Bulletin of Medical Internet Conferences (ISSN 2224-6150)
2015. Volume 5. Issue 6

ID: 2015-06-1276-R-5297 Обзор

Лазарева Е.Н., Чехонацкая М.Л.

Радионуклидные методы исследования почек

ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России

Ключевые слова: почки

Введение

Более 500 миллионов человек во всем мире, или примерно каждый десятый взрослый житель нашей планеты, живут с различными заболеваниями почек, часто приводящими к инвалидности. В России же сегодня таких пациентов - более 15 миллионов, 60% из которых составляют люди молодого возраста, причем ежегодно сотни тысяч людей умирают преждевременно от осложнений заболевания [23]. Ввиду сказанного выше, ранняя диагностика патологии почек, оценка их функции, являются важными в практической деятельности каждого врача и будут способствовать выбору рациональных подходов к лечению каждого конкретного больного.

Основным методом в оценке функции почек занимает радиоизотопная диагностика. Она позволяет обнаружить нарушения функции почек уже в начальных стадиях заболевания, когда другие методы ещё малоинформативны. Клиницистов, в первую очередь, привлекают физиологичность методов радионуклидной индикации, его относительная несложность, высокая воспроизводимость и необременительность для пациента, а также возможность использования их в процессе мониторингового наблюдения. Важным является и то обстоятельство, что радионуклидные соединения можно использовать у больных с повышенной чувствительностью к рентгеноконтрастным веществам [0].

Радионуклидная диагностика – группа методов, основанных на визуализации органов и тканей путем внешней детекции (регистрации) ионизирующего излучения от введенного в организм радиоактивного индикатора - радиофармацевтического препарата (РФП), состоящего из молекулы-вектора, непосредственно участвующей в тканевом метаболизме, и сцепленной с нею радиоактивной меткой [6].

Основными показаниями к проведению радионуклидного обследования мочевыводящей системы (МВС) являются [14]:

- оценка индивидуальной ренальной функции;
- визуализация «нефункционирующей» почки при проведении внутривенной урографии;
- демонстрация эктопической почечной ткани;
- выявление врожденных аномалий;
- оценка проходимости почечной артерии;
- диагностика вазоренальной гипертензии;
- травма почек;
- острая и хроническая почечная недостаточность;
- инфекция мочевыводящих путей;
- оценка почечной обструкции;
- предоперационная оценка почечной функции;
- оценка функции мочевого пузыря;
- выявление пузырно-мочеточникового рефлюкса;
- в качестве альтернативного метода внутривенной урографии у пациентов, чувствительных к йоду;
- подготовка к трансплантации почки.

Радионуклидные методы исследования почек включают в себя [13]:

- ренографию (невизуализирующий метод);
- ангиореносцинтиграфию;
- динамическую сцинтиграфию почек;
- статическую сцинтиграфию почек.

Радионуклидная ренография

Этот метод является наиболее ранним среди радиоизотопных методов исследования функции почек. Впервые радионуклидная ренография была произведена пациенту в 1954 году. С тех пор метод претерпел некоторые изменения, но до сих пор используется особенно широко в педиатрии, что связано с его низкой инвазивностью и простотой применения. Специальной подготовки пациента не требуется. Детекторы для почек устанавливаются по центру проекции каждой почки согласно их анатомическому расположению. Третий датчик располагается над областью сердца; при наличии четвертого датчика он устанавливается в проекции мочевого пузыря. В качестве РФП для проведения ренографии много лет использовали меченный ^{131}I гиппуран [18].

В результате исследования получают кривые «активность-время» с области почек (собственно, ренограммы) и сердца. На ренографической кривой условно выделяют 3 сегмента [15]:

- Сосудистый - быстрый подъем кривой в первые секунды после инъекции РФП, отражающий поступление последнего в сосудистое русло и начало накопления в паренхиме почки;
- Секреторный - более пологое возрастание амплитуды ренограммы (до достижения максимума), обусловленное преимущественно накоплением РФП в канальцах;
- Экскреторный - снижение высоты ренографической кривой, обусловленное выведением индикатора из почки.

