

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ ВАЗОРЕНАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ ЧАСТЬ III: ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНДОВАСКУЛЯРНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА ПОЧЕЧНЫХ АРТЕРИЯХ

А.В. Зятенков – к.м.н.¹

И.В. Шутихина – к.б.н., доцент кафедры лучевой диагностики ФППОВ¹

Л.С. Коков – чл.-корр. РАМН, руководитель отдела РХМДиЛ², зав. кафедрой лучевой диагностики ФППОВ^{1,2}

¹ГБОУ ВПО первый Московский
государственный медицинский
университет имени И.М. Сеченова, Москва, Россия
119991, Москва, улица Малая Трубецкая, д. 8, стр. 2

²НИИ скорой помощи имени Н.В. Склифосовского
129010, Москва, пл. Большая Сухаревская, д. 3

Стеноз почечной артерии – распространенная патология, которая может привести к развитию вазоренальной гипертензии или ишемической нефропатии. Стентирование почечных артерий в настоящее время получило широкое распространение, и количество таких вмешательств растет с каждым годом. Однако клиническая эффективность реваскуляризации почек остается недоказанной. При этом, по мнению большинства исследователей, результаты стентирования могут быть улучшены. В качестве возможных путей улучшения клинических результатов стентирования в настоящее время рассматриваются оценка гемодинамических параметров стеноза и жизнеспособности паренхимы почки, профилактика эмболий и рестенозов почечной артерии после стентирования. В статье приведен обзор исследований, направленных на изучение методов улучшения отдаленных результатов стентирования почечных артерий.

Ключевые слова: вазоренальная гипертензия, стентирование почечных артерий, индекс сопротивления, рестеноз, денервация почечных артерий.

MODERN APPROACHES TO DIAGNOSTIC AND TREATMENT OF VASORENAL HYPERTENSION CHAPTER III: PERSPECTIVE TRENDS IN ENDOVASCULAR INTERVENTIONS ON RENAL ARTERIES

Zyatenkov A.V. – MD, PhD¹

Schutikhina I.V. – MD, PhD, associate professor¹

Kokov L.S. – MD, PhD, professor, head of Interventional Radiology Department^{1,2}

¹First Moscow State Medical University, Faculty of Postgraduate Education,
Department of Radiology, Moscow, Russia
Moscow, MalayaTrubetskaya, 8, b. 2, 119991

²Scientific and Research Institute
of emergency medicine, Moscow, Russia
Moscow, Bolshaya Sukharevskaya, 3, 129010

Renal artery stenosis is a common condition that can cause renovascular hypertension or ischemic nephropathy. Endovascular treatment for atherosclerotic renal artery stenosis is performed frequently and its usage has rapidly increased during the last few years. However clinical benefit of renal artery stenting is questionable. Many researchers suppose that clinical outcomes after renal artery stenting may be improved. Several potential ways to this improvement is discussed: the evaluation of hemodynamical parameters of the stenosis, viability of the renal tissue, prophylactic of the atheroembolisation and restenosis. This article reviews the recent data concerning perspective trends in endovascular procedures on renal arteries that can improve long-term clinical outcomes after renal artery stenting.

Key words: Renovascular hypertension, renal artery stenting, resistant index, restenosis, renal artery denervation

Введение

В настоящее время эндоваскулярные вмешательства на почечных артериях привлекают все больше внимания. Прежде всего, это связано с повышенным интересом к возможностям хирургических методов лечения артериальной гипертензии. В центре внимания исследователей находятся стентирование почечных артерий при вазоренальной гипертензии и симпатическая денервация почечных артерий, применяющаяся для лечения резистентной к медикаментозной терапии эссенциальной гипертензии. Оба этих метода активно изучаются в крупных клинических исследованиях, основными направлениями которых являются улучшение клинических результатов стентирования почечных артерий и изучение физиологических эффектов симпатической денервации.

