИЯ В УРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

В.Ю. Кундин<sup>1</sup>, С.В. Поспелов<sup>2</sup>

*Киевская городская клиническая больница «Киевский городской центр сердца»<sup>1</sup>  
Крымское республиканское учреждение «Клиническое территориальное медицинское  
объединение «Университетская клиника»<sup>2</sup>, Симферополь*

Среди всех методов исследования мочевыделительной системы, методы визуализации занимают передовые позиции. Основное назначение наиболее востребованных ультразвуковых, рентгенологических и КТ исследований – это определение структурно-анатомических параметров и, в какой-то степени, функциональных особенностей почек и мочевых путей [1, 2, 4, 8]. Один из разделов ядерной медицины, радионуклидная визуализация почек и мочевых путей – динамическая реносцинтиграфия (ДРСГ), занимает особое место в этом ряду, незаменима в ранней и точной диагностике, позволяет регистрировать функциональные изменения, намного опережающие анатомические [5, 18].

Эта особенность делает методы ядерной медицины уникальными как в ранней диагностике заболеваний, так и при динамическом наблюдении. Документированная и объективная оценка состояния мочевыделительной системы улучшает планирование и контроль результатов лечения, является необходимым элементом современной медицины и повышает престиж радиологической профессии. ДРСГ – наиболее информативный и часто применяемый метод исследования. Важной особенностью подготовки к исследованиям является гидратация пациента с учетом веса и возраста. Стандартизация диуреза и последовательная многокадровость исследования позволяет исключить ложные пиелоэктазии, дифференцировать парапельвикальные кисты и расширения ЧЛС [5, 9]. В ряде случаев ДРСГ наиболее предпочтительно проводить до экскреторной урографии.

Устойчивое развитие ядерной медицины в мире на протяжении последних десятилетий стало неотъемлемой частью практики в подавляющем большинстве зарубежных клиник, где сцинтиграфия почек является составным элементом стандартного протокола ведения паци-

ентов с заболеванием мочевыделительной системы [11, 21].

Компьютерная гамма-сцинтиграфия наиболее совершенный метод радионуклидных исследований. Сцинтиграфия – это метод регистрации гамма-камерой распределения органо-специфических радиофармпрепараторов (РФП) в органах и системах организма после их внутривенного введения. Гамма-камера является диагностическим прибором с большим полем зрения, оснащенным компьютерной системой и работающим в спектре гамма-излучения РФП. Результаты исследования записываются в файл с пакетом сцинтиграфических изображений. Динамические процессы – серия последовательных кадров в виде цифрового видеофильма, статичные изображения – отдельные кадры [3, 22]. Чувствительность детектора гамма-камеры чрезвычайно высока, и введение небольших индикаторных доз РФП позволяет получить достаточно четкие изображения почек. Важно отметить тот факт, что уровень облучения пациентов от введения диагностической дозы препарата на порядок меньше чем при рентгенологическом обследовании, применяемые РФП не обладают нефротоксичностью, исследования могут выполняться в любом возрасте, с любой степенью почечной недостаточности [5, 18].

## Показания к сцинтиграфии почек:

1. Воспалительные заболевания мочевых путей.
2. Нарушение функции почек по данным лабораторных исследований.
3. Диффузные поражения почек.
4. Врожденные аномалии почек.
5. Мочекаменная болезнь.
6. Травмы почек.
7. Опухоли и кисты почек.
8. Нейрогенный мочевой пузырь.
9. Аденома простаты.

10. Энурез.
11. Гематурия.
12. Нефроптоз.
13. Почка, не выявленная при УЗИ.
14. «Немая» почка.
15. Пузырно-мочеточниковый рефлюкс (ПМР).
16. Лекарственная нефропатия, контраст-индуцированная нефропатия.
17. Артериальная гипертензия.
18. Трансплантация почки (донор и реципиент).
19. Рефлюкс-нефропатия.

Ряд сцинтиграфических методик с использованием органоспецифичных РФП позволяет детально исследовать как анатомо-топографические, так и функциональные параметры почек на всех уровнях мочевыделительной системы от почечного кровотока до опорожнения мочевого пузыря. К таким модификациям ДРСГ относятся:

1. Непрямая ренангиосцинтиграфия.
2. Реносцинтиграфия с  $^{99m}$ Tc-ДТПА (фильтрация).
3. Реносцинтиграфия с  $^{99m}$ Tc-МАГ3 (канальцевая секреция).
4. Реносцинтиграфия с  $^{99m}$ Tc-fosfatами (пироfosfat, метилендифосфанат) [фильтрация].
5. Реносцинтиграфия с фуросемидовым тестом.
6. Реносцинтиграфия с каптоприловым тестом.
7. Непрямая радионуклидная цистография.
8. Урофлоусцинтиграфия.
9. Определение остаточной мочи.

Визуальная оценка функциональных изображений дополняется математической обработкой количественно-временных показателей. Изменение получаемых расчетных данных позволяет в динамике проследить степень ухудшения или восстановления как уринообразующей, так и выделительной функции почек, определить наличие и степень обструкции верхних и нижних мочевых путей [2, 5].

ДРСГ – это методика визуализации почек и мочевыводящих путей сцинтиграфическим методом с использованием гамма-камеры для определения анатомо-топографических особенностей, параметров накопления и выведения нефротропных РФП (НРФП) канальцевого и клубочкового механизмов элиминации. ДРСГ объединяет все преимущества более простых методик (радионуклидная ренография, сканирование почек) и в

отличие от них имеет большие возможности обработки диагностической информации благодаря использованию компьютерных систем.

При проведении ДРСГ одним введением РФП возможно объективно оценить структурные и гемодинамические нарушения, функцию клубочкового или канальцевого аппарата каждой почки раздельно и суммарно, состояние внутрипочечного транзита РФП, уродинамику верхних и нижних мочевых путей, определить остаточную мочу и наличие ПМР [9, 11]. Благодаря селективной органоспецифичности диагностических РФП, визуализируются только система мочевыделения, неподготовленность к исследованию, наличие газов в кишечнике не мешает получить четкое изображение почек и мочеточников, что имеет большое значение при обследовании детей раннего возраста.

Известно, что почечная гемодинамика и экскреторно-эвакуаторная функция почек взаимозависимы. Объединение в один пакет исследования кровоснабжения и выделительной функции почек называется ренангиосцинтиграфией, они взаимно дополняют друг друга и позволяют выявить ранние изменения перфузии органа.

#### **Условия проведения ДРСГ.**

1. Направление больного с предварительным или установленным диагнозом, четко сформулированной целью исследования для максимального использования методики и взаимопонимания между клиницистом и диагностом.
2. Отмена приема мочегонных препаратов за 3–4 дня до исследования.
3. Прием жидкости из расчета 5–10 мл/кг за 40–60 мин. до исследования для детей и 400–500 мл для взрослых.
4. Опорожнение мочевого пузыря непосредственно перед исследованием.
5. Неподвижность пациента во время исследования [11].

Выбор наиболее оптимального НРФП осуществляется врачом-диагностом в соответствии с задачами исследования и учетом нозологической формы заболевания.

**Методика проведения ДРСГ.** Исследование выполняют в положении сидя или в горизонтальном положении больного. У маленьких детей и тяжелых больных исследование выполняют только в горизонтальном положении тела. Детектор гамма-камеры располагают со стороны спины таким образом, чтобы его срединная вер-

тикальная ось была параллельна позвоночному столбу, а горизонтальная – находилась на уровне XII ребер. РФП вводят внутривенно из расчетанной активности объемом 0,3–0,5 мл быстро (болясно). После введения РФП проводится запуск компьютерной программы сбора информации с экспозицией 1–2 кадра в 1 минуту. Продолжительность исследования у детей 20 минут, у взрослых – 20–30 минут. При нарушении функционально-эвакуаторной функции почки – гидронефроз, блокирование конкрементом и т.д. время исследования может быть увеличено до 40 мин и более. При ДРСГ с непрямой ренангиосцинтиграфией почек режим записи информации состоит из двух блоков: ангиография – 1 кадр/сек. в течение 30 сек. у детей, 45–60 сек. у взрослых, и стандартная ДРСГ в течение 20 минут.

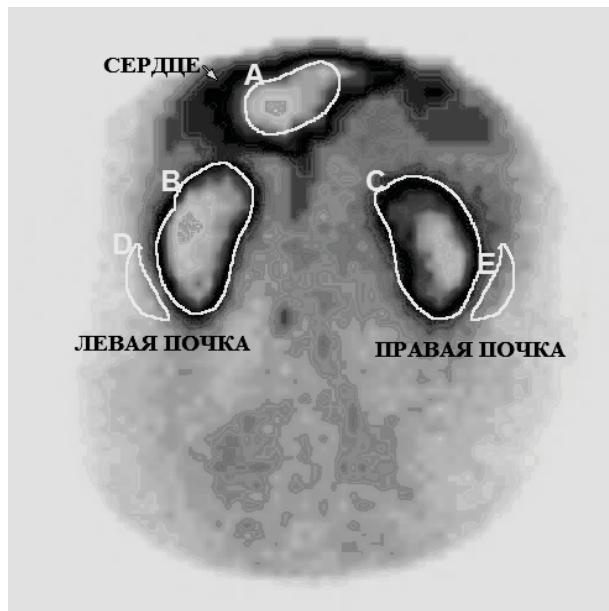
Файл динамической реносцинтиграммы анализируют специализированным программным обеспечением в несколько этапов.

1. Визуальная оценка серии динамических изображений мочевыделительной системы имеет ведущее значение. В зависимости от анатомических и функциональных особенностей сцинтиграфической картины обследуемого, принимается решение о необходимости внесения изменений в проведение стандартного исследования (пролонгация, дополнительные проекции и т.д.). Покадровый просмотр позволяет определить расположение и строение почек, их относительные размеры, равномерность поглощения РФП паренхимой, выявление зон гипофункции – вероятных рубцовых изменений, предварительно оценить степень и асимметрию функционирования почек, уродинамику верхних мочевых путей, своевременность поступления меченой мочи в мочевой пузырь.

2. Посегментный анализ – оценивается накопление и распределение РФП в паренхиме верхнего, среднего и нижнего сегментов каждой почки в момент максимального накопления (в норме на 2–5 мин.). Поглощение РФП в среднем сегменте наибольшее (максимальное количество нефронов) и в меньшей степени – верхнем сегменте.

3. Следующим этапом обработки является анализ по «зонам интереса» (зонам трансфера РФП). Для оценки функционального состояния каждой почки и скорости выведения РФП из крови на кадрах реносцинтиграмм выделяют стандартные «зоны интереса» (замкнутые кри-

евые, окружающие интересующий орган): на изображении сердца, левой и правой почек, зоны фона вблизи почек вне проекции крупных сосудов (Рис. 1). Процесс изменения количества РФП внутри «зон интересов» (перемещение РФП из крови через почку в мочевой пузырь) отображается в виде кривых – графиков ренограмм. Анализируются три основные кривые, которые отображают транспорт РФП через сердце (клиренсовая экспонента), левую и правую почки (ренограммы). Вычитание фонового излучения окружающих мягких тканей («зона интереса» фона) из излучения почки («зона интереса» почки) позволяет сформировать истинные ренограммы и их амплитудно-временные параметры. Это имеет значение в том случае, если применяется РФП с меньшей скоростью элиминации (выведения из крови), и наличие у пациентов почечной недостаточности различной степени, когда выведение РФП и кровеносных сосудов замедлено.



