

- Schwarz S. et al. Fluorescein-aided confocal laser endomicroscopy of the lung. *Respiration*. 2011; 81 (1): 32–8.
9. Ohtani K., Lee A.M., Lam S. Frontiers in bronchoscopic imaging. *Respirology*. 2012; 17 (2): 261–9.
 10. Thiberville L., Salaün M. Bronchoscopic advances: on the way to the cells. *Respiration*. 2010; 79 (6): 441–9.
 11. Salaün M., Bourg-Heckly G., Thiberville L. Confocal endomicroscopy of the lung: from the bronchus to the alveolus. *Rev. Mal. Respir.* 2010; 27 (6): 579–88.
 12. Newton R.C., Kemp S.V., Yang G.Z., Elson D.S., Darzi A., Shah P.L. Imaging parenchymal lung diseases with confocal endomicroscopy. *Respir. Med.* 2012; 106 (1): 127–37.
 13. Thiberville L., Salaün M., Lachkar S., Dominique S., Moreno-Swires S., Vever-Bizet C., Bourg-Heckly G. Human in vivo fluorescence microimaging of the alveolar ducts and sacs during bronchoscopy. *Eur. Respir. J.* 2009; 33: 974–85.

Поступила 04.07.14
Received 04.07.14

Сведения об авторах:

Харитоновна Анастасия Юрьевна, канд. мед. наук, врач эндоскопического отд-ния Научного центра здоровья детей, e-mail: anastasia08@mail.ru; **Шавров Антон Андреевич**, врач-эндоскопист эндоскопического отд-ния Научного центра здоровья детей, e-mail: shavrovnczd@yandex.ru; **Калашикова Наталья Алексеевна**, канд. мед. наук, доцент каф. анатомии ИВГМА, 153012, г. Иваново, Шереметьевский проспект, 8, e-mail: anastasia08@mail.ru; **Гайдаенко Андрей Евгеньевич**, мл., науч. сотр. эндоскопического отд-ния НЦЗД, e-mail: Gaydaenkoae@yandex.ru; **Смирнов Иван Евгеньевич**, доктор мед. наук, проф., зам. директора по науч. работе НИИ педиатрии НЦЗД, e-mail: smirnov@nczd.ru

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014

УДК 616.61-018-053.2-073.916

Смирнов И.Е., Комарова Н.Л., Герасимова Н.П., Видюков В.И.

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОНУКЛИДНОЙ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧЕЧНОЙ ТКАНИ У ДЕТЕЙ

Научный центр здоровья детей, 119991, Москва, Ломоносовский просп., 2, стр. 1

Представлена новая диагностическая технология определения объема функционально активной почечной паренхимы, включающая внутривенное введение радиофармпрепарата, измерение активности в полном шприце, в шприце после инъекции и месте инъекции с помощью гамма-камеры, отличающаяся тем, что вводят меченый короткоживущий радионуклид технемаг ^{99m}Tc в количестве 37–185 МБк с последующим проведением динамической сцинтиграфии с непрерывной записью кадров в течение 20 мин при экспозиции каждого кадра 20 с, затем определяют число импульсов в течение 100–120 с в зонах сцинтиграммы, соответствующих левой и правой почкам, а также в зонах мягких тканей, расположенных ниже изображений соответствующих почек, и вычисляют объем функционирующей паренхимы для каждой почки по предложенным формулам.

Ключевые слова: диагностическая технология; дети; динамическая сцинтиграфия почек; объем функционирующей паренхимы.

Smirnov I. E., Komarova N. L., Gerasimova N. P., Vidyukov V. I.

