

R. Kaatee, J.E. Wilting

## КТ-ангиография почечных артерий

**Успешное лечение стенозов почечных артерий зависит от их точного выявления, локализации и количественной оценки.**

Ранняя терапия стеноза почечной артерии снижает вероятность развития у больного почечной недостаточности, которая способна привести к полной потере почечной функции. Успех же подобной терапии в значительной степени зависит от точного распознавания стеноза, его локализации и степени сужения.

Визуальная диагностика почечных артерий, как правило, осуществляется методом обычной или цифровой субтракционной ангиографии (ДСА). В качестве альтернативного метода нами в этих целях стала применяться волюметрическая КТ-ангиография (КТА). Данная методика по сравнению с другими менее инвазивна, весьма эффективно визуализирует почечные артерии и

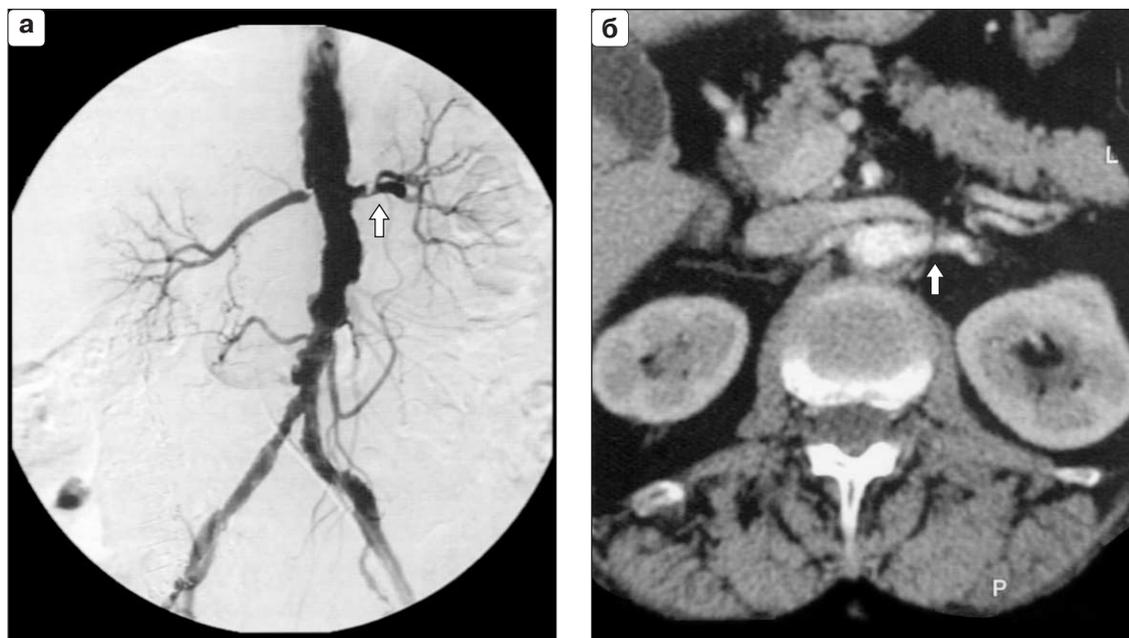
позволяет устанавливать характер их патологии. Результативность метода требует использования тонких слоев и оптимального временного контроля за введением контрастного вещества.

**Псевдостоловые стенозы.** У ряда больных с локализацией стеноза почечной артерии непосредственно вблизи от стенки аорты возникают расхождения между картиной на ДСА и КТА [1]. Поражения, имеющие на ДСА вид стенозов, на КТА выглядят как стеноз устья (рис. 1). Дальнейшие наблюдения подобных случаев показали, что здесь имеется как бы выбухание стенки аорты в виде воронки на уровне отхождения почечной артерии с кажущимся ее просветом, образованным бляшками (рис. 2).