**Рис. 1. «Зоны интереса» для расчета амплитудно-временных параметров динамической реносцинтиграфии (A – сердце, B, C – левая и правая почки, D, E – зоны фона для левой и правой почек)**

Построение ренограмм (графиков функций) из зон интереса (зон трансфера РФП) и их математическая обработка осуществляется специализированным программным обеспечением. Сформированные графики отражают изменение количества РФП в правой и левой почках в

системе координат активность-время от момента введения РФП и до конца исследования.

Кривые ренограмм в норме состоят из трех четко выраженных сегментов, сосудистого (30–60 сек.), накопительного (2–5 мин.) и выделительного – почечный клиренс (Рис. 2). Деление на сегменты условно, так как трансфер РФП кровь-моча не носит дискретный характер. Сосудистый сегмент – резкий вертикальный

подъем кривой, характеризующий степень кровоснабжения почки. Накопительный сегмент ренограммы – от конца сосудистого сегмента до максимального накопления ( $T_{\max}$ ) или плато. Этот сегмент условно отражает процесс захвата РФП из крови, накопление и внутрипаренхиматозный транзит. Выделительный (нисходящий) сегмент наиболее вариабелен и в основном зависит от эвакуации мочи из ЧЛС почки.

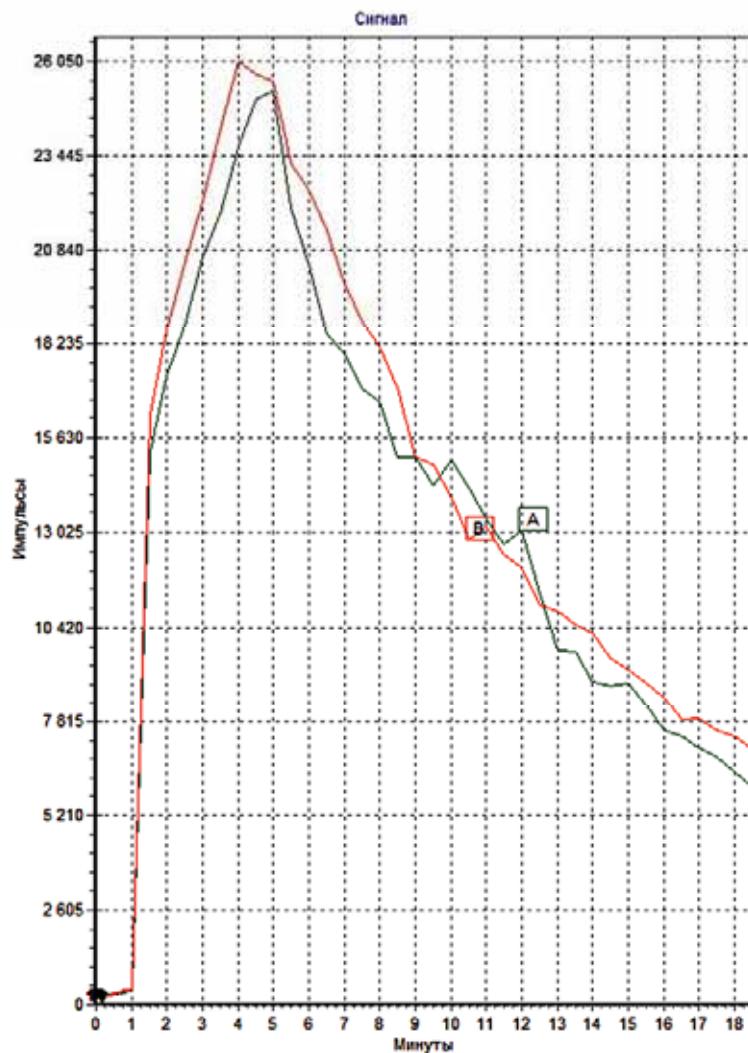


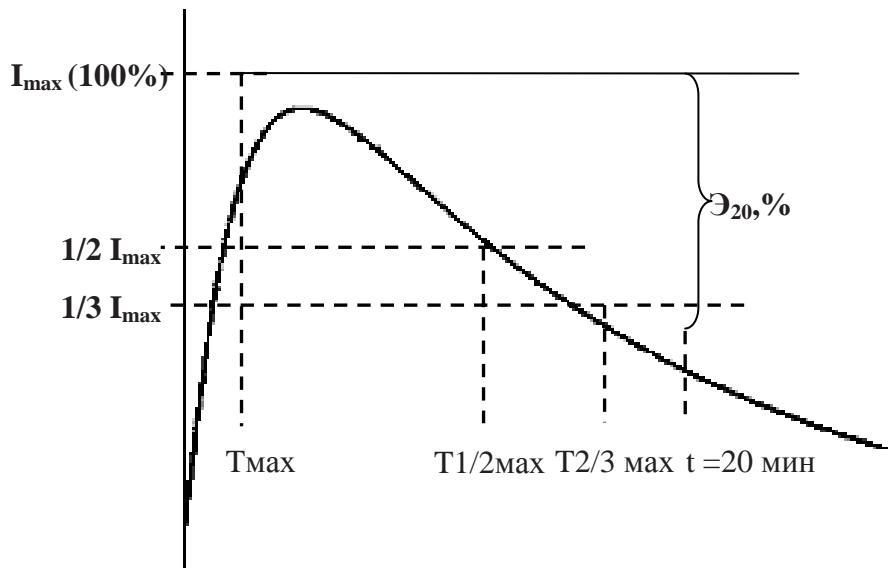
Рис. 2. Кривые транзита РФП через левую (А) и правую (В) почки

По сердечной кривой рассчитываются количественно-скоростные параметры очищения крови, проводится расчет скорости клубочковой фильтрации (СКФ) и эффективного почечного плазмотока (ЭПП), оценивается суммарная очистительная функция почек. Ренограммы нормально функционирующих почек высокоампли-

тудные, симметричные, с четко выраженным сегментами. По ренограмме рассчитывают параметры скорости образования и выведения мочи каждой почкой ( $T_{\max}$ ,  $T_{1/2\max}$ ,  $T_{2/3\max}$  и  $\mathcal{E}_{20}$ ), и вклад каждой почки в суммарную функцию (Рис. 3). Параметр  $T_{\max}$  отражает время максимального накопления РФП в почке – в норме

точка равновесия между накоплением и экскрецией РРФ с мочой. Параметры  $T_{1/2\text{MAX}}$  (время полувыведения РРФ),  $T_{2/3\text{MAX}}$  (время выведения 2/3 активности из почки) и  $\Theta_{20}$  (процент выведения РРФ к 20-й или 30-й минутам исследования)

характеризуют степень выведения меченой РРФ мочи из почки. Допустимое отклонение до 10-15%. Типичная сцинтиграфическая картина и кривые ренограмм нормально функционирующих почек представлены на рисунке 4.



**Рис. 3. Расчет основных транспортных параметров ДРСГ по ренографической кривой**

4. Анализ секреторной или фильтрационной функции каждой почки в отдельности и суммарно проводится путем обсчета кардиальной экспоненты (суммарная функция) и доли вклада каждой почки в выведение РРФ из крови.

Методика расчета ЭПП и СКФ основана на расчете клиренса НРРФ на основе определения общего клиренса без взятия проб крови и мочи, базируется на математической обработке сердечной кривой. Снижение радиоактивности НРРФ во времени описывается экспонентой, и формула расчета клиренса препарата имеет вид:

$$C = V \times K,$$

где  $C$  – общий клиренс (мл/мин);  $V$  – объем распределения РРФ (мл);

$K$  – константа скорости элиминации ( $\text{мин}^{-1}$ ) – это отношение натурального логарифма 2 (0,693) ко времени полуочищения крови ( $T_{1/2}$ ) на свободной экспоненте (после 9-й минуты).

Для РРФ с клубочковым механизмом элиминации стандартизованный объем распределения

принимается за 7,5% массы тела, для канальцевых РРФ – за 17%. Величину клиренса нормируют на стандартную поверхность тела –  $1,73 \text{ м}^2$ .

Конечная формула расчетов ЭПП и СКФ имеет следующий вид:

$$\text{ЭПП} = \frac{M \times 0,2}{T_{1/2} \times S} \text{ мл/мин};$$

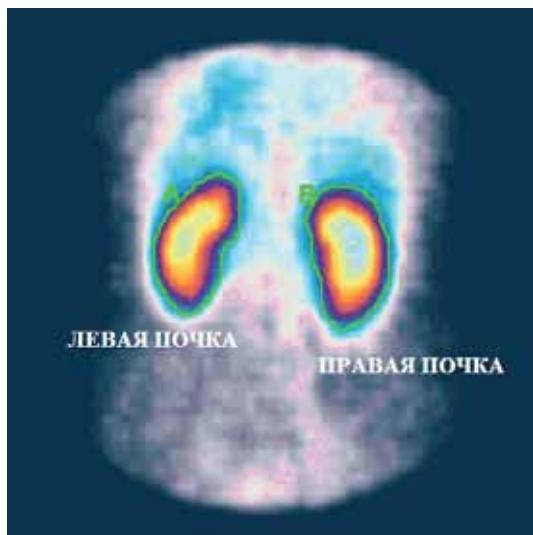
$$\text{СКФ} = \frac{M \times 0,09}{T_{1/2} \times S} \text{ мл/мин},$$

где  $M$  – масса тела пациента (в граммах);

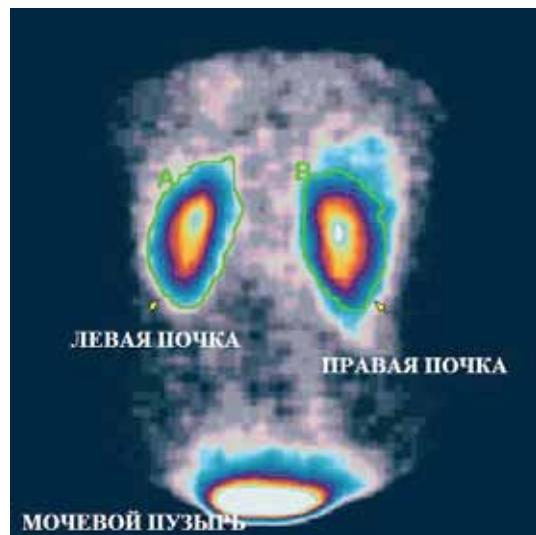
$T_{1/2}$  – период полуочищения крови на свободной экспоненте (мин);

$S$  – поверхность тела пациента ( $\text{м}^2$ ).