 © Bulletin of Medical Internet Conferences, 2015

При визуальной оценке ренограмм, в первую очередь, учитываются их форма и симметричность. В норме ренографические кривые симметричны, характеризуются достаточно острым пиком и имеют все три сегмента.

Для оценки ренограмм используют следующие основные количественные показатели [19]:

- Тмакс - время достижения максимальной радиоактивности (в норме варьирует в пределах 2-4,5 мин);
- $T_{1/2}$- период полувыведения препарата, то есть время снижения высоты ренограммы на 50% от максимального значения (в норме составляет 6-8 мин);
- $T_{1/2кр}$. - период полуочищения крови от препарата или время, за которое происходит двукратное снижение максимального уровня кривой клиренса крови (в норме колеблется от 10 до 14 мин);

При патологии, сопровождающейся изменением функции МВС, наблюдаются различные деформации ренографических кривых, наиболее характерными из которых являются: уменьшение остроты пика ренограммы, а также уплощение второго и/или третьего её сегментов. Существуют 4 основных типа изменений ренограмм при нарушении функции почек [16]:

- афункциональный – характеризуется снижением амплитуды сосудистого сегмента при отсутствии секреторного и экскреторного фрагментов кривой; наблюдается при нефункционирующей почке (врожденная аплазия или вторичное сморщивание) или её отсутствии;
- обструктивный, при котором не наступает снижения ренографической кривой в течение 20 мин и более после введения РФП; характерна для выраженного нарушения выделительной функции почки. Чтобы отдифференцировать истинную обструкцию мочевыводящих путей (при их стенозе или обтурации камнем) от дилатационной уропатии, внутривенно вводят лазикс. При обструктивной уропатии введение диуретика не отражается на форме кривой, а при функциональной задержке выведения РФП происходит быстрое снижение амплитуды ренограммы;
- гипоизостенурический - отмечаются выраженное снижение и удлинение секреторно-экскреторного участка кривой в сочетании с уплощенным пиком ренограммы; имеет место при выраженном изменении выделительной способности почек.

Повторный подъем на ренографической кривой - наблюдается при пузырно-мочеточниковом рефлюксе [11, 31].

Таким образом, радионуклидная ренография позволяет оценить индивидуальную ренальную функцию путем изучения поглотительной и выделительной способности каждой почки. Однако метод имеет ряд существенных недостатков. К ним относятся [13]:

1. проблемы, связанные с неправильной установкой детекторов над областью почек. Это в ряде случаев может привести к получению искаженных данных о функции каждой почки за счет излучения от контралатеральной почки;
2. субъективность разделения ренограммы на сегменты, способная стать источником ошибок в расчете параметров ренограммы;
3. регистрация фоновой радиоактивности гиппурана у больных с нефроптозом может привести к ложноположительному заключению о наличии нефункционирующей почки или её отсутствии; избежать этой ошибки позволяет повторное проведение исследования в положении больного лежа;
4. невозможность коррекции фоновой активности РФП, распределенного в окружающих почки мягких тканях;
5. технические сложности, связанные с разной чувствительностью детекторов, некорректной настройкой аппаратуры и т.д.

Однако основным недостатком радионуклидной ренографии была и остается невозможность визуальной оценки распределения индикатора в почечной паренхиме и выводящей системе. Все вышеизложенное обусловило то, что ренография как метод радионуклидной оценки функции почек уступает свои позиции более совершенному методу динамической сцинтиграфии – МВС, которая для получения наиболее полной информации может проводиться в сочетании с ангиосцинтиграфией почек [13].

Ангиосцинтиграфия почек выполняется для диагностики одно- и/или двусторонних нарушений гемодинамики почек с количественной оценкой их степени и характера. В основе метода лежит регистрация прохождении внутривенно введенного болюса РФП по брюшной аорте и сосудам почек. Показанием к проведению ангиосцинтиграфии почек чаще всего является подозрение на вазоренальную артериальную гипертензию, вызванную стенозом почечных артерий, их тромбозом или эмболией [25, 29]. Ангиографическое исследование почек оказывается полезным и для оценки перфузии почечного трансплантата, а также при травме и других видах механического повреждения почек [5].