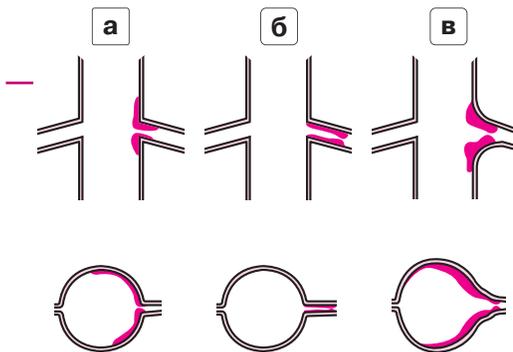
R. Kaatee,  
Отделение радиологии  
Университета  
г. Утрехта, Нидерланды

J.E. Wilting  
Philips Medical Systems,  
г. Бест, Нидерланды

Kontraste. 1997. № 10.  
Mai. S. 16-21.



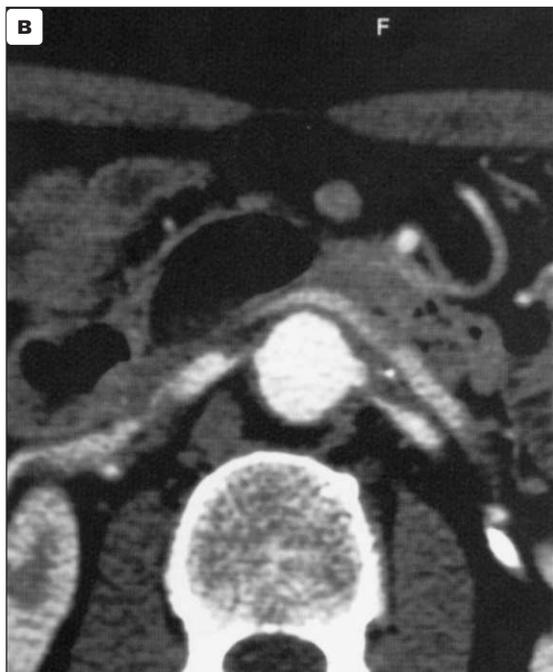
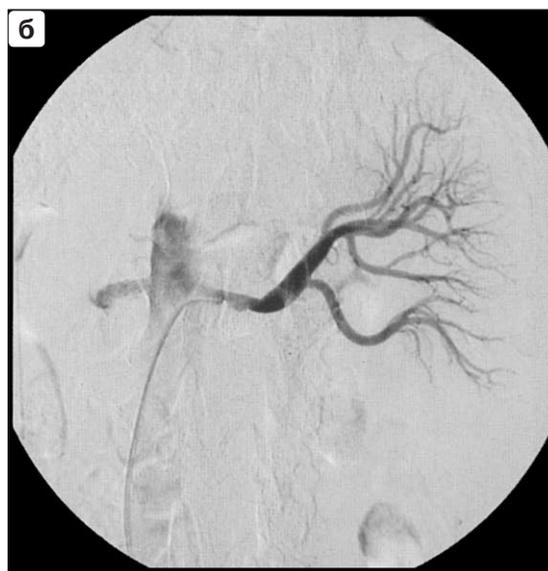
**Рис. 1.** а – ДСА псевдостолового стеноза. Стеноз (стрелка) выглядит отстоящим на некоторое расстояние от стенки аорты и поэтому может быть скорее всего расценен как стеноз стволы. б – КТ-ангиограмма того же больного. Здесь стеноз (стрелка) выглядит как расположенный менее чем в 1 мм от наружной стенки аорты и поэтому классифицируется как стеноз устья.



**Рис. 2.** Диаграмма, иллюстрирующая внешний вид стенозов почечной артерии на ДСА-изображениях (верхний ряд) и на КТ-ангиограммах (нижний ряд). Красным обозначены атеросклеротические бляшки. а – стеноз устья, б – стволовой стеноз, в – псевдостволовой стеноз (масштаб не соблюден).