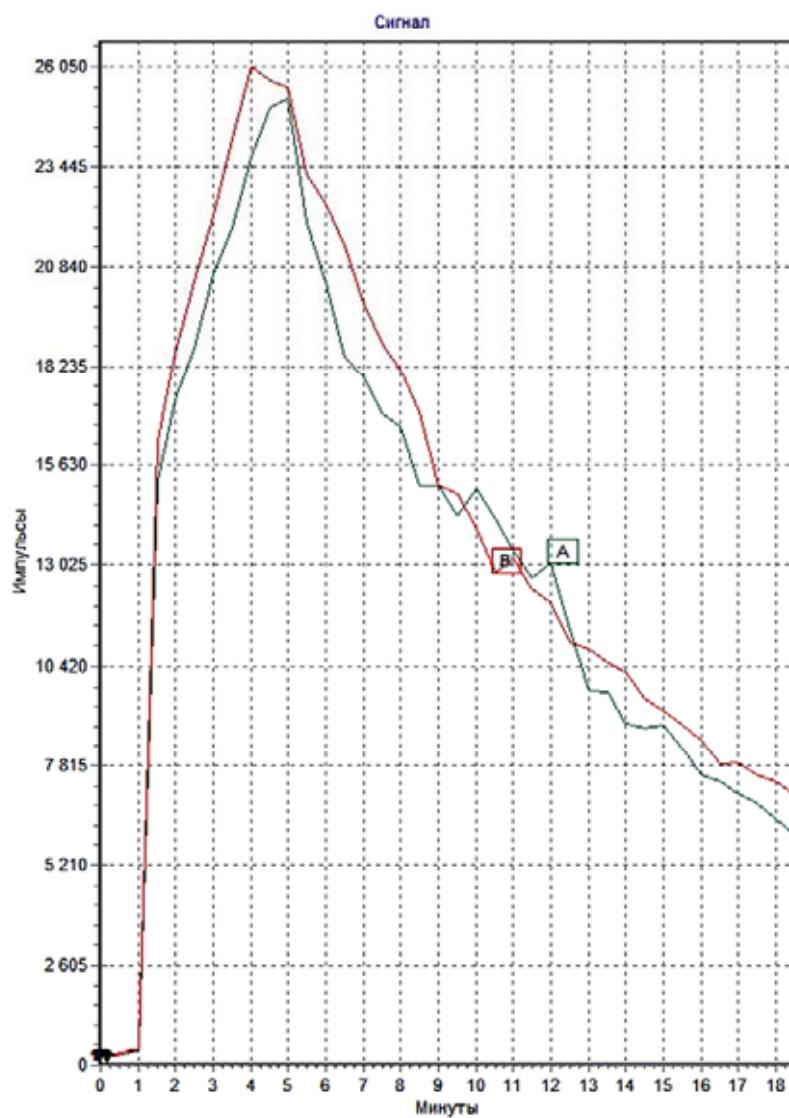
ЭПП и СКФ рассчитывают отдельно для каждой почки по отношению радиоактивности почки на ренограмме с отсечением фона тела на 3-й минуте для клубочковых РРФ и на 2-й минуте – для канальцевых РРФ.



Паренхиматозная фаза



Экскреторная фаза



А - левая ренограмма, В - правая ренограмма

Рис. 4. Нормальный тип ренограмм (РФП  $^{99m}$ Tc-МАГ3)

### Типы патологических ренограмм.

Вид ренографической кривой вариабелен, зависит от уровня кровоснабжения, сохранности

паренхимы, скорости внутрипочечного транзита, и экскреторно-эвакуаторной функции каждой почки (Рис. 5).

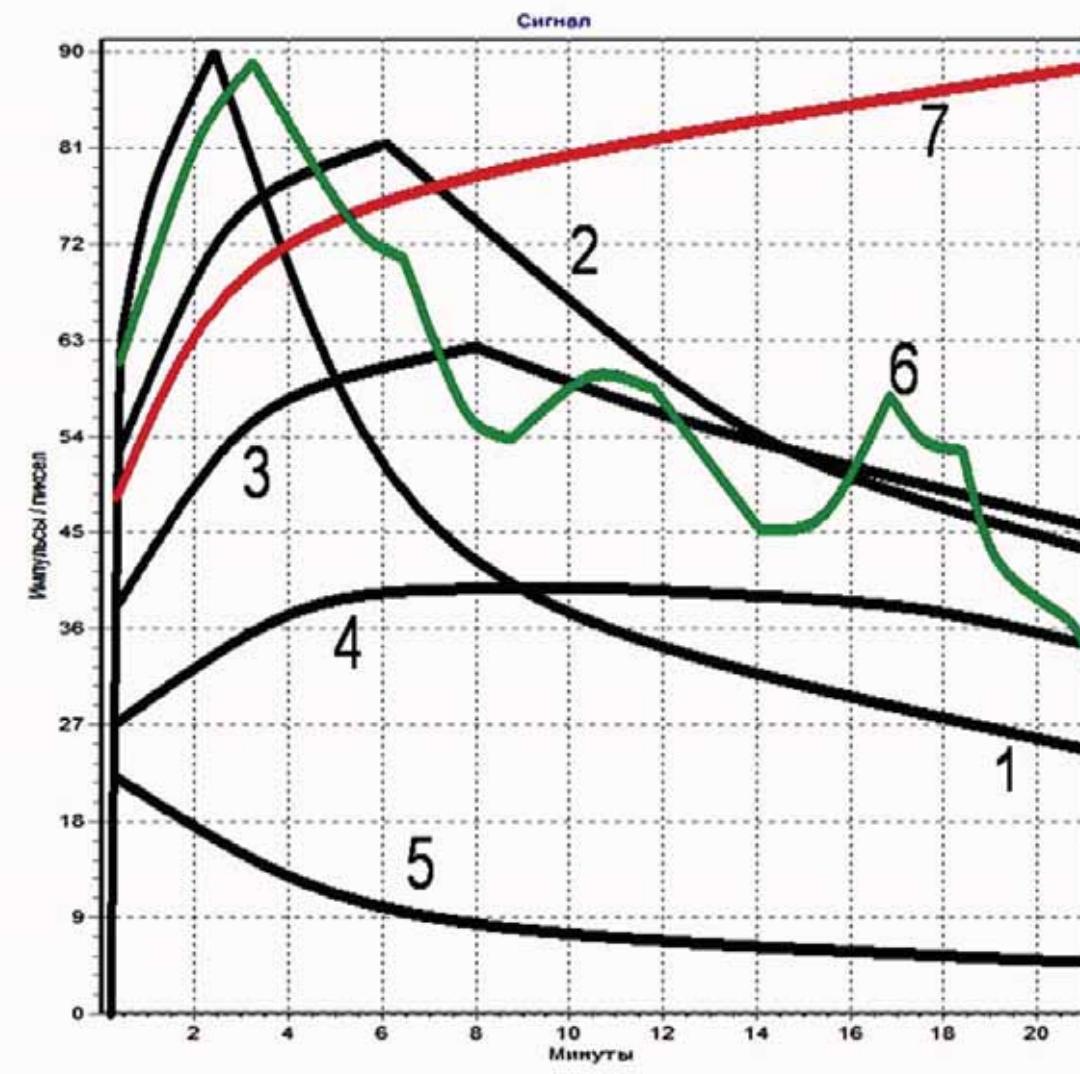


Рис. 5. Виды ренографических кривых, отражающих транспортные характеристики РФП и функциональное состояние почек (1 – нормальный, 2 – паренхиматозный, 3 – гипофункциональный, 4 – изостенурический, 5 – афункциональный, 6 – дискинетический, 7 – обструктивный)

**Паренхиматозный** – характеризуется замедлением временных параметров транспорта РФП (секреторно-экскреторных или фильтрационно-экскреторных), ренограмма имеет пологий характер и меньшую амплитуду (за счет уменьшения количества функционирующих нефронов и замедления внутрипочечного транзита). Такой тип ренограмм чаще встречается при хроническом поражении паренхимы почек, пиелонефrite, гломерулонефrite, мочекаменной болезни, артериальной гипертензии (первичной и вторичной), системных заболеваниях соеди-

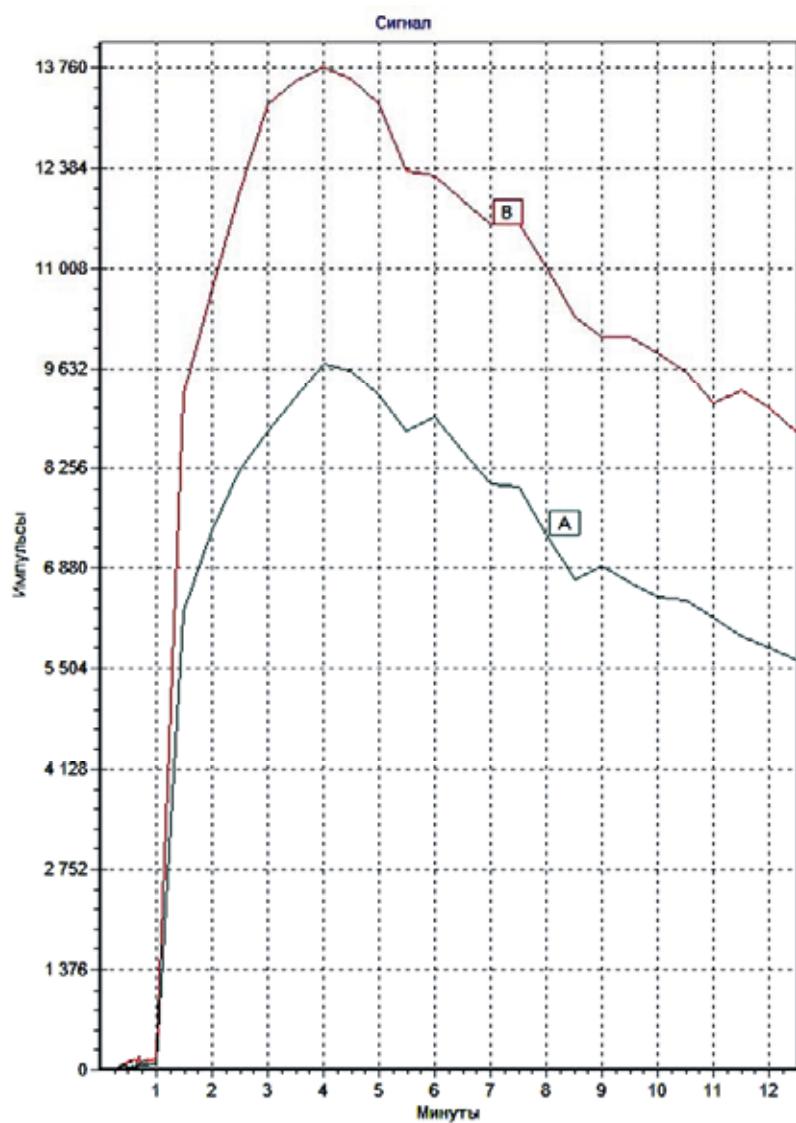
нительной ткани. Встречаются два вида паренхиматозного типа кривых: с умеренным замедлением и значительным замедлением экскреторной способности почки (Рис. 6).