Исследование может быть выполнено с различными РФП, меченными короткоживущими нуклидами: 99тТс-пертехнетатом, 99тТс-ДТПА, 99тТс-МАГЗ, I^{23}1- гиппураном [20].

В норме на серии сцинтиграмм визуализируются брюшной отдел аорты, почки, селезенка и печень, появляющиеся в указанной последовательности. У пациентов с монолатеральным стенозом почечной артерии визуально выявляются различия в степени перфузии почек и задержка появления одной из почек на серии ангиосцинтиграмм вследствие поражения соответствующей почечной артерии [8].

При отторжении трансплантированной почки поступление индикатора в неё в начальной стадии замедляется, а в далеко зашедших случаях - полностью отсутствует [7, 27]. При окклюзии почечной артерии на месте трансплантата выявляется фотопеническая зона. Травматическое повреждение почечных артерий проявляется гипоперфузией почек, варьирующей от снижения легкой степени до полного отсутствия кровоснабжения при разрыве ренальной «ножки» [9, 10].

Динамическая сцинтиграфия почек в настоящее время является наиболее распространенным методом радионуклидного исследования мочевыводящей системы и имеет ряд существенных преимуществ перед ренографией [12]:

1. сцинтиграфия позволяет избежать ошибок, обусловленных некорректным расположением детекторов, поскольку в поле видения кристалла гамма-камеры находится вся область возможного расположения почек;
2. возможность компьютерной обработки полученных изображений с коррекцией на вклад тканевого фона радиоактивности;
3. визуализация почек с оценкой их анатомо-топографического состояния и уровня стеноза или обструкции мочеточника.

Метод основан на динамической регистрации радиоактивности в почках и крови после внутривенного введения нефротропного РФП, выводимого почками, и компьютерной обработке получаемых изображений [4].

Результатом динамической реносцинтиграфии является получение серии сцинтиграмм с изображением почек в различные временные интервалы. По нативным сцинтифото выбирают зоны интереса с области обеих почек, сердца и фона, по которым формируют кривые «активность-время» [21].

Анализ результатов динамической сцинтиграфии производят в два этапа:

1. визуальным способом;
2. с помощью количественной оценки полученных кривых «активность-время».

Визуальный анализ реносцинтиграмм позволяет оценить топографию, размеры, форму почек, наличие задержки индикатора в чашечно-лоханочной системе и мочеточниках, составить предварительное заключение о поглотительной и выделительной функциях каждой почки. Кривые «активность-время» с области почек имеют характерный вид ренограмм с сосудистым, функциональным (либо фильтрационным, либо секреторным) и экскреторным сегментами [34, 35].

Для количественной оценки реносцинтиграмм используют следующие основные показатели [24]:

- $T_{макс}$ - время достижения максимума кривой, которое отражает или фильтрационную или секреторную (в зависимости от примененного РФП) способность почек;
- $T_{1/2}$ - период полувыведения препарата, то есть время, за которое происходит двукратное уменьшение максимальной активности над областью почки, отражает экскреторную функцию почки;
- $T_{1//2\ кр}$ - клиренс крови, или период полуочищения крови от препарата; позволяет судить о суммарной выделительной активности почек;

Визуальный анализ сцинтиграмм при патологии МВС позволяет еще до проведения количественной обработки информации оценить:

1. изменения топографии, формы и размеров сцинтиграфического изображения почек, которые могут наблюдаться при аномалиях развития почек, нефроптозе, опухолях и других заболеваниях;
2. более низкий, по сравнению с нормой, уровень накопления РФП в почках или отдельных их частях отмечается при поражении почечной паренхимы со снижением ее функциональной активности при опухолях, кистах, гидронефрозе, нефротуберкулезе, пиелонефрите и других поражениях [3, 33];
3. задержка выведения активности из почек или отдельных ее частей указывает на нарушение уродинамики. В норме почечная лоханка видна только на ранних сканах, но будет визуализироваться до 20-й мин исследования при стенозе лоханочно-мочеточникового соединения [28]. При этом, как правило, заметно увеличивается почечная лоханка и существенно задерживается (или вовсе отсутствует) поступление индикатора в мочевой пузырь на стороне поражения
4. Лоханочная, чашечная и/или мочеточниковая гиперфиксация индикатора наблюдается в тех случаях, когда вместимость этих структур повышается вследствие их расширения. В то же время этот симптом не может служить признаком наличия или отсутствия обструкции. Например, изображение расширенных лоханок характерно для их умеренно выраженной гипотонии. Не менее важное клиническое значение в условиях патологии МВС имеет и оценка количественных параметров реносцинтиграмм, которую удобнее рассматривать применительно к конкретным нозологическим формам заболеваний.