NEW RADIONUCLIDE TECHNOLOGY FOR THE ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL ACTIVITY OF RENAL TISSUE IN CHILDREN

Scientific Centre of Child Healthcare, 2, bld. 1, Lomonosov avenue, Moscow, Russian Federation, 119991

There is presented the new diagnostic technology for the determination of the amount of functionally active renal parenchyma. It includes the intravenous injection of the radiopharmaceutical preparation, the measurement of the activity of the full syringe, in the syringe after injection and at the injection site, with a gamma camera, introduction of a short-lived labeled radionuclide Technemag ^{99m}Tc in the amount of 37–185 MBq with followed by dynamic scintigraphy with continuous recording frames within 20 min under exposure at 20 seconds per frame. Then, there is determined the number of pulses during 100–120 seconds in scintigrams areas corresponding to the left and right kidneys and also in soft tissue areas located under of images of corresponding kidneys and the volume is calculated for each functioning kidney parenchyma according to the proposed formulas.

Key words: diagnostic technology; children; dynamic renal scintigraphy; the amount of functioning parenchyma.

Необходимость новой технология радионуклидной диагностики функционального состояния почек определяется тем, что в идеале врач-радиолог должен иметь приемлемую стратегию исследования, обеспечивающую достоверную и не-

обходимую информацию, чтобы руководствоваться ею при принятии диагностических и научных решений. Она должна включать в себя непредвзятое отношение к имеющимся данным, базироваться на самых современных технологиях и стимулировать мастерство исполнения диагностических процедур [1, 2].

Предложенный нами способ определения функционально активной ткани почек основан на использовании ионизирующего излучения, испускаемого нестабильными атомными ядрами – радионуклида-

Для корреспонденции (Correspondence to): **Смирнов Иван Евгеньевич**, зав. лаб. патофизиологии с блоком радионуклидных исследований ФГБНУ НЦЗД, доктор мед. наук, проф., e-mail: smirnov@nczd.ru

ми. Введенные в организм радионуклиды подвергаются радиоактивному распаду с излучением гамма-квантов с различной энергией. Продолжительность жизни радионуклидов определяется периодом полураспада (при ультракороткоживущих – минуты, при короткоживущих – часы и при долгоживущих – дни). При выборе радионуклида для клинического исследования во избежание лишней лучевой нагрузки учитываются период его полураспада и энергия гамма-излучения. Применение короткоживущих радионуклидов – технеция (^{99m}Tc) с периодом полураспада 6 ч и «мягким» гамма-излучением с энергией 140 кэВ) делает диагностическую процедуру практически радиационно безопасной, позволяя в десятки раз снизить лучевую нагрузку на больного.

Для радионуклидной визуализации применяются радиофармакологические препараты (РФП) – меченные этими радионуклидами метаболически активные соединения (молекулы-носители). Благодаря свойствам последних РФП включаются в специфические для каждого из них физиологические и патофизиологические метаболические процессы, что определяет их объемное распределение в организме с концентрацией в определенных органах и образованием очагов гиперфиксации [3].

При наиболее распространенном методе радионуклидной визуализации – скинтиграфии используются скинтиляционные гамма-камеры. Гамма-фотоны, эмитируемые радионуклидами в тканях тела, падая на скинтиляционный кристалл, вызывают в нем вспышки свечения – скинтиляции, количество которых тем больше, чем выше радиоактивность в данном участке тела. Определение интенсивности и положения каждого гамма-фотона позволяет построить двумерное изображение (проекцию на плоскость) объемного распределения РФП в теле пациента, которое после преобразования энергии скинтиляций в электрический сигнал воспроизводится на экране монитора [3].

Таким образом, предлагаемая технология является способом диагностики путем введения радионуклидных соединений в организм больного для определения объема функционально активной паренхимы и оценки нарушений функции почек [2].

Известен способ диагностики жизнеспособности почечной паренхимы, когда больному внутривенно вводится РФП, состоящий из диэтилентриаминпентаацетата (ДТПА), меченного короткоживущим радионуклидом технецием-99m (^{99m}Tc) активностью 60–600 мегабеккерелей (МБк), определенной с помощью дозокалибратора. Указанный РФП избирательно фильтруется клубочковым аппаратом почки. По времени максимального накопления и выведения половины РФП из почки судят о жизнеспособности почечной паренхимы [1].