**Гипофункциональный** – вариант ренограммы паренхиматозного типа, характеризуется малой амплитудой и встречается при выраженному нарушении функции почки, формирующемся нефросклерозе. Данный тип кривой указывает на функциональную неполноценность почки (Рис. 7).



Паренхиматозная фаза

Экскреторная фаза



А - левая ренограмма, В - правая ренограмма

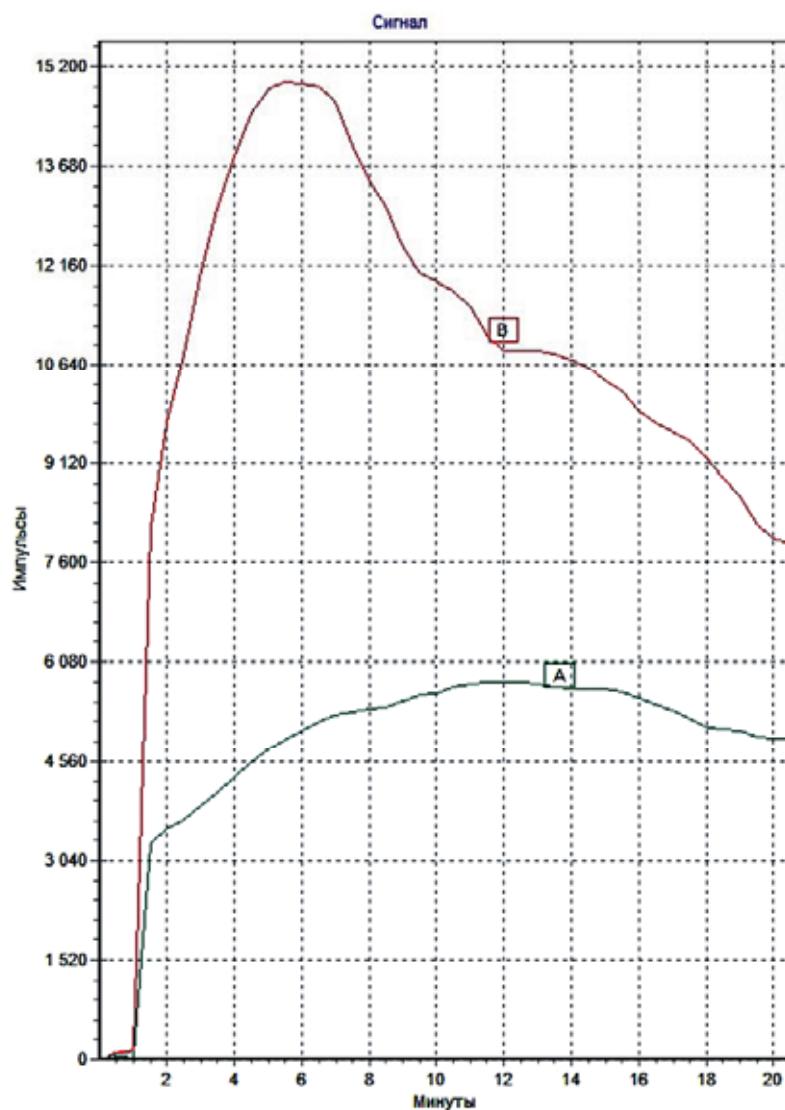
Рис. 6. Паренхиматозный тип ренограмм ( $^{99m}$ Tc-МАГ3)



Паренхиматозная фаза



Экскреторная фаза

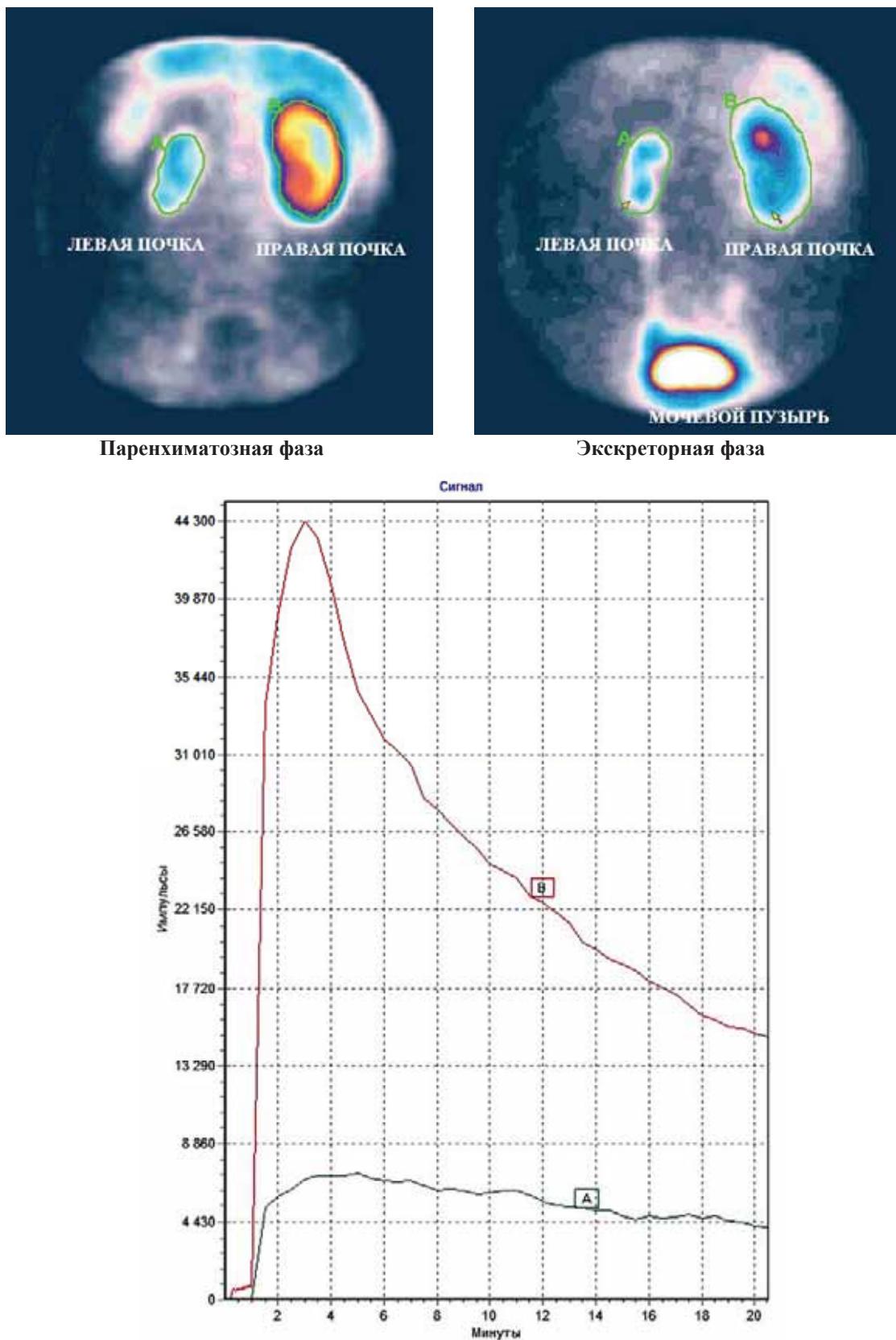


А - левая ренограмма, В - правая ренограмма

Рис. 7. Гипофункциональный тип ренограммы – А (РФП  $^{99m}$ Тс-МАГ3)

**Изостенурический** – встречается при двустороннем поражении почек, что характерно для ХПН, либо одностороннем - при выраженном первичном или вторичном нефросклерозе. Кри-

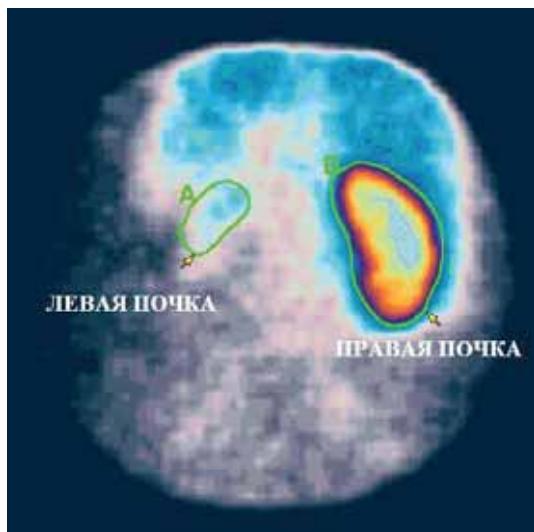
вава в этом случае низкоамплитудная, имеет почти горизонтальный или выраженный паренхиматозный вид, с малоразличимым сегментным строением (Рис. 8).



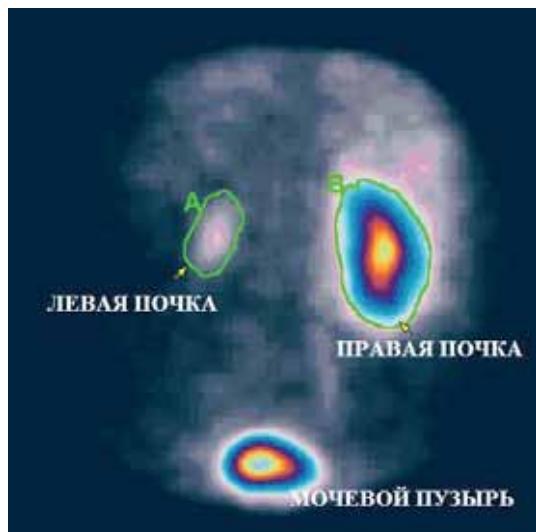
А - левая ренограмма, В - правая ренограмма  
Рис. 8. Изостенурический тип ренограммы – А (РФП  $^{99m}$ Тс-МАГ3)