Так, при наличии *стеноза* одной из почечных артерий время достижения максимального уровня счета ($T_{макс}$) над областью соответствующей почки обычно удлиняется по отношению к контралатеральной стороне на 1 мин и более при одновременном снижении амплитуды ренографической кривой [32]; часто наблюдается *пересечение кривых* в фазе выведения, поскольку скорость эвакуации индикатора из почки, кровоснабжаемой стенозированной артерией, замедленна [36];

Статическая сцинтиграфия почек

Это исследование используется для оценки анатомо-топографических особенностей и функционального состояния паренхимы почек. В основе метода лежит регистрация радиоактивности нефротропного индикатора, который избирательно накапливается в функционирующей паренхиме почек. В процессе исследования определяют форму, размеры, положение почек, а также локализацию, распространенность и степень выраженности патологического процесса [0].

Для проведения статической сцинтиграфии почек обычно используются 99тТс-ДМСА и 99тТс-глюкогептонат. Используемый РФП вводят внутривенно в дозе 100-200 мБк и через 1 ч после инъекции получают статические изображения почек в задней и боковых проекциях, располагая больного на табуретке спиной к детектору гамма-камеры. Если функция почек нарушена, повторную запись изображений можно провести через 3-6 ч после инъекции [22].

Анализ изображения производится по следующим показателям:

- положение, форма, размер и контуры почек;
- интенсивность и равномерность включения РФП в паренхиму.

В норме на нефросцинтиграммах получают изображение обеих почек приблизительно одного размера (разница не более 1 см), бобовидной формы с медиально расположенной вогнутой стороной. Почки располагаются на одном уровне (в норме правая почка может быть ниже левой не более чем на 3 см) на одинаковом расстоянии от позвоночника на уровне верхней трети его поясничного отдела.

Размеры почки у различных индивидуумов могут колебаться от 4 до 7 см. Контуры почек на сцинтифото обычно ровные, четкие с симметричным, интенсивным и равномерным накоплением радиоиндикатора в паренхиме почек [17].

При патологии на сцинтиграммах может быть выявлено неправильное положение почек, уменьшение или увеличение их размера, изменение формы, «изъеденность» контуров, пониженное и неравномерное накопление препарата с диффузным, диффузно-очаговым или очаговым характером распределения активности. Увеличение размера почки может быть следствием ее удвоения или викарной гипертрофии в ответ на гипофункцию контралатеральной почки. Уменьшение изображения органа в сочетании с пониженным накоплением РФП довольно часто указывает на присутствие нефросклероза. Изменение положения, формы и размеров сцинтиграфического изображения почек может встречаться при нефроптозе, врожденных аномалиях, опухолях

© Bulletin of Medical Internet Conferences, 2015

и другой патологии. Пониженное накопление с равномерным распределением активности может наблюдаться при стенозе почечной артерии [26, 30].

Неравномерное распределение индикатора в почках (очагового или диффузно-очагового характера) может обнаруживаться при наличии опухоли или кисты, поликистозе, нефротуберкулезе и других заболеваниях с локальным (или диффузно-очаговым) поражением почечной паренхимы. Нечеткая визуализация контуров почки может быть связана с наличием рубцовых изменений коркового слоя вследствие инфекции, инфаркта или опухоли.