Известен также способ диагностики жизнеспособности почечной паренхимы, когда больному внутривенно вводится РФП, состоящий из димеркаптоантарной кислоты (ДМСА), меченной короткоживущим радионуклидом ^{99m}Tc активностью 80–600 МБк, определенной с помощью дозокалибратора [3]. Указанный комплекс (ДМСА- ^{99m}Tc) избирательно захватывается почечными канальцами и удерживается

в них в течение 4–6 ч. Через 2–4 ч после инъекции РФП записывается скинтиграмма в двух (передней и задней) или нескольких проекциях с помощью гамма-камеры с прерыванием записи по достижении набора 200 000–1 000 000 импульсов на одну проекцию.

На скинтиграммах определяют захват РФП каждой почкой путем подсчета количества импульсов, исходящих от почки (в тысячах импульсов) в передней и задней проекциях и вычитания импульсов, исходящих от окружающих тканей. О жизнеспособности почечной паренхимы судят по распределению РФП, которое вычисляют, сравнивая захват РФП одной почкой относительно обеих почек, принимая захват РФП обеими почками за 100%. В норме указанный показатель составляет 45–55%. При нарушении жизнеспособности паренхимы одной из почек распределение препарата уменьшается. Недостатком способа является его низкая информативность при симметричном поражении почек и у больных с единственной почкой.

Наряду с этими методами предложен способ оценки жизнеспособности почечной паренхимы [4]. Он включает внутривенное введение РФП, активность которого предварительно измеряется с помощью дозокалибратора. Через 2 ч после инъекции РФП проводят запись статических скинтиграмм, вычисление захвата РФП и его распределения с последующим расчетом индекса интегрального захвата для каждой почки. При этом значения последнего в интервале 45–70 свидетельствуют о нормальной жизнеспособности почечной паренхимы, а при значениях менее 45 диагностируются нарушения жизнеспособности почечной паренхимы.

Однако существенными недостатками указанного способа является невозможность полной оценки функционального состояния почек и их отдельных сегментов, так как исследование проводится длительно в статическом режиме, для чего требуется продолжительное пребывание пациента в диагностическом отделении радионуклидных исследований (более 2 ч после внутривенного введения РФП), что особенно затруднительно для детей младшего и дошкольного возраста, необходимы также прерывание записи исследования и коррекция на радиоактивный распад РФП.

В связи с изложенным нами был разработан новый способ оценки объема функционально активной почечной паренхимы путем проведения динамической скинтиграфии с использованием РФП.

Поставленная задача решается тем, что пациенту внутривенно вводится 37–185 МБк РФП технемаг ^{99m}Tc , активность которого измеряют в шприце до и после инъекции, а затем в течение 20 мин проводят динамическую скинтиграфию почек, которая является последовательным изображением скинтиляций, эмитируемых введенным радионуклидом, в разные моменты времени. Программа регистрации включает непрерывную запись кадров в течение 20 мин при экспозиции каждого кадра 20 с. При этом в период максимального накопления РФП в почках, соответствующий 120 с, регистрируют активность захвата РФП путем определения счета в импульсах в зонах скинтиграммы, соответствующих левой (N_s) и правой (N_d) почкам, и в зонах мягких тка-

ней, расположенных ниже изображений соответствующих почек (ns и nd соответственно).

Объем функционирующей паренхимы (VFP) рассчитывают для каждой почки по формулам:

$$VFP(s) = \frac{(Ns - ns) \cdot 100\%}{Q_1 - Q_2 - Q_3}$$

и

$$VFP(d) = \frac{(Nd - nd) \cdot 100\%}{Q_1 - Q_2 - Q_3},$$

где $VFP(s)$ и $VFP(d)$ – объем функционирующей паренхимы левой и правой почек соответственно, а Q_1 – активность в полном шприце до введения РФП; Q_2 – активность в шприце после инъекции РФП; Q_3 – активность в месте введения РФП.