**Афункциональный** – кривая имеет вид горизонтальной или нисходящей линии с маленькой амплитудой без дифференциации на

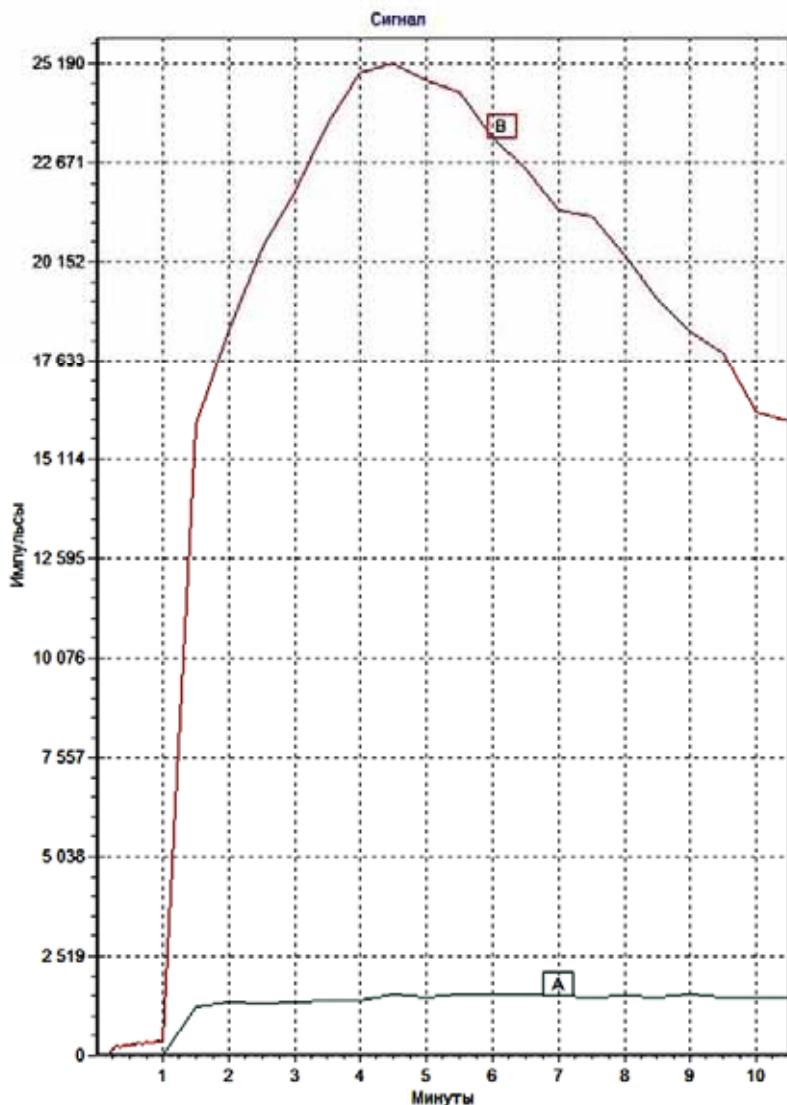
сегменты и является свидетельством отсутствия в почке функционирующей паренхимы, аналогична фоновой кривой (Рис. 9).



Паренхиматозная фаза



Экскреторная фаза

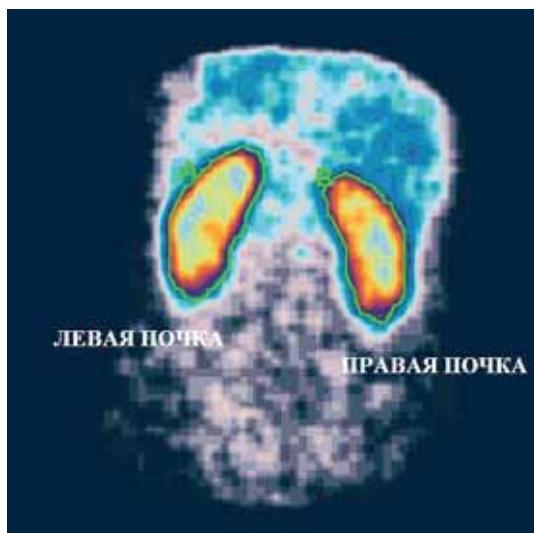


А - левая ренограмма, В - правая ренограмма

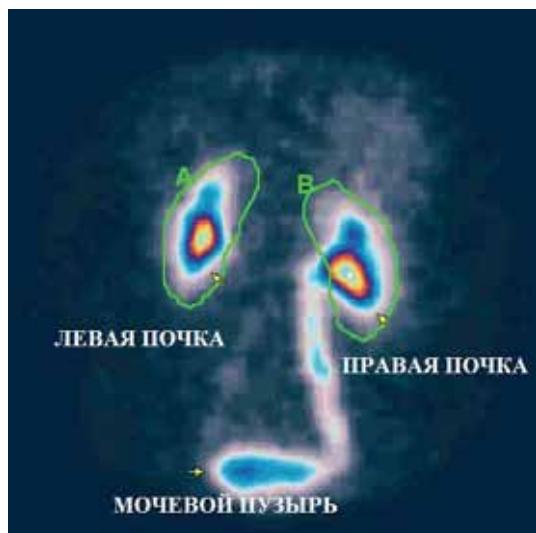
Рис. 9. Афункциональный тип ренограммы – А (РФП  $^{99m}$ Tc-МАГ3)

**Дискинетический** (по некоторым авторам рефлюксный тип) – характеризуется волнистостью или наличием пиков подъема и спада на нисходящем экскреторном третьем сегменте ренограммы. Такой тип кривой встречается при не равномерности пассажа мочи по мочеточнику, наличии компенсированного уретеровазального

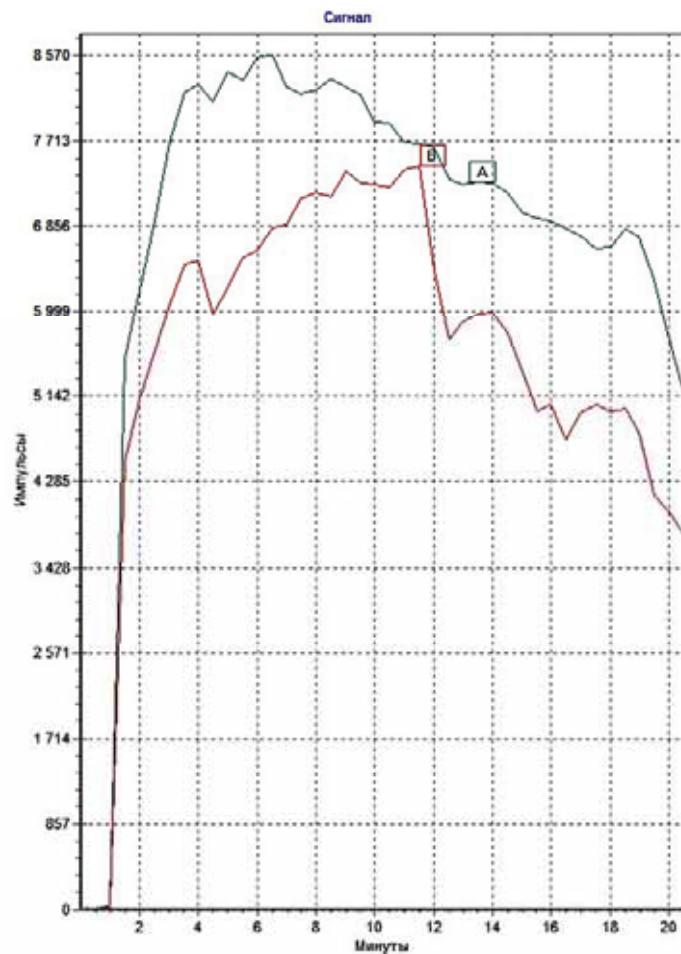
конфликта, перегиба мочеточника, вентильного препятствия (конкремент), в отдельных случаях при не опорожненном перед исследованием мочевом пузыре, является косвенным признаком ПМР умеренной и высокой степени интенсивности (Рис. 10).



Паренхиматозная фаза



Экскреторная фаза

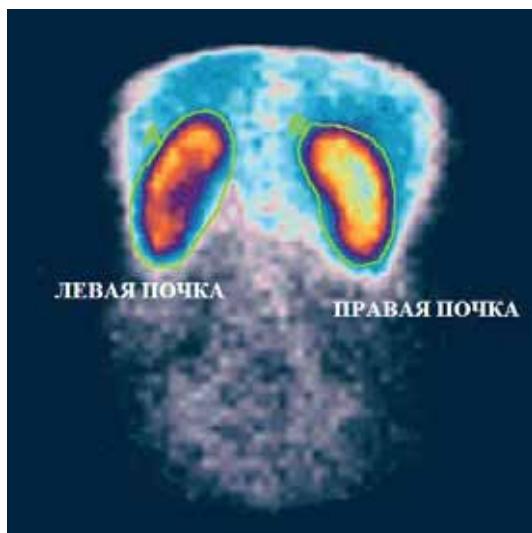


А - левая ренограмма, В - правая ренограмма

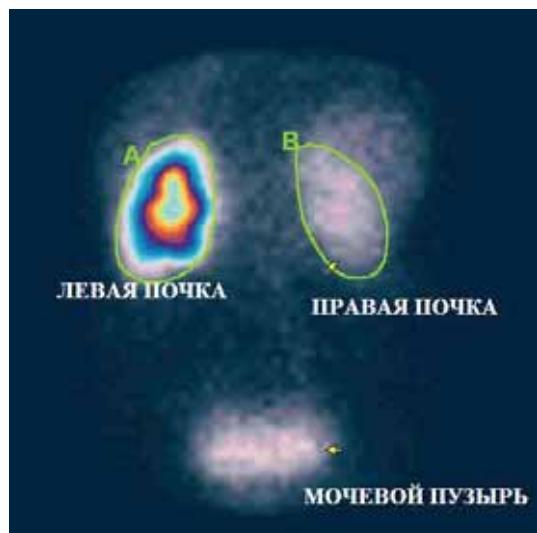
Рис. 10. Дискинетический тип ренограмм – А, В (РФП  $^{99m}$ Tc-МАГ3)

**Обструктивный (гидронефrotический, восходящий)** – характеризуется значительным замедлением экскреторной способности почек. Второй сегмент ренограммы может отсутствовать (восходящий тип) или иметь форму плато (каскадно-обтурационный тип). Обструктивный тип кривой может быть истинным и ложным.

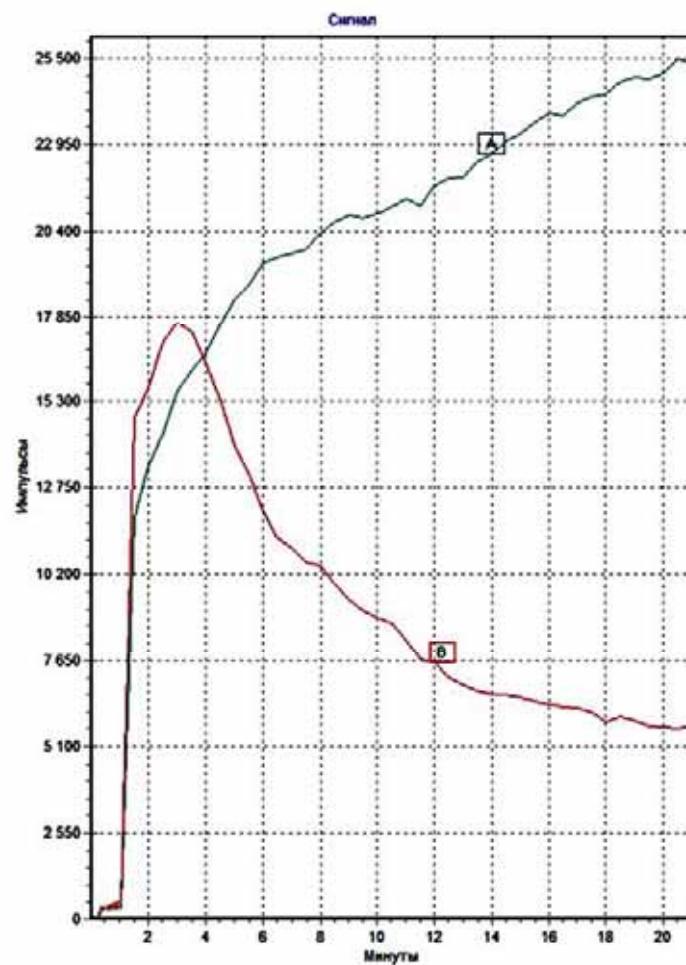
Степень и характер обструкции определяют фуросемидовым тестом или повторным исследованием с быстро элиминирующим РФП при форсированной водной нагрузке. Такие кривые встречаются при гидронефрозе, мочекаменной болезни, опухолях почек (Рис. 11).