Улучшение клинических результатов стентирования почечных артерий

Стентирование почечных артерий пока не оправдывает надежды, которые возлагались на эту процедуру в связи с лечением вазоренальной гипертензии (ВРГ). До настоящего времени гипотеза о том, что выполнение реваскуляризации почечных артерий при их атеросклеротическом поражении позволит снизить артериальное давление и улучшить выделительную функцию почек, не была подтверждена в рандомизированных клинических испытаниях [1].

Однако большинство исследователей склоняются к мнению, что негативные результаты клинических испытаний не должны привести к полному отказу от выполнения стентирования почечных артерий [2], так как каждое из этих исследований имеет серьезные методологические недостатки, относящиеся как к отбору пациентов, так и к технике выполнения вмеша-

тельств. Таким образом, исправление этих недостатков, безусловно, должно способствовать улучшению клинических результатов стентирования. Вполне возможно, что эти надежды будут подтверждены результатами проводимого в настоящее время исследования CORAL. Некоторые предполагаемые пути для улучшения клинических результатов стентирования почечных артерий приведены ниже.

1. Оценка гемодинамической значимости стеноза почечной артерии

Наиболее распространенная гипотеза, объясняющая неудовлетворительные результаты стентирования почечных артерий, состоит в том, что многие вмешательства выполняются по поводу гемодинамически незначимых стенозов, не оказывающих влияние на почечный кровоток. В связи с этим в настоящее время в центре внимания находится оценка влияния стеноза почечной артерии на перфузию ткани почки.

Одним из способов оценки гемодинамической значимости стеноза почечной артерии является измерение градиента артериального давления на стенозе. Этот метод применяется в различных вариантах. В некоторых исследованиях используется систолический градиент давления, при этом критерием гемодинамической значимости стеноза считается значение градиента > 20 мм рт. ст. [3]. В других работах используется средний градиент давления, диагностическим критерием выступает градиент > 10 мм рт. ст. [4].

Согласно многим другим исследованиям, более информативен в плане оценки влияния стеноза на гемодинамику такой показатель, как фракционный резерв кровотока (fractional flow reserve, FFR). Для его расчета измеряют

градиент давления на стенозе до и после внутриаартериального введения вазодилататоров, отношение этих цифр и является FFR (FFR = давление за стенозом на фоне гиперемии/давление в аорте). В качестве вазодилататоров обычно используются папаверин или ацетилхолин.

Большой интерес представляют данные о корреляции между степенью стеноза по данным ангиографии, характеристиками кровотока в почечной артерии по данным дуплексного сканирования и результатами инвазивного измерения градиента давления. По данным Jones N. et al., степень стеноза по данным ангиографии плохо коррелирует как с систолическим градиентом давления, так и с данными FFR [5]. При этом между систолическим градиентом давления и FFR отмечена сильная корреляция. Сходные данные были получены в исследованиях Subramanian R. et al. [6] и Kadziela J. et al. [7]. При сравнении FFR с характеристиками кровотока по почечной артерии, полученными при дуплексном сканировании (пиковая систолическая скорость кровотока, индекс ускорения, орто-почечный индекс) также не отмечено значимой корреляции [8].

Таким образом, ни дигитальная цифровая ангиография, ни дуплексное сканирование почечных артерий не предоставляют точную информацию о гемодинамических параметрах стеноза, хотя на результаты именно этих методов в подавляющем большинстве случаев ориентируются лечащие врачи при определении показаний к стентированию. Высказывается мнение о том, что отсутствие точных данных о гемодинамических параметрах стеноза почечной артерии – одна из главных причин неудовлетворительных клинических результатов стентирования по данным клинических исследований (ASTRAL, STAR и т.д.). Эта гипотеза подтверждается и результатами клинических наблюдений. Так, в исследовании Mitchell и соавторов выявлено, что пациенты с FFR < 0,8 имеют больше шансов на снижение АД после стентирования почечных артерий (в 86% случаев), чем пациенты с FFR в пределах нормы (снижение АД отмечено только в 30% случаев) [9]. Сходные результаты были получены и в работе Leesar M. et al., где в качестве критерия гемодинамической значимости стеноза использовался систолический градиент давления > 21 мм рт. ст. Среди больных с повышенным градиентом снижение артериального давления после стентирова-

ния имело место в 84% случаев, среди больных с нормальным градиентом – в 36% [10]. Эти данные позволяют надеяться, что измерение градиента давления на стенозе может стать точным методом выявления пациентов, у которых стентирование почечных артерий приведет к хорошим клиническим результатам. Хотя, безусловно, для оценки достоверности данного метода необходимы дальнейшие исследования на значительно большем клиническом материале.