Общий объем функционально активной паренхимы почек определяют путем сложения $VFP(s)$ и $VFP(d)$.

Проведенные нами исследования показали, что расчетные значения $VFP(s)$ и $VFP(d)$ для каждой неповрежденной почки колеблются от 6,4 до 8,1 ед., что свидетельствуют о нормальном объеме функционально активной почечной паренхимы у детей. Общий (суммарный) объем $VFP(s) + VFP(d)$ функционально активной почечной паренхимы у условно здоровых детей находится в пределах от 12,8 до 16,2 ед.

Для оценки диагностической значимости и чувствительности предложенного способа оценки объема функционирующей паренхимы почки у детей нами проведен его анализ по сравнению с прототипом. По описанной выше методике радионуклидные исследования выполнены у 22 больных детей в возрасте от 1 года до 15 лет с различными формами патологии почек и мочевыводящих путей. Из них было 10 больных с гидронефрозом, 5 детей с мегауретером, 4 с пузырно-мочеточниковым рефлюксом и 3 пациента с гипоплазией почки.

Исследования показали высокую диагностическую значимость и чувствительность предложенного нами способа оценки функционального состояния почки с применением РФП технемаг ^{99m}Tc , чувствительность метода составила 59%, при этом выявлены нарушения захвата РФП у 13 больных детей.

Таким образом, предложенная технология определения захвата РФП каждой почкой и суммарного захвата обеими почками имеет большую диагностическую значимость, позволяет работать быстрее и эффективнее, выявлять нарушения объема функционирующей ткани почек у большего числа больных с различными поражениями почек, так как экономит время на проведение исследования с более высокой информативностью данных, поскольку определение объема функционирующей паренхимы почек по активности захвата РФП проводится в процессе динамической сцинтиграфии с меньшей радиационной нагрузкой на пациента (в 2,1–3,2 раза), при исследовании не требуется прерывания записи сцинтиграмм и коррекции на радиоактивный распад.

Для демонстрации возможностей предложенного способа приводим собственные клинические примеры.

Саша К., 1 год, поступил в отделение радионуклидных исследований с диагнозом: гипоплазия левой почки. На урограммах признаков формирования очагов нефросклероза не выявлено. При ультразвуковом исследовании обнаружены изменения эхографической структуры левой почки, характерные для ее гипоплазии. В связи с этим для прогноза развития ребенка и определения тактики лечения было необходимо определение объема функционально активной паренхимы почек. В отделении радионуклидных исследований проведено сцинтиграфическое исследование по предложенной методике: больному на обычном водном режиме внутривенно был введен РФП технемаг ^{99m}Tc , активность (в тысячах импульсов) которого измеряли в шприце до (Q_1 95,2) и после (Q_2 9,2) инъекции и в месте инъекции (Q_3 8,8), а затем проводили динамическую сцинтиграфию почек с использованием гамма-камеры Millennium MG (GE, США) с непрерывной регистрацией кадров в течение 20 мин при экспозиции каждого кадра 20 с. При этом в период максимального накопления РФП в почках, соответствующий 100–120 с, регистрировали активность захвата РФП путем определения счета в тысячах импульсов в зонах сцинтиграммы, соответствующих левой (Ns 4,3) и правой (Nd 9,7) почкам, и в зонах мягких тканей, расположенных ниже изображений соответствующих почек (ns 0,8) и (nd 1,0).