Паренхиматозная фаза



Экскреторная фаза



А - левая ренограмма, В - правая ренограмма

Рис. 11. Обструктивный тип ренограммы – А (РФП  $^{99m}$ Te-МАГ3)

Кроме количественных параметров особое значение имеет оценка качественных показателей ДРСГ: топографии, формы, размеров почек, наличия диффузной неоднородности и дефектов накопления РФП, характерных для рубцовых изменений или объемных образований. При оценке топографии почек учитывается, в каком положении тела больного проводилось исследование. При подозрении или установленном нефроптозе, исследование проводится в вертикальном положении пациента, объективно регистрируется смещение почек относительно изображений мочевого пузыря, печени и бифуркации аорты в ангиофазе исследования. Форма и функциональные размеры почек могут отличаться за счет ротации от данных УЗИ, что необходимо учитывать врачу-клиницисту.

Необходимо отметить, что стандартная ДРСГ позволяет оценить изображение почек только в одной проекции (дорсальной), регистрируемое сцинтиграфическое изображение органа является планарным (плоскостным). При нефроптозе и ротации почки во время исследования в вертикальном положении тела, ее изображение может быть несколько изменено в соответствии с геометрическими особенностями получения планарного изображения. В этом случае исследование продолжается с применением боковых проекций изображений, что не всегда возможно при ДРСГ с быстро элиминирующими РФП. Несмотря на то что концентрация РФП в почках довольно быстро меняется в течение исследования, удается получить достаточно качественные изображения подковообразной, L-образной, S-образной, галетообразной почек. В некоторых случаях проводится дополнительное исследование почек с тубулярной фиксацией РФП ( $^{99m}$ Tc-ДМСА) для полипозиционного исследования в стандартных проекциях. Уточняется форма, размеры, количество паренхимы и распределения РФП в почках.

Сцинтиграфические (функциональные) размеры почек при ДРСГ зависят от вида НРФП и несколько отличаются от ультразвуковых размеров, на которые ориентируется большинство врачей. Наиболее сопоставимые с УЗИ размеры почек можно получить только при исследовании с  $^{99m}$ Tc-ДТПА, а исследования с  $^{99m}$ Tc-МАГ3 и  $^{99m}$ Tc-ЭЦ дают несколько меньшие размеры [3].

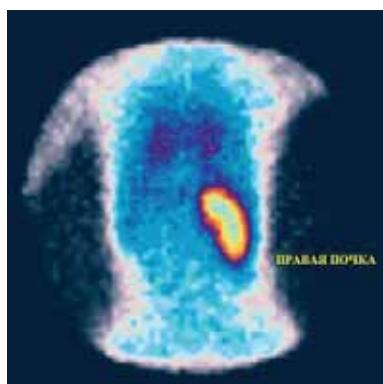
Распределение РФП в почках может быть равномерным и неравномерным (диффузно-неравномерным и очагово-неравномерным). Оценку накопления РФП проводят на максимуме

фиксации препарата: на 2–5 минутах. Для более детальной и контрастной визуализации изображения почек применяется цветовое картирование изображения палитрами различной градации. Распределение цвета в кадре соответствует интенсивности гамма-излучения в конкретной точке изображения, то есть количеству РФП в различные интервалы времени на последовательных кадрах. Используют различные варианты компьютерной обработки: отсечку фона (10–15%), кадровую алгебру, скользящее сложение, гамма-коррекцию изображений и т.д.

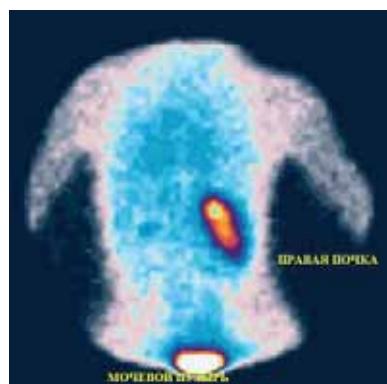
Еще одним важным моментом является аномальная визуализация мочеточников, как возможное наличие ПМР. В большинстве случаев при ДРСГ мочеточники не видны или видны не интенсивно и кратковременно. Асимметричная визуализация мочеточников или периодическая интенсивная визуализация сегментов (дискинезия) позволяет заподозрить ПМР. В этом случае пациенту рекомендуют продолжить исследование с применением непрямой миционной радионуклидной цистографии (НРЦГ). Исследование позволяет в большинстве случаев выявить ПМР как при туге наполненном мочевом пузыре, так и во время миции под экраном гамма-камеры (неинтенсивные и кратковременные ПМР визуализируются благодаря специальным математическим алгоритмам обработки изображения). Преимуществами НРЦГ являются неинвазивность, физиологичность исследования, методика является продолжением ДРСГ без дополнительного введения РФП, что не отражается увеличением лучевой нагрузки; позволяет выявить ПМР, которые не выявляются при миционной цистографии; позволяет визуализировать склеротичную почку при рефлюкс-нейропатии с диагнозом агенезия почки (Рис. 12) (авторская методика).

Преимущества ДРСГ по сравнению с другими лучевыми методами исследования почек:

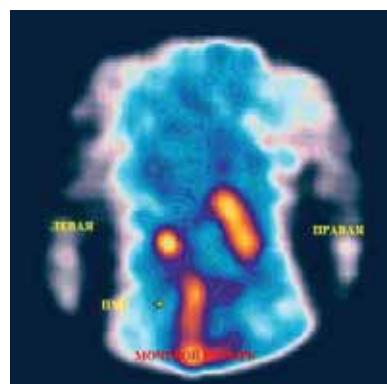
1. Безопасный, физиологичный метод исследования.
2. Функционально-морфологический метод исследования.
3. Объективная оценка ЭПП и СКФ.
4. Относительно низкая лучевая нагрузка.
5. Определение уродинамики нижних мочевых путей, ПМР.
6. Отсутствие нефротоксичности и побочных реакций на введение НРФП.
7. Компьютерная обработка полученных результатов с использованием стандартных программ и моделей [6, 7].



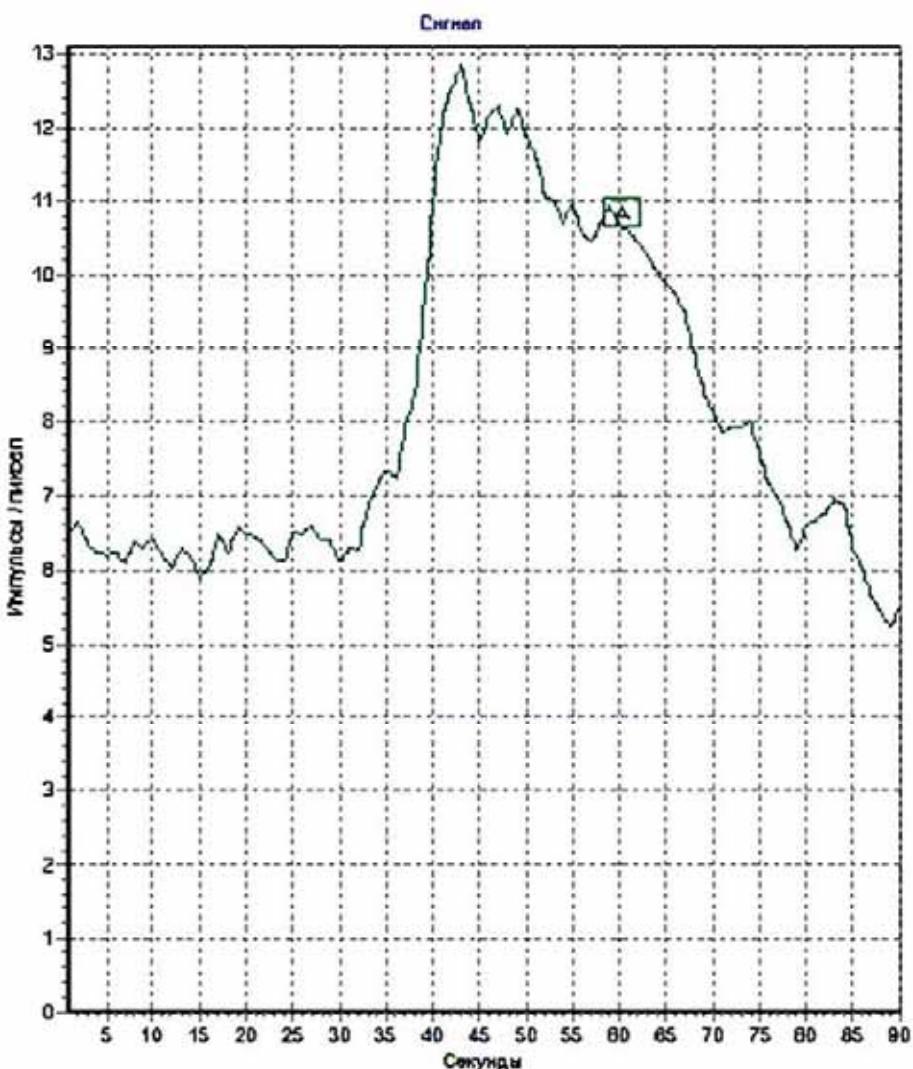
Паренхиматозная фаза



Экскреторная фаза



Цистограмма, ПМР



A - Кривая цистографии

Рис. 12. Радионуклидная непрямая цистография, ПМР в нефункционирующую левую почку (РФП  $^{99m}$ Tc-МАГ3)

#### ДРСГ с фуросемидовой нагрузкой.

Основная цель ДРСГ с фуросемидовой нагрузкой – дифференциальная диагностика истинной (органической) и ложной (функциональной) обструкции верхних и нижних мочевых путей.

ДРСГ с фуросемидовой пробой может быть самостоятельной методикой или продолжением обычной ДРСГ.