2. Оценка состояния почечной паренхимы

В качестве еще одного возможного прогностического фактора клинического успеха стентирования почечных артерий рассматривается измеряемый методом дуплексного сканирования индекс сопротивления (ИС) в сегментарных артериях почек [11].

Индекс сопротивления рассчитывается по формуле:

$$ИС = \frac{Vc - V\delta}{Vc}$$

где Vc – пиковая скорость кровотока в систолу, Vδ – пиковая скорость кровотока в диастолу.

Физиологический смысл измерения индекса сопротивления объясняется следующей гипотезой. Как известно, прогрессирующая ишемия почки запускает процесс неспецифического повреждения паренхимы органа, который приводит к интерстициальному фиброзу, снижению числа функционирующих нефронов и кровоснабжающих их капилляров. Эти изменения влекут за собой уменьшение плотности сосудистой сети почки и как следствие повышение ее сосудистого сопротивления. Таким образом, чем выше ИС, тем сильнее выражены фибротические изменения в почечной ткани.

В пользу данной гипотезы свидетельствуют результаты исследования Doi и соавторов, которые изучали корреляцию между значением индекса сопротивления и клиническими исходами у 426 пациентов с эссенциальной гипертензией. Было выявлено, что у больных с ИС > 0,7 риск развития почечной недостаточности был существенно выше, чем у пациентов с нормальным ИС [12]. Таким образом, высокое значение ИС может быть маркером необратимого поражения паренхимы почек, при котором восстановление кровотока по почечной артерии не имеет смысла.

Некоторые исследования свидетельствуют о высокой прогностической значимости ИС. Так,

по данным Radermacher J. et al., реваскуляризация почечных артерий у пациентов с ИС > 80 не приводила к статистически достоверному улучшению функции почек или снижению АД [11]. Однако в других работах ценность измерения ИС подтверждена не была [13]. Дополнительная сложность с определением ИС заключается в том, что, в отличие от измерения градиента давления, точность данного метода (как и любого ультразвукового исследования) сильно зависит от оператора. Таким образом, данный вопрос требует дальнейшего изучения.

3. Профилактика тромбоэмболических осложнений при стентировании почечных артерий

К сожалению, при стентировании почечных артерий возможно развитие осложнений, одним из которых является эмболия дистального русла. Частота этого осложнения точно неизвестна, так как часть эмболий протекает бессимптомно [14]. Эмболия может развиваться как на диагностическом этапе процедуры (вследствие манипуляций катетерами и проводниками в аорте при попытке селективной катетеризации почечной артерии), так и на лечебном этапе (вследствие разрушения атеросклеротической бляшки). По распространенному мнению, именно эмболия мелких артерий почек, которая не может быть диагностирована при ангиографическом исследовании, зачастую является причиной неудовлетворительных клинических результатов стентирования [15].

Так как эффективного лечения эмболии не существует, особое внимание привлекают методы профилактики данного осложнения. Важную роль в профилактике эмболий играет тщательное планирование оперативного вмешательства. Большое значение имеет изучение данных неинвазивных исследований: МР- или КТ-ангиографии. Они могут дать ценную информацию о диаметре аорты и подвздошных артерий, по которым будут проведены инструменты во время операции; выявить извитость сосудов; степень кальцификации; размеры атеросклеротической бляшки в аорте и пораженной почечной артерии; количество и размеры почечных артерий; угол их отхождения; направление почечных артерий по отношению к брюшной аорте. Эта информация может быть полезна при выборе оптимального сосудистого доступа, катетера для селективной катетеризации почечной артерии, оптимальной проекции для визуализации устья