Объем функционирующей паренхимы (VFP) рассчитывали для каждой почки по формулам:

$$VFP(s) = \frac{(Ns - ns) \cdot 100}{Q_1 - Q_2 - Q_3}$$

и

$$VFP(d) = \frac{(Nd - nd) \cdot 100}{Q_1 - Q_2 - Q_3}.$$

Расчеты показали, что

$$VFP(s) = \frac{(4,3 - 0,8) \cdot 100}{77,2} = 4,5 \text{ ед.}$$

и

$$VFP(d) = \frac{(9,7 - 1,0) \cdot 100}{77,2} = 11,3 \text{ ед.}$$

Общий объем функционально активной паренхимы обеих почек у данного больного составил 15,8 ед., что соответствует нормальным его колебаниям у условно здоровых детей.

Таким образом, предложенная технология позволила точно определить, что объем функционально активной паренхимы левой почки существенно снижен (на 29,7%) по сравнению с уровнем у здоровых детей. При этом отмечено значимое повышение объема функционирующей паренхимы правой почки на 39,5%. Эти данные свидетельствуют о сохранении нормального объема функционально активной ткани почек и благоприятном прогнозе развития этого ребенка, что позволило рекомендовать наблюдение у нефролога по месту жительства.

Сергей И., 16 лет, поступил в отделение радионуклидных исследований с диагнозом: гидронефроз правой почки. При ультразвуковом исследовании

обнаружены изменения эхографической структуры правой почки, характерные для ее гидронефротического поражения. Для определения тактики лечения была проведена оценка объема функционально активной паренхимы почек путем скинтиграфического исследования по предложенной методике: больному на обычном водном режиме внутривенно был введен РФП технемаг ^{99m}Tc , активность (в тысячах импульсов) которого измеряли в шприце до (Q_1 145,6) и после (Q_2 7,4) инъекции и в месте инъекции (Q_3 0,2), а затем проведена динамическая скинтиграфия почек с использованием гамма-камеры Millennium MG (GE, США) с непрерывной регистрацией кадров в течение 20 мин при экспозиции каждого кадра 20 с. При этом в период максимального накопления РФП в почках, соответствующий 100–120 с, регистрировали активность захвата РФП путем определения счета в тысячах импульсов в зонах скинтиграммы, соответствующих левой (Ns 11,3) и правой (Nd 5,2) почкам, и в зонах мягких тканей, расположенных ниже изображений соответствующих почек (ns 1,3) и (nd 0,8).

Объем функционирующей паренхимы (VFP) рассчитывали для каждой почки. Расчет показал, что

$$VFP(s) = \frac{(11,3 - 1,3) \cdot 100}{145,6 - 7,4 - 0,2} = 7,2 \text{ ед.}$$

и

$$VFP(d) = \frac{(5,2 - 0,8) \cdot 100}{138} = 3,2 \text{ ед.}$$

Общий объем функционально активной паренхимы обеих почек у данного больного составляет 10,4 ед., что на 18,7% меньше нижней границы нормы.

Таким образом, предложенный способ позволил определить уменьшение в 2 раза объема функционально активной паренхимы гидронефротически поврежденной почки по сравнению с уровнем у здоровых детей. При этом отмечено значимое уменьшение общего объема функционирующей паренхимы обеих почек, что указывает на необходимость изменения тактики лечения гидронефроза у этого больного.

С в е т а Н., 14 лет, поступила в отделение радионуклидных исследований с диагнозом: единственная левая почка. Из анамнеза известно, что у девочки в 2-месячном возрасте удалена мультикистозно измененная правая почка. Для оценки функционального состояния и объема активной паренхимы оставшейся почки проведено скинтиграфическое исследование по новой технологии: больной на обычном водном режиме внутривенно введен РФП технемаг ^{99m}Tc , активность (в тысячах импульсов) которого измеряли в шприце до (Q_1 97,2) и после (Q_2 27,6) инъекции и в месте инъекции (Q_3 0,2), а затем проведена динамическая скинтиграфия почки с использованием гамма-камеры Millennium MG (GE, США) и непрерывной регистрацией кадров в течение 20 мин при экспозиции каждого кадра 20 с. При этом в период максимального накопления РФП в почках, соответствующий 100–120 с, регистрировали активность захвата РФП путем определения счета в тысячах импуль-

сов в зонах скинтиграммы, соответствующих левой (Ns 11,0) почке и в зонах мягких тканей, расположенных ниже изображения соответствующей почки (ns 1,0).