Такая кажущаяся стволовая локализация стеноза на ДСА обусловлена тем, что этот метод визуализирует только внутренний просвет сосуда, тогда как КТА демонстрирует и саму сосудистую стенку, вследствие чего становится видно, что эти “псевдостволовые” стенозы на самом деле располагаются на переходе от “воронки” к истинному отхождению почечной артерии.

**Плоские стенозы.** Другое расхождение связано с периодически обнаруживаемыми в коронарной плоскости плоскими стенозами [2]. На обыч-



**Рис. 3.** Плоский стеноз в фронтальной плоскости. а – на ДСА виден резкий стеноз правой почечной артерии, левая артерия выглядит свободно проходимой. б – ДСА. Селективная ангиограмма левой почки. Артерия имеет нормальный просвет и несколько неправильный ход, но в области ее отхождения контрастирование ослаблено. в – КТ-ангиограмма. На аксиальном изображении виден резкий проксимальный стеноз как левой, так и правой артерий.

**Таблица 1.** Протокол КТА

Напряжение на трубке	140 кВ
Сила анодного тока	250 мА
Толщина слоя	3 мм
Скорость перемещения стола	3 мм/с
Интервал реконструкции	1 мм
Время сбора данных	30 с
Длина измеряемого объема	9 см
Контрастное вещество	
– количество	140 мл
– скорость инъекции	3 мл/с
– время задержки	22 с + ttp

ных ангиограммах левая почечная артерия кажется на всем протяжении полностью проходимой, тогда как на КТА в аксиальной плоскости (перпендикулярной к плоскости изображения на обычных ангиограммах) бывает заметна истинная степень сужения сосуда (рис. 3а–3в).

### Роль КТА

Накопленный к настоящему времени опыт показывает, что КТА является весьма точным методом диагностики и количественной оценки стенозов почечных артерий. Кроме того, она дополняет результаты обычной ангиографии и ДСА, так как оптимизирует выбор проекционного угла для визуализации проксимального сегмента почечных артерий.

**Техника КТА.** КТ-ангиографические исследования проводились на компьютерном томографе TOMOSCAN SR 7000 фирмы Филипс в соответствии с представленным в табл. 1 протоколом. Наличие рентгеновской трубки MRC 200 СТ позволяло охватывать весь необходимый объем одним непрерывным сканом с тонкими слоями и оптимальными параметрами кВ и мА.

Синхронизация начала сбора данных с фазой максимальной контрастности болюса достигалась использованием приведенного ниже протокола оптимизации контрастирования (табл. 1).

**Сбор КТ-данных.** Сбор данных начинается с выполнения нативного сканирования для определения уровня отхождения почечных артерий. Затем вводится 140 мл неионного контрастного вещества (иопромид, 300 мг I

на мл, Ультравист 300) со скоростью 3 мл/с. Сканирование ведется в кранио-каудальном направлении на протяжении 9 см начиная от уровня отхождения а. mesenterica superior. Весь объем охватывается за одну задержку дыхания в течение 30 с.

**Оптимизация контрастирования.** Весь сбор данных при КТА должен производиться в фазу максимального заполнения исследуемого сосуда контрастным веществом. Если введение начинается слишком рано, первые изображения серии оказываются мало контрастными. Если же введение выполняется с задержкой, контрастный болюс уже успевает пройти до начала сбора данных. Поэтому точный выбор момента начала сбора данных имеет особо важное значение для успеха исследования.