Показания к ДРСГ с фуросемидовой нагрузкой:

1. Обструкция верхних и нижних мочевых путей.
2. Определение показаний для оперативного лечения гидронефроза.
3. Подтверждение признаков гидронефроза, выявленных при ультразвуковом исследовании.
4. Оценка проходимости верхних и нижних мочевых путей после пластики пузырно-мочеточникового или лоханочно-мочеточникового сегментов [16].

Доза фуросемида: 1 мг/кг с максимальной дозой 40 мг. Доза фуросемида может быть увеличена в случаях значительного нарушения функции почек.

**Методика исследования.** Используются три варианта проведения фуросемидовой нагрузки:

F (+20) – фуросемид вводится через 20 минут после введения РФП.

F (-15) – фуросемид вводится за 15 минут до введения РФП.

F (0) – фуросемид вводится в начале исследования одновременно с РФП [13, 15, 19].

Методика F(+20) предложена Американским обществом урологов. Фуросемид вводится через 20 минут от начала ДРСГ, когда наиболее хорошо визуализируются лоханки и мочеточники. Определяется это визуально на экране дисплея гамма-камеры. Таким образом, продолжительность исследования составляет от 40 до 60 минут. Методика F(-15) предложена Европейским обществом радиологов. Фуросемид вводится за 15 минут до начала ДРСГ. Продолжительность исследования 30 минут [19]. Выбор методики обследования осуществляется врачом-радиологом совместно с урологом в зависимости от этапа ведения больного (первичное обследование, повторное обследование, состояние после оперативного лечения).

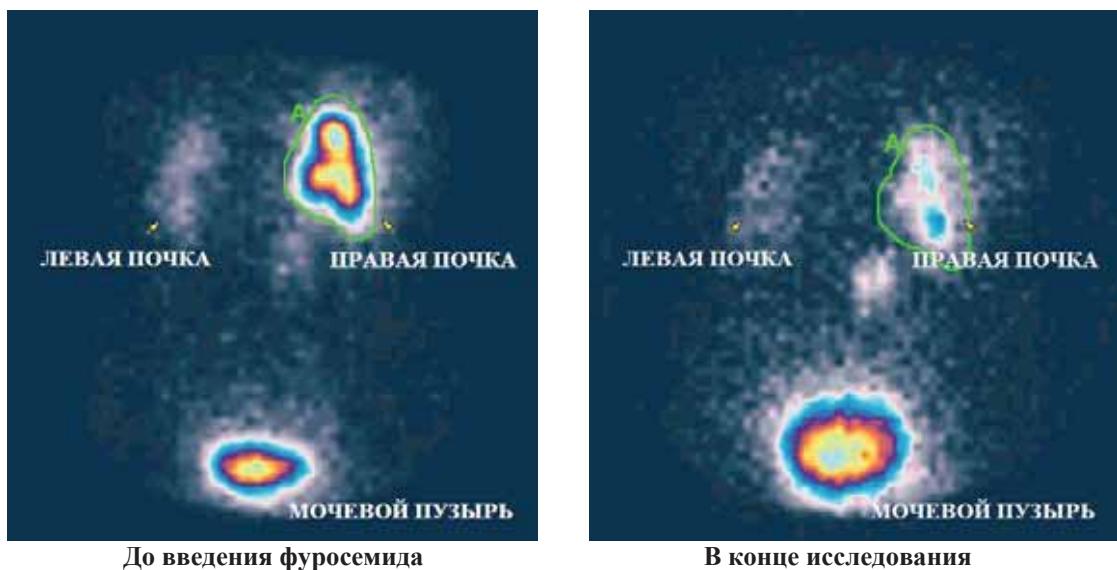
Исследование проводится в положении сидя или лежа. В случае ожидания нарушения функции почек по обструктивному типу, целесообразно на первом этапе использовать быстро элиминирующие РФП -  $^{99m}$ Tc-МАГ3 или  $^{99m}$ Tc-ЭЦ. Если при использовании этих РФП кривая (кривые) почки (почек) обструктивного типа – назначают ДРСГ с фуросемидовой нагрузкой. У детей с установленным диагнозом или после операции достаточным исследованием является стандартная ДРСГ (20 минут) с быстро элиминирующим РФП или методика с фуросемидовой

нагрузкой F(-15). Во время проведения ДРСГ по-минутно наблюдают за визуализацией почек и мочевых путей на экране дисплея гамма-камеры для решения вопроса о достаточности данного исследования или необходимости его продления на больший промежуток времени (40–60 минут), определяют целесообразность назначения фуросемидового теста у данного пациента.

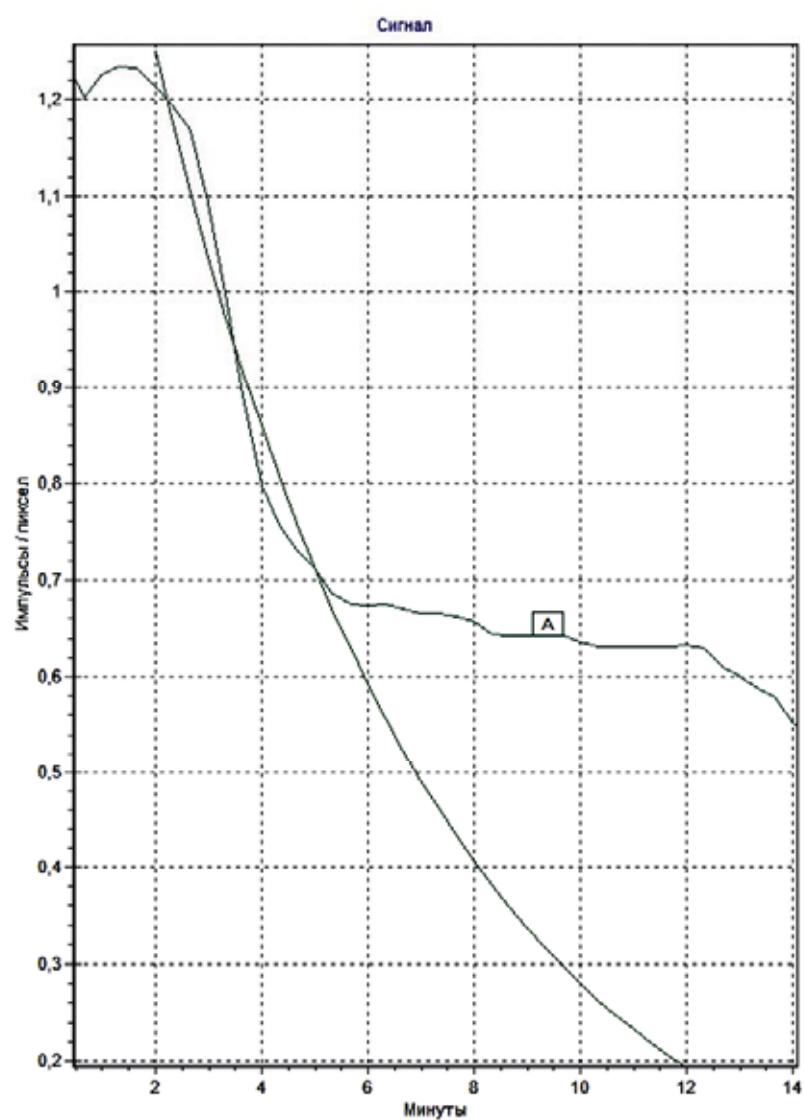
**Диуретический ответ.** При любой методике ДРСГ с фуросемидовой нагрузкой обязательно проводится оценка диуретического ответа, которая заключается в анализе серии изображений почек и мочевыводящих путей, анализе обоих изображений (до и после введения диуретика) и числовом количественном анализе. При этом заключение должно содержать следующие элементы: отсутствие или слабый ответ на введение диуретика (истинная обструкция), частичный ответ на введение диуретика и хороший ответ на введение диуретика (ложная обструкция). При этом ориентируются на стандартные количественно-временные параметры ДРСГ – Tmax, T1/2max, относительная функция (относительный захват (%)) РФП каждой почкой за время исследования).

До сегодняшнего дня нет общепринятого параметра для дифференцирования ложной обструкции и значительного нарушения функции почки (при проведении методик F(-15) и F(0)). Все количественные параметры обязательно согласовываются с серией последовательных сцинтиграфических изображений почек и мочевыводящих путей. Нормальная относительная функция каждой почки колеблется в пределах 45–55%, однако этот показатель ненадежен в случае двухстороннего поражения почек [12, 14].

Сохранение обструктивной кривой после фуросемидовой нагрузки по методикам F(-15) и F(0) свидетельствует о наличии механической преграды оттоку мочи. Если после введения фуросемида наблюдается замедленный ответ с неполным выведением РФП (T1/2max 15–20 мин), то это свидетельствует о наличии миогенной атонии мочевыводящих путей. Быстрый спад ренографической кривой через 1–3 мин после введения фуросемида и полная элиминация РФП из почек (T1/2max – 7–10 мин.) наблюдаются при отсутствии механической преграды и являются результатом снижения тонуса гладкой мускулатуры собирающей системы почек и перистальтических сокращений мочеточника) [9, 19, 22].