Радионуклидная эмиссионная томография является относительно новым способом радионуклидного исследования. Как и при обычной сцинтиграфии, при эмиссионной томографии производят регистрацию гамма-излучения введенных в организм РФП, но сбор информации осуществляют с помощью многих детекторов, расположенных вокруг больного, или одного - двух вращающихся вокруг него детекторов. Как и при рентгеновской компьютерной томографии, исследуемый объект рассматривают как совокупность тонких параллельных слоев. По характеру излучения используемого радионуклида все эмиссионные томографы разделяют на однофотонные и позитронные (двухфотонные). Эмиссионная томография предоставляет врачу более точную информацию о распределении РФП, чем обычная сцинтиграфия, и позволяет изучать нарушения физиологических, биохимических и транспортных процессов, что важно для ранней диагностики патологических состояний.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что радионуклидная диагностика является высокоинформативным, прогрессивно развивающимся методом в изучении раздельной и суммарной функциональной способности почек, уродинамики верхних мочевых путей и анатомо-топографических особенностей почек. Реносцинтиграфия с гиппураном, меченным ^{131}I или ^{125}I, является высокоэффективной методикой исследования функционально-морфологического состояния почек и имеет широкие показания для использования. В отличие от ренографии, реносцинтиграфия исключает ошибки, связанные с неточным центрированием детектора, и позволяет оценивать наряду с функцией почек, их анатомо-топографические особенности. Использование ЭВМ дает возможность осуществлять обработку реносцинтиграфических данных, что значительно повышает результативность исследования в виде оценки реносцинтиграмм с коррекцией на фон окружающих тканей, по сегментам и дифференцированного представления функции паренхимы и чашечно-лоханочной системы.