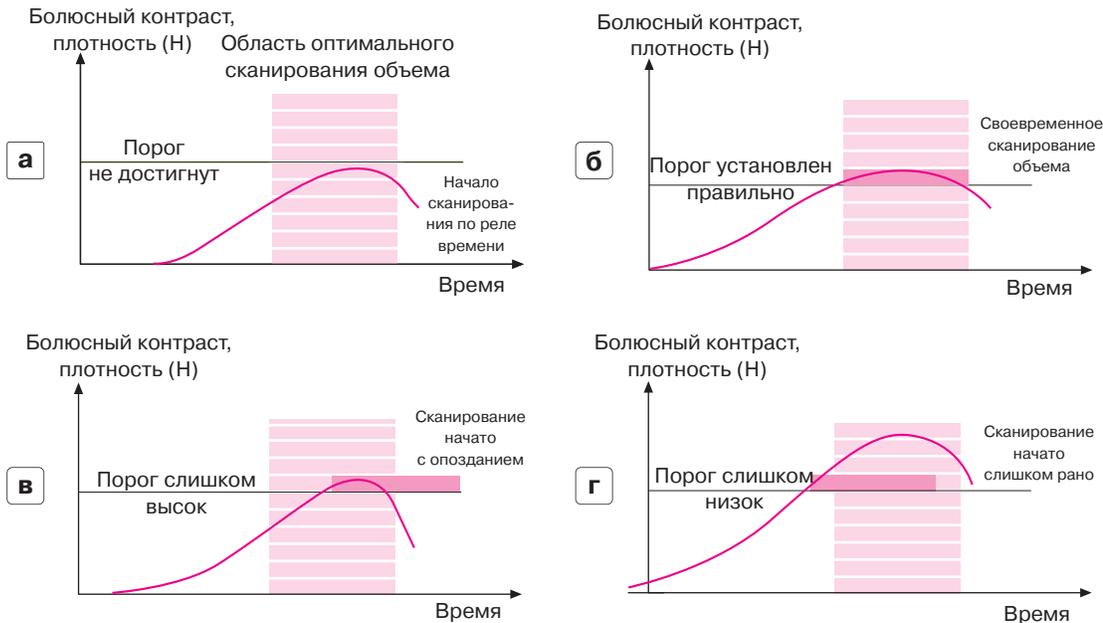
В настоящее время существует три способа расчета момента начала объемного сканирования: фиксированное время задержки, определение порога контрастирования и протокол оптимизации контрастирования.

Устанавливаемое на основе опыта предыдущих исследований фиксированное время задержки является наиболее простым способом получения оптимального контрастирования сосудов на изображении. Однако из-за существующих индивидуальных анатомических различий с его помощью не всегда удается надежно получить максимальное контрастирование сосудов.

При использовании метода определения порога (рис. 4) сканирование всего объема начинают в момент, когда контрастирование кровотока в зоне интереса достигнет заранее установленной величины плотности. Для этого исследователь предварительно должен определить интересующую его зону исследования и порог контрастирования в ней. Указанный метод требует специального компьютерного и программного обеспечения.

Время от момента достижения порога до момента максимального контрастирования кровеносного русла варьирует от пациента к пациенту, и эти

*Начало сканирования объема должно быть рассчитано таким образом, чтобы захватить момент максимального контрастирования сосудов.*



**Рис. 4.** Принцип определения порога контрастирования (на основе прямого измерения на пациенте). В идеале сканирование всего объема должно быть выполнено в момент фазы максимального прохождения болюса. а – предварительно установленный порог контрастирования не достигнут. Сканирование объема начато спустя заранее установленное время задержки. б – порог идеально соответствует времени сканирования объема. в – сканирование объема начато с опозданием. г – сканирование объема начато слишком рано.

вариации значительно больше, чем вариации времени от начала инъекции контрастного вещества до момента максимального контрастирования. Однако методика определения порога всегда гарантирует по меньшей мере минимальный уровень контрастирования. И хотя реально получаемая в этом случае контрастность весьма варьирует от пациента к пациенту, она все равно, как правило, остается ниже теоретически достижимого максимума. Кроме того, не всегда удается достигнуть порога. В таких случаях сканирование автоматически начинается спустя заранее установленный интервал задержки.

Методика определения порога контрастирования поставляется фирмой General Electric Medical Systems под названием SmartPrep и фирмой Siemens под названием CARE.