Сигнал



А – Кривая выведения мочи из правой почки

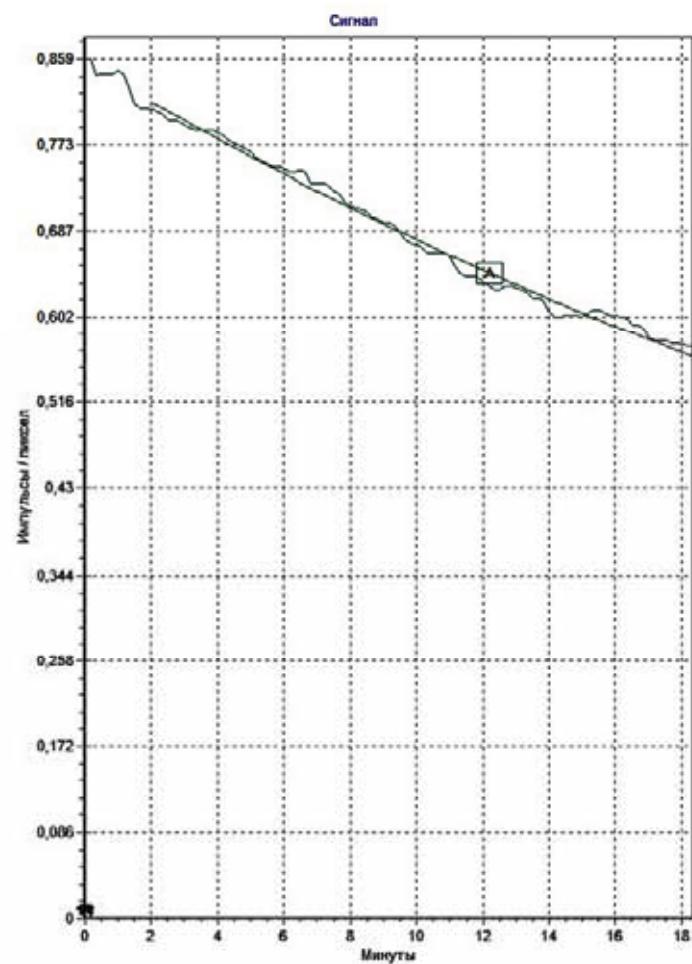
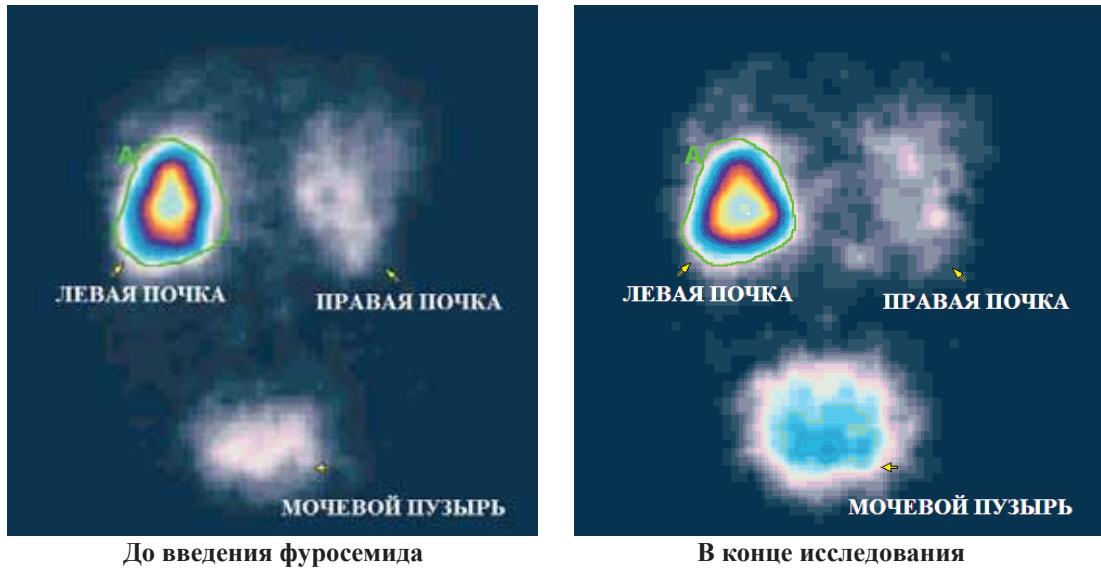
Рис. 13. Фуросемидовый тест – функциональная пиелография справа ( $^{99m}$ Tc-МАГ3)

При проведении теста по методике F(+20) у детей критерием оценки степени обструкции

считается время полувыведения меченой мочи из ЧЛК почки после введения фуросемида с

20-ой мин от начала ДРСГ. Начало диуретического ответа регистрируется с 1–2 мин., время полуыведения из ЧЛС зависит от характера и степени обструкции. Время полуыведения ( $T_{1/2\text{max}}$ ) менее 10 мин. (по отдельным данным – до 15 мин.) означает отсутствие механического

препятствия оттоку мочи (Рис. 13). Т  $1/2\text{ max}$  от 10 до 20 мин. считается сомнительным результатом, требующим дальнейшего контроля и наблюдения. Т $1/2\text{ max}$  больше 20 мин. характерно для выраженной механической обструкции (Рис. 14), требующей хирургической коррекции [20].



А – Кривая выведения мочи из правой почки  
Рис. 14. Фуросемидовый тест – органическая пиелоэктазия слева (РФП  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -МАГ3)

## Список літератури

1. Екскреторна уронефрографія в нефрологічній практиці / І.В. Мухін, В.Ю. Ніколенко, Г.О. Ігнатенко [та ін.] // Променева діагностика, променева терапія. — 2002. — № 4. — С. 29-32.
2. Клиническая рентгенорадиология: руководство в 5 т. / АМН СССР; под ред. Г.А. Зедгенидзе. — М.: Медицина, 1985. — Т. 4: Радионуклидная диагностика. Компьютерная томография. — 368 с.
3. Особливості оцінки геометричних розмірів нирок з нефротропними радіофармпрепаратами / В.Ю. Кундін, Н.М. Степанова, М.О. Ніколов, С.П. Тихолоз // Променева діагностика, променева терапія. — 2005. — № 2. — С. 43-48.
4. Пытель Ю.А. Ошибки и осложнения при рентгенологическом исследовании почек и мочевых путей / Ю.А. Пытель, И.И. Золотарев. — М.: Медицина, 1987. — 256 с.
5. Радионуклидная диагностика для практических врачей / под ред. Ю.Б. Лишинова, В.И. Чернова. — Томск: STT, 2004. — 394 с.
6. Розрахунок та облік індивідуальної ефективної дози опромінення пацієнта від радіонуклідних діагностичних процедур. Від. інструкція / МОЗ України. — Харків, 1995. — 21 с.
7. Руководство для врачей, направляющих пациентов на радиологическое исследование. Критерии выбора метода изображения. — 4-е изд. — К.: АТ «Медицина Украины», 2000. — 102 с.
8. Тарченко І.П. Методи інструментальної та лабораторної діагностики патології сечових органів / І.П. Тарченко, О.І. Бодарецька, О.О. Зозуля // Основи функціональної діагностики внутрішніх хвороб / за ред. І.І. Сахарчука. — К.: Здоров'я, 2000. — С. 221-244.
9. ACR Standart Book by the Committee on Standards of the Commission on Nuclear Medicine // Renal Scintigraphy, 1999. — P. 481-484.
10. ACR STANDARDS. Radiopharmaceuticals. ACR Standards for diagnostic procedures using radiopharmaceuticals. — 2002. — P. 427-432.
11. ACR STANDARDS. Renal scintigraphy. ACR Standards for the perfomance of adult and pediatric renal scintigraphy. — 2002. — P. 481-484.
12. Concensus report on quality control of quantitative measurereme of renal function obtained from the renogram: International Consensus from the Scientific Committee of Radionuclides in Nephrology / A. Prigent, P. Cosgriff, G. F. Gates [et al.] // Semin. Nucl. Med. — 1999. — Vol. 29, N 2. — P. 146-159.
13. Diuretic MAG3 Scintigraphy (F0) in Acute Pyelonephritis: Regional Parenchymal Dysfunction and Comparison with DMSA / G. N. Sfakianakis, F. Cavagnaro, G. Zilleruelo [et al.] // J. of Nuclear Med. — 2000. — Vol. 41, N 12. — P. 1955-1963.
14. F+0 Renography in Neonates and Infants Younger Than 6 Months: An Accurate Method to Diagnose Severe Obstructive Uropathy / A. Boubaker, J. Prior, C. Antonescu [et al.] // J. of Nuclear Med. — 2001. — Vol. 42, N 12. — P. 1780-1788.
15. MAG3-F0 Scintigraphy in Decision Making for Emergency Intervention in Renal Colic After Helical CT Positive for a Urolith / G.N. Sfakianakis, D.J. Cohen, R. H. Braunstein [et al.] // J. of Nuclear Med. — 2000. — Vol. 41, N 11. — P. 1813-1822.
16. MAG3 renography: normal values for MAG3 clearance and curve parameters, excretory parameters, and residual urine volume / F.P. Esteves, A. Taylor, A. Manatunga [et al.] // Am. J. Roentgenol. — 2006. — Vol. 187, N 6. — P. 610-617.
17. National Kidney Foundation's Kidney Disease Outcomes Quality Initiative clinical practice guidelines for chronic kidney disease in children and adolescents : evaluation, classification, and stratification / R.J. Hogg, S. Furth, K.V. Lemley [et al.] // Pediatrics. — 2003. — Vol. 111, N 6, Pt. 1. — P. 1416-1421.
18. Piepsz A. Radionuclide studies in paediatric nephro-urology / A. Piepsz // Eur. J. Radiol. — 2002. — Vol. 43. — P. 146-153.
19. Society of Nuclear Medicine Procedure Guideline for Diuretic Renography in Children 2.0 // Society of Nuclear Medicine procedure guidelines manual 2001-2002. Pediatric diuretic renography. — P. 139-143.
20. Society of Nuclear Medicine Procedure Guideline for Diuretic Renography in Children. Version 2. / G.A. Mandell, J.A. Cooper, J.C. Leonard [et al.] // Available at: [http://interactive.snm.org/docs/pg\\_ch29\\_0403.pdf](http://interactive.snm.org/docs/pg_ch29_0403.pdf). Accessed September 17, 2007.

21. Veitch T. A. *Pediatric nuclear medicine. Part I: Developmental cues / T.A. Veitch // J. Nucl. Med. Technology.* — 2000. — Vol. 28, N 1. — P. 3-7.

22. Veitch T. A. *Pediatric nuclear medicine. Part II: Common procedures and considerations / T. A. Veitch // J. Nucl. Med. Technology.* — 2000. — Vol. 28, N 2. — P. 69-75.

## Реферат

### ДИНАМІЧНА РЕНОСЦИНТИГРАФІЯ В УРОЛОГІЧНІЙ ПРАКТИЦІ

В.Ю. Кундін, С.В. Поспелов

У статті представлені можливості радіонуклідної оцінки функціонального стану нирок за допомогою динамічної реносцинтиграфії. Наведені модифікації дослідження, показання, умови та методика проведення сцинтиграфії, представлені особливості розрахунків основних часово-кількісних параметрів функції нирок, етапи обробки діагностичної інформації та їхнє практичне значення. Проаналізовані ренографічні криві при нормальній та патологічній функціях нирок. У статті представлений фармакологічний фуросемідовий тест оцінки функції нирок при гідронефрозах, особливості проведення таких тестів в урологічній практиці та їхня оцінка при різних клінічних ситуаціях. Наведені переваги динамічної реносцинтиграфії перед іншими методами візуалізації органів сечовидільної системи.

**Ключові слова:** радіонуклідна діагностика, динамічна реносцинтиграфія, фуросемідовий тест, типи ренографічних кривих, сцинтиграфічні параметри функціональної здатності нирок, швидкість клубочкової фільтрації, ефективний нирковий плазмоток.

## Summary

### DYNAMIC RENOSCINTIGRAPHY IN THE UROLOGIC PRACTICE.

V.Yu. Kundin, S.V. Pospelov

The abilities of radionuclide evaluation functional kidneys state by dynamic renoscintigraphy are presented in this article. Examination modifications, indications, conditions and scintigraphy metodic, features of calculations main time-quantitative parameters of kidneys function, working phases of diagnostic information and their practical value are presented. The renographic curves by normal and pathological kidneys function are analyzed. The pharmacological furosemide test for patients with hydronephrosis, features of its application by urological practice and their assessment in the different clinical situations are presented in this article.

The advantages of dynamic renoscintigraphy by another methods that visualize uroexcretory system are presented.

**Key words:** radionuclide diagnostic, dynamic renoscintigraphy, furosemide test, types of renographic curves, scintigraphic parameters of the functional kidneys ability, glomerular filtration rate, effective renal plasma flow.