почечной артерии при ангиографии [16]. Чаще всего эмболия происходит именно вследствие повреждения рыхлых или нестабильных бляшек на стенке аорты катетерами и другими инструментами. Для снижения риска таких повреждений была разработана техника “no-touch” [17]. По ней в гайд-катетер одновременно устанавливаются 2 проводника: J-проводник диаметром 0,035 дюйма и проводник диаметром 0,014 дюйма. J-проводник проводится в грудной отдел аорты, по нему гайд-катетер устанавливается рядом с устьем пораженной почечной артерии. Затем J-проводник оттягивается назад, так чтобы его мягкая часть оказалась у кончика гайд-катетера, для того чтобы гайд мог принять свою первоначальную форму и приблизится к устью почечной артерии. Наличие J-проводника должно предотвратить контакт гайд-катетера со стенкой аорты, тем самым уменьшая риск эмболии. В таком положении кончика гайд-катетера проводник 0,014 дюйма проводится через стеноз в дистальный отдел почечной артерии. Затем J-проводник удаляется, и гайд-катетер устанавливается в устье почечной артерии. Хотя такая техника теоретически должна снижать риск эмболии, пока ее преимущества по сравнению с другими методиками малотравматичной катетеризации почечных артерий не доказаны в сравнительных исследованиях [18, 19].

В последнее время все большее внимание привлекает использование устройств защиты от эмболии при стентировании почечной артерии. В исследовании Holden и соавт. изучалась эффективность таких устройств у 37 пациентов, которым было выполнено 46 процедур ангиопластики и стентирования почечных артерий [20]. Все стенозы были устьевыми, во всех случаях в главной почечной артерии устанавливался фильтр Angioguard. Для оценки функции почек до и после вмешательства проводился мониторинг уровня креатинина сыворотки крови, период наблюдения составил 12,5 месяцев. Критерии оценки изменения уровня креатинина не отличались от таковых в других исследованиях: значимым считалось изменение концентрации на 20% и более от исходного. Улучшение или стабилизация функции почек были зафиксированы у 95% пациентов, ухудшение только у 5%. Этот результат значительно лучше, чем во многих аналогичных исследованиях, в которых ангиопластика проводилась без использования систем защиты от дистальной эмболии, т.к. в

большинстве работ по изучению эффективности стентирования почечных артерий по поводу ВРГ послеоперационное ухудшение функции почек отмечалось в 10–20% случаев. [21, 22].

Особый интерес представляют результаты гистологического исследования содержимого фильтров – макро- или микроскопические фрагменты атеросклеротических бляшек были обнаружены в 65% наблюдений. Таким образом, системы защиты почечных артерий от дистальной эмболии могут быть рекомендованы для улучшения результатов интервенционного лечения ВРГ.

4. Профилактика и лечение рестенозов после стентирования почечных артерий

Еще одна возможная причина клинической неэффективности стентирования почечных артерий – развитие рестеноза. По данным литературы, в течение первого года после вмешательства рестенозы развиваются у 6–22% пациентов в зависимости от критериев диагностики рестеноза [23]. Факторы, ассоциированные с развитием рестеноза, можно разделить на 3 основные группы: связанные с пациентом, сосудом, типом стента и техникой вмешательства. Предикторами рестеноза считаются диаметр сосуда < 6 мм, женский пол, курение, сахарный диабет 2 типа [24, 25]. Также высокий риск рестеноза вызывает неполное прилегание стента к стенке артерии, которое по данным внутрисосудистого ультразвукового исследования (ВСУЗИ) имеет место в 33% случаев [26]. В связи с этим обсуждается необходимость выполнения контрольного ВСУЗИ после имплантации стента. Еще одним методом снижения риска рестеноза почечной артерии является использование стентов с лекарственным покрытием. По данным некоторых исследований стенты с лекарственным покрытием снижают частоту рестенозов почечных артерий [27]. В исследовании GREAT (PalmaZ Genesis Peripheral Stainless Steel Balloon Expandable Stent in Renal Artery Treatment) сравнивалась проходимость почечных артерий в течение 6 месяцев после стентирования стентами с лекарственным покрытием и металлическими стентами. Частота рестенозов по данным ангиографии в группе стентов с покрытием была существенно ниже (6,7% против 14%) [28].