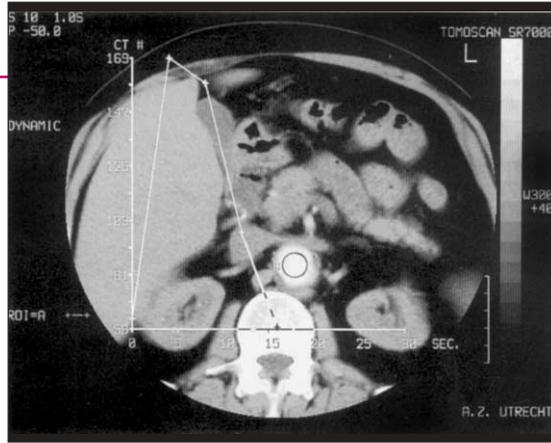
Опыт показал, что наилучшие результаты обеспечиваются системой протокола оптимизации контрастирования. Поскольку скорость кровотока и степень получаемого контрастирования индивидуально весьма переменны, пока еще не существует идеальной методики и в будущем можно ожидать появления новых.

**Протокол оптимизации контрастирования.** При использовании протокола оптимизации контрастирования (табл. 2) вначале производится пробная инъекция контрастного вещества, чтобы установить время максимального контрастирования от момента

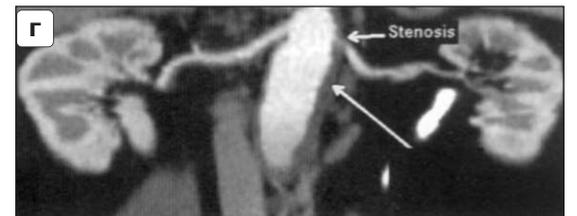
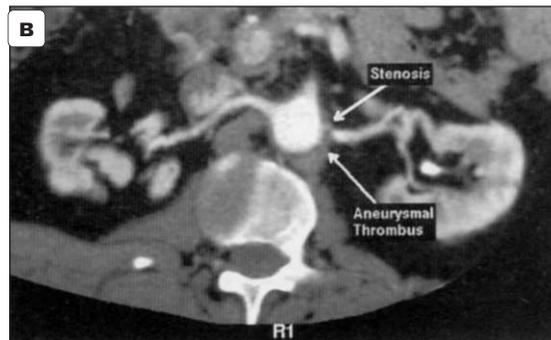
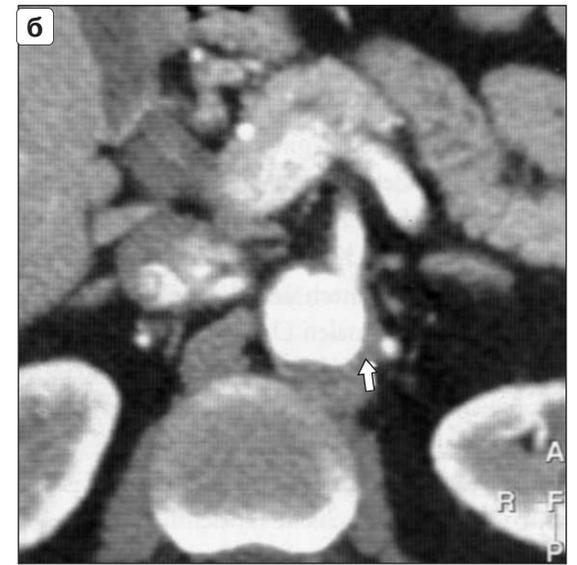
**Протокол оптимизации контрастирования дает наилучшие результаты путем четкого установления времени задержки или порога контрастирования.**

**Таблица 2.** Протокол оптимизации контрастирования

1. Определить исходную позицию сканирования.  
Установить протокол тестового болюса с пониженной дозой.
2. Выполнить введение тестового болюса с пониженной дозой.
3. Выбрать изображение с максимальным болюсным контрастированием.  
Время от начала до этого изображения является “пиковым интервалом” (“time-to-peak”, или  $ttp_{test}$ ).  
Время задержки равняется  $ttp_{test} + 22$  с.
4. Установить протокол объемного сканирования с задержкой.  
Начать сканирование с автоматической инъекцией.