Литература

1. Баранов А., Зубовский Г.А., Яцык С.П. Радионуклидная оценка жизнеспособности почек // Тезисы докладов III Съезда Общества ядерной медицины. Дубна. – 2004.
2. Батюшин М.М. Нефрология. Основы диагностики. – Ростов: Феникс, Торговый дом, 2003.
3. Сцинтиграфия почек и мягких тканей в диагностике синдрома позиционного сдавления / Е.А.Гурок, О.Г.Синякова, И.В.Александрова, и др. // Мат. Всерос. конгр. с межд. участием по лучевой диагностике и лучевой терапии «Радиология 2007».– М., 2007.
4. Зубовский Г.А. Гаммасцинтиграфия. – М.: Медицина, 1978.
5. Значение радионуклидного метода для оценки функции печени и почек при трансплантации печени / А.И.Ишмухаметов, А.В.Чжао, С.Г.Мусселиус и др. // Мед. радиология и радиац. безопасность.– 2003.– № 2.
6. Клиническая рентгенорадиология / Под ред. Г.А. Зевгенидзе. М. - Т. 4. -.: Медицина, 1985.
7. Кудряшова Н.Е., Гурок Е.А. Радионуклидные методы диагностики при неотложных состояниях // Рентгенорадиология XXI века, проблемы и надежды: Тез. докл. 8-го Всерос. съезда рентгенологов и радиологов.– Челябинск.–М.– 2001.
8. Оценка тканевого кровотока при поражении магистральных артерий методом трехфазной сцинтиграфии с 99mTc-пирфотехом. / Н.Е.Кудряшова, И.П.Михайлов, Е.Н.Ходарева и др. // Медицинская физика–2005: Сб. мат. 2-го Евразийского конгр. по медицинской физике и инженерии.– М., 2005.
9. Роль радионуклидной диагностики при неотложных состояниях. / Н.Е.Кудряшова, Е.Н.Ходарева, О.Г.Синякова, Е.А.Гурок // Радиология–2005.
10. Радионуклидная диагностика при неотложных состояниях. / Н.Е.Кудряшова, О.Г.Синякова, Е.Н.Ходарева, Е.А.Гурок // Мат. 2-го Всерос. нац. конгр. по лучевой диагностике и терапии.– М., 2008.
11. Линденбратен Л.Д., Королюк И.П. Медицинская радиология и рентгенология. - М.: Медицина, 1993.
12. Линденбратен Л.Д., Лясс Ф.М. Медицинская радиология. – М.: Медицина, 1986.
13. Лишманов Ю.Б., Чернова В.И. Радионуклидная диагностика для практических врачей. – Томск: STT, 2004.
14. Лопаткин Н.А., Глейзер Ю.А., Мазо Е.Б. Радиоизотопная диагностика в уронефрологии. - М.: Медицина, 1977.
15. Милько В.И., Лазарь А.Ф., Назимок Н.Ф. Медицинская радиология. – М.: Москва, 1980.
16. Милько В.Н., Москаленко Н.И., Тихоненко Е.П. Радионуклидная диагностика острого пиелонефрита // Медицинская радиология. - 1986. -№1.
17. Миронов С.П., Касаткин Ю.Н. Детская радиология. – М.: Москва, 1993.
18. Попечителев Е.П. Инженерные аспекты медико-биологических исследований. – Л.: ЛЭТИ, 1985.
19. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика.- М.: Высш. шк., 1987.
20. Синякова О.Г., Кудряшова Н.Е. Новые возможности количественной оценки функционального состояния почек по данным ангионефросцинтиграфии с 99mTc-пентатехом //«Актуальные вопросы ядерной медицины и радиофармацевтики»: Тез. докл. 3-го съезда МОО «Общество ядерной медицины» и Всерос. научно-практ. конф..– Дубна, 2004.
21. Смирнов Ю.Н., Фомин Д.К., Яцык С.П. Радионуклидные методы исследований в детской уронефрологии // Тезисы докладов II Евразийского конгресса по медицинской физике и инженерии «Медицинская физика 2005». –М. – 2005.
22. Стожаров А.Н. Радиационная медицина. ИВЦ Минфина, 2000.
23. Тареева И.Е. Нефрология. М.: Медицина, 2000.
24. Яцык С.П., Фомин Д.К. Реносцинтиграфическая оценка морфологических изменений почек у детей с хроническим обструктивным пиелонефритом // Вопросы современной педиатрии. Приложение. – 2005. Т.4.
25. Cost efficacy of the diagnosis and therapy of renovascular hypertension. M.D.Blaufox, M.L.Middleton, J.Bongiovanne, B.R.Davis // J. Nucl. Med.- 1996.
26. Blaufox M.D. Should the role of captopril renography extend to the evaluation of chronic renal renal disease? //J. Nucl. Med. - 1994.
27. Britton K.E., Maisey M.N. Renal disease // Maisey M.N., Britton K.E. and Collier B.D. (edd) Clinical Nuclear Medicine. - London: Chapman & Hall Medical, 1998.
28. Captopril renal scintigraphy in patients with hypertension and chronic renal failure. / I.E.Datseris, J.B.Bomanji, E.A.Brown et al. // J. Nucl. Med., 1994.
29. Giese J., Mogensen P. and Munck 0. Diagnostic value of renography for detection of unilateral renal or renovascular disease in hypertensive patients // Scand. Clin. Lab. Invest, 1975.
30. Kostadinova I., Simeonova A. The use of 99mTc-EC captopril test in patients with hypertension // Nucl. Med. Commun, 1995.

31. Monsour M., Azmy A.F. and MacKcnzie J.R Renal scarring secondary to vesicoureteric reflux: critical assessment and new grading // J. Br. Urol. 1987.
32. Sensitivity of captopril renography for detecting renal artery stenosis based on visual evaluation of sequential images performed with 99Tc-MAGS. / H.У.Oei, E.K.Hoogeveen, P.P.M.Kooij et al. // Radionuclides in Nephrourology / Eds P.H. O'Reilly, Taylor and J.V. Nally. - Philadelphia: Field and Wood, 1994.
33. Smellie J.M., Shaw H.J. Idiopathic hydronephrosis //J. Urol, 1979.
34. Smith F.W. The Kidney: Structure and Function in Health and Disease. - Oxford: Oxford University Press, 1951.
35. Smith F.W., Gemmell H.G. The urinary tract. Practical Nuclear Medicine / Sharp P.F., Gemmell H.G. and Smith F.W. (edd). - Oxford University Press, 1998.
36. Wenting G.J., Tan-Tjiong H.L., Derkx F.H., de Bruyn J.H., Man in't Veld A.J., Schalekamp M.A. Splint renal function after captopril in unilateral renal artery stenosis // Br. Med. J. (Clin. Res. Ed.). - 1984.

© Bulletin of Medical Internet Conferences, 2015