Объем функционирующей паренхимы (VFP) рассчитывали для единственной левой почки.

Расчет показал, что

$$VFP(s) = \frac{(11,0 - 1,0) \cdot 100}{97,2 - 27,6 - 0,2} = 14,4 \text{ ед.}$$

Предложенный способ позволил определить сохранение общего объема функционально активной паренхимы единственной левой почки, что указывает на благоприятный прогноз у этой больной, так как общий объем функционально активной почечной паренхимы не выходит за пределы колебаний (от 12,8 до 16,2 ед.) у условно здоровых детей.

Таким образом, использование новой технологии радионуклидной диагностики позволяет значительно ускорить обследование больного ребенка, точно определить объемы функционально активной паренхимы почек при разных формах их патологии у детей независимо от возраста, оптимизировать и существенно прогнозировать исходы и уменьшить риск развития хронической почечной недостаточности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лишманов Ю.Б., Чернов В.И., ред. *Национальное руководство по радионуклидной диагностике*. Томск: STT; 2010. т. 2.
2. Королюк И.П. Доказательная радиология: основные принципы и подходы к ее реализации. *Радиология-практика*. 2007; 5: 7–21.
3. Шотемор Ш.Ш., Пурижанский И.И., Шевякова Т.В. и др. *Путеводитель по диагностическим изображениям*. Справочник практического врача. М.: Советский спорт; 2001.
4. Яцык С.П., Zubovskiy G.A., Fomin D.S. *Способ оценки жизнеспособности почечной паренхимы*. Патент № 2 270 605 РФ. М.: 2006. Бюллетень № 6.
5. Hitzel A., Liard A., Véra P., Manrique A., Ménard J.F., Dacher J.N. Color and power Doppler sonography versus DMSA scintigraphy in acute pyelonephritis and in prediction of renal scarring. *J. Nucl. Med.* 2002; 43 (1): 27–32.

REFERENCES

1. Lishmanov Yu.B., Chernov V.I., eds. *National guide radionuclide diagnostics*. Tomsk: STT; 2010. vol. 2. (in Russian)
2. Korolyuk I.P. Evidence-based radiology: basic principles and approaches to its implementation. *Radiologiya-praktika*. 2007; 5: 7–21. (in Russian)
3. Shotemor Sh.Sh., Purizhanskiy I.I., Shenyakova T.V. *Guide to diagnostic images*. A handbook of a practical physician. Moscow: Sovetskiy sport; 2001. (in Russian)
4. Yatsyk S.P., Zubovskiy G.A., Fomin D.S. *Way to assess the viability of the renal parenchyma*. Patent № 2 270 605 Rossiyskaya Federatsiya. Moscow; 2006. Bulletin' № 6. (in Russian)
5. Hitzel A., Liard A., Véra P., Manrique A., Ménard J.F., Dacher J.N. Color and power Doppler sonography versus DMSA scintigraphy in acute pyelonephritis and in prediction of renal scarring. *J. Nucl. Med.* 2002; 43 (1): 27–32.

Поступила 04.07.14
Received 04.07.14

Сведения об авторах:

Герасимова Надежда Петровна, ст. науч. сотр. лаб. патофизиологии с блоком радионуклидных исследований, канд. мед. наук., ФГБНУ НЦЗД; **Комарова Надежда Львовна**, врач отд-ния радионуклидных исследований ФГБНУ НЦЗД; **Видюков Владимир Иванович**, ст. науч. сотр. лаб. патофизиологии с блоком радионуклидных исследований ФГБНУ НЦЗД, доктор мед. наук, проф.