**Рис. 5.** Пробная инъекция для определения пикового интервала ( $t_{tp}$ ). Для динамического анализа выбирается изображение с наивысшим болюсным контрастированием. Область интереса установлена на аорте. Наложенный на изображение график демонстрирует интенсивность болюсного контрастирования (в единицах Хаунсфильда) с 4-секундными интервалами. Замер времени начинается с момента 12-секундной задержки.



**Рис. 6.** КТ почечных артерий с использованием протокола оптимизации контрастирования. Максимальное болюсное контрастирование. а – аксиальный срез на уровне отхождения правой почечной артерии. б – отхождение левой почечной артерии (стрелка). Из-за тромбоза артерия плохо видна. в – изогнутая MPR (аксиальная ориентация) с хорошо видимыми обеими почечными артериями. В области отхождения левой почечной артерии обнаруживается ее стеноз. г – MPR аорты (фронтальный срез). Момент сканирования всего объема выбран правильно с максимальным болюсным контрастом.

та начала инъекции (так называемый пиковый интервал, или time-to-peak:  $t_{tp}$ ) и по нему рассчитать время задержки, необходимое для оптимального контрастирования после введе-

ния большого болюса (рис. 5). Эта методика позволяет для каждого пациента установить индивидуальное время задержки для оптимального контрастирования в зависимости от его инди-

видуальной скорости кровотока и, соответственно, контрастности сосудов (рис. 6).

Концентрация контрастного вещества после введения болюса достигает своего максимального значения уже вскоре по окончании инъекции. Время от начала инъекции до максимального контрастирования (time-to-peak: ttp) варьирует от пациента к пациенту. При методике протокола оптимизации контрастирования ttp предварительно определяется пробной инъекцией (ttp<sub>test</sub>). По этому показателю устанавливается определенное время задержки, чтобы получить ttp для большого болюса (ttp<sub>bolus</sub>).

Время задержки для оптимальной визуализации почечных артерий равняется ttp<sub>test</sub> + 22 с. Добавочные 22 с необходимы как дополнительная задержка для большого болюса (30 с) минус время выхода стола томографа в область проекции почечных артерий (8 с).

**Оценка изображения.** Полученные таким образом послойные изображения обрабатываются на рабочей станции Филипс Easy Vision CT/MR в режиме MPR и MIP реконструкции.

По этим реконструкциям устанавливается степень стеноза артерий путем сравнения поперечника артерии в наиболее узком месте стеноза с поперечником интактного участка артерии дистальнее стеноза.

## Обсуждение

Стандартными методиками диагностики стенозов почечных артерий являются обычная ангиография и ДСА. Однако инвазивный характер этих методик сопряжен с определенным риском, в особенности у пожилых пациентов с признаками выраженного атеросклероза. Кроме того, необходимо принимать во внимание возможность нарушения функции почек под воздействием контрастного вещества, а также опасность холестериновой эмболии. Во избежание указанных осложнений следует в качестве скрининго-

вых исследований прибегать к менее инвазивным методам – сцинтиграфии, УЗИ и МР-ангиографии.

Почечную сцинтиграфию с комбинацией гиппурана и ДТРА (диэтилен-триаминпентауксусная кислота) следует использовать в качестве исходного скринингового исследования, хотя ее информационная возможность и ограничена. Ее чувствительность и специфичность можно повысить, дав пациенту ингибитор ангиотензин-превращающих энзимов. Однако в случае двустороннего поражения почек сцинтиграфия имеет ограниченное значение.

Первый опыт использования в диагностике стенозов почечных артерий ультразвукового сканирования был обнадеживающим, но последующие исследования показали более низкие результаты из-за относительно невысокой чувствительности и специфичности методики, а также недостаточно хорошей визуализации дополнительных почечных артерий. Другим ограничением сонографии является скопление газа в кишечнике, затрудняющее визуализацию проксимальных отделов почечных артерий.