В лечении рестенозов почечной артерии такие методы, как ангиопластика и повторное стентирование демонстрируют примерно сходные

клинические результаты. Так, частота повторных рестенозов после ангиопластики в течение года наблюдения, по данным Wöhrle и соавт., составляет 21–25% [29]. Частота рестенозов после повторного стентирования – 25% в течение года после вмешательства [30]. В нескольких исследованиях было описано применение для лечения рестенозов почечных артерий режущих баллонов, лазеров и устройств для атерэктомии и брахитерапии, но количество таких наблюдений невелико и не позволяет сделать заключение об эффективности данных подходов [31].

Таким образом, частота рестенозов почечных артерий может быть снижена прежде всего за счет более точного подбора размеров инструментов и оценки адекватности прилегания стента к стенке почечной артерии, что возможно при активном использовании ВСУЗИ. Такая тактика также может способствовать улучшению клинических результатов стентирования.

Денервация почечных артерий

Повышенный интерес у многих исследователей вызывает новый метод лечения резистентной артериальной гипертензии – денервация почечных артерий. Суть его состоит в радиочастотной абляции симпатических нервных волокон, проходящих в толще стенки почечных артерий. Эффективность метода изучалась в исследованиях Symplicity HTN 1 и 2, в которых было показано выраженное снижение артериального давления после денервации. В течение 6 месяцев после процедуры уровень систолического давления снизился в среднем на 32 мм рт. ст., уровень диастолического давления – на 12 мм рт. ст. [32].

Особый интерес представляют отдаленные эффекты денервации почечных артерий. По данным Brandt и соавт. помимо снижения артериального давления эта процедура позволяет добиться замедления прогрессирования гипертрофии миокарда [33]. Данный параметр оценивался по индексу массы левого желудочка. У пациентов, которым была выполнена почечная денервация, этот индекс снизился с 53,9 г/м (2,7) до 44,7 г/м (2,7). Также было отмечено снижение толщины межжелудочковой перегородки. Авторы исследования связывают такой эффект с нормализацией уровня АД.

Кроме того, в исследовании Mahfoud и соавт. было показано, что денервация приводит к повышению чувствительности тканей к инсу-

лину и улучшению контроля глюкозы. Так, в течение 3 месяцев после денервации уровень глюкозы снизился с 6,55 ммоль/л до 5,8 ммоль/л. Уровень С-пептида снизился с 6,1 нг/л до 3,1 нг/л. Уровень инсулина снизился с 20,7 мМЕ/л до 10,5 мМЕ/л [34]. Точные механизмы влияния денервации на углеводный обмен пока неясны, однако этот эффект, безусловно, может расширить показания для применения метода и делает его перспективным не только для лечения резистентной гипертензии.

Таким образом, денервация оказалась эффективна не только в снижении артериального давления, но и в защите органов-мишеней артериальной гипертензии. Многие исследователи считают, что в ближайшее время денервация почечных артерий станет одним из наиболее распространенных эндоваскулярных вмешательств [35].

Заключение

Несмотря на некоторый скепсис, вызванный негативными результатами исследований клинической эффективности стентирования почечных артерий, данное направление эндоваскулярной хирургии продолжает активно развиваться. Надежды на улучшение ближайших и отдаленных результатов процедуры связаны с внедрением более точных методов исследования гемодинамической значимости стенозов почечной артерии и жизнеспособности почечной паренхимы, а также с совершенствованием техники стентирования и методов профилактики развития рестенозов.