В исследовании почечных артерий используется также МР-ангиография, включая и болюсное контрастирование препаратами гадолиния-ДТРА. Однако возможности этого метода в распознавании и количественной оценке стенозов почечных артерий нуждаются в дальнейшем уточнении.

Наименее инвазивным методом оценки стенозов почечных артерий все же является КТА, при которой контрастное вещество вводится внутривенно без необходимости катетеризировать артерию. По этой причине КТА является предпочтительной альтернативой другим методам исследования. Имеется множество работ, подтверждающих высокую способность данного метода по обнаружению и количественной оценке стенозов почечных артерий со средним показателем чувствительности и специфичности более 90%.

*КТА является точным и минимально инвазивным методом оценки стенозов почечных артерий.*

В настоящее время доказано, что сосудистая хирургия и ангиопластика способны задержать или предупредить развитие ишемической нефропатии. Однако эти способы инвазивны и в случае неудачи могут нанести дополнительный вред почкам, что влечет за собой рост заболеваемости и смертности. Поэтому общепринят взгляд, что интервенционные вмешательства оправданы лишь при выраженных стенозах. При полной окклюзии сосуда интервенционное вмешательство также бесполезно из-за наступающих к этому времени необратимых изменений в почке и невысокой вероятности улучшения состояния больного.

Другим преимуществом КТА является ее способность визуализировать не только внутренний просвет сосуда, но также и стенку сосуда с обызвествлениями и атеросклеротическими бляшками. Она способна также определять расположение стеноза по отношению к наружной стенке аорты и хорошо дифференцирует стволовые и остиальные стенозы, что имеет весьма важное значение для выбора правильной терапии.

Хотя устранение стволовых стенозов способом чрескожной чреспросветной ангиопластики дает вполне приемлемые результаты, при остиальных стенозах они не столь хороши. В последнее время предпринимаются успешные попытки исправлять остиальные стенозы почечных артерий установкой стентов.

К потенциальным недостаткам КТ-ангиографии относится потребность в относительно большом количестве контрастного вещества (120–150 мл), необходимом для достаточного контрастирования почечных артерий.

Тем не менее, КТА, по-видимому, относится к весьма привлекательным и минимально инвазивным методам оценки стенозов почечных артерий у больных реноваскулярной гипертензией.

## Список литературы

1. Kaatee R., Beek F.J.A., Verschuyf E.J. et al. Atherosclerotic renal artery stenosis: ostial or truncal? // Radiology. 1996. V. 199. P. 637–640.
2. Kaatee R., Beek F.J.A., Mali W.P.T.M. Case study: occult renal artery stenosis revealed by CT. Application report, Philips Medical Systems publication 4522 982 61091/728, 1996.
3. Galanski M., Prokop M., Chavan A. et al. Renal artery stenoses: spiral CT angiography // Radiology. 1993. V. 189. P. 185–192.
4. Rubin G.D., Dake M.D., Napel S. et al. Spiral CT of renal artery stenosis: comparison of three-dimensional rendering techniques // Radiology. 1994. V. 190. P. 181–189.
5. Rub A.E.J., Dake M.D. et al. Assessment of living renal donors with spiral CT // Radiology. 1995. V. 195. P. 457–462.
6. Olbricht C.J., Paul K., Prokop M. et al. Minimally invasive diagnosis of renal artery stenosis by spiral computer tomography angiography // Kidney Int. 1995. V. 48. P. 1332–1337.
7. Beregi J.P., Elkohen M., Deklunder G. et al. Helical CT angiography compared with arteriography in detection of renal artery stenosis // AJR. 1996. V. 167. P. 495–501.
8. Brink J.A., Lim J.T., Wang G. et al. Technical optimization of spiral CT for depiction of renal artery stenosis: in vitro analysis // Radiology. 1995. V. 195. P. 157–163.

**КТА выявляет не только внутренний просвет сосуда, но также стенку сосуда с обызвествлениями и атеросклеротическими бляшками в ней.**