Нет сомнений, что и новые методы эндоваскулярных вмешательств на почечных артериях, такие как денервация, получат широкое распространение. ■

Список литературы

1. Wheatley K., Phil D., Ives N. Revascularization versus medical therapy for renal-artery stenosis. *N. Engl. J. Med.* 2009; 36: 1953 – 62.
2. Textor S. Despite results from ASTRAL, jury still out on stenting for atherosclerotic renal artery stenosis. *Nephrology Times.* 2010; 3: 2–7.
3. Kapoor N., Fahsah I., Karim R et al. Physiological assessment of renal artery stenosis: comparisons of resting with hyperemic renal pressure measurements. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010; 76(5): 726-32.
4. Rundback J.H., Sacks D., Kent K.C., et al. Guidelines for the reporting of renal artery revascularization in clinical trials. American Heart Association. *Circulation.* 2002; 106: 1572–1585.
5. Jones N., Bates E., Chetcuti S. Usefulness of translational pressure gradient and pharmacological provocation for the assessment of intermediate renal artery disease. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2006; 68(3): 429–34.
6. Mitchell J., Subramanian R., White C. et al. Predicting blood pressure improvement in hypertensive patients after renal artery stent placement: renal fractional flow reserve. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2007; 69(5):685–9.
7. Kadziela J., Witkowski A., Januszewicz A. Assessment of renal artery stenosis using both resting pressures ratio and fractional flow reserve: relationship to angiography and ultrasonography. *Blood Press.* 2011; 20(4): 211–7.
8. Drieghe B., Madaric J., Sarno G. et al. Assessment of renal artery stenosis: side-by-side comparison of angiography and duplex ultrasound with pressure gradient measurements. *European Heart. Journal.* 2007; 29 (4): 517–24.
9. Subramanian R., White C.J., Rosenfield K. et al. Renal fractional flow reserve: a hemodynamic evaluation of moderate renal artery stenoses. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2005; 64: 480–486.
10. Leeser M., Varma J., Shapira A. Prediction of hypertension improvement after stenting of renal artery stenosis: comparative accuracy of translational pressure gradients, intravascular ultrasound, and angiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2009; 53(25): 2363–71.
11. Radermacher J., Chavan A., Bleck J. et al. Use of Doppler ultrasonography to predict the outcome of therapy for renal-artery stenosis. *N. Engl. J. Med.* 2001; 344: 410–417.
12. Doi Y., Iwashima Y., Yoshihara F. Et al. Renal resis-

- tive index and cardiovascular and renal outcomes in essential hypertension. *Hypertension*. 2012; Jul 23. Epub ahead of print.
13. Zeller T., Ulrich F., Müller C., Bürgelin K., Sinn L. Angioplasty of severe atherosclerotic ostial renal artery stenosis: predictors of improved renal function after percutaneous stent-supported intervention. *Circulation*. 2003; 108: 2244–2249.
 14. Liew Y., Bartholomew J. Atheromatous embolization. *Vasc. Med*. 2005; 10: 309–326.
 15. Holden A. Is there an indication for embolic protection in renal artery intervention? *Tech. Vasc. Interv. Radiol*. 2011; 14(2): 95–100.
 16. Rocha-Singh K., Eisenhauer A., Textor S. Atherosclerotic peripheral vascular disease symposium II: intervention for renal artery disease. *Circulation*. 2008; 118: 2873–2878.
 17. Feldman R., Wargovich T., Bittl J. No-touch technique for reducing aortic wall trauma during renal artery stenting. *Catheter Cardiovasc. Interv*. 1999; 46(2): 245–8.
 18. Kolluri R., Goldstein J., Rocha-Singh K. Percutaneous vascular interventions in renal artery diseases. *Minerva. Cardioangiol*. 2006; 54: 95–107.
 19. Hiramoto J., Hansen K., Pan X. Atheroemboli during renal artery angioplasty: an ex vivo study. *J. Vasc. Surg*. 2005; 41(6): 1026–30.
 20. Holden A., Hill A. Renal angioplasty and stenting with distal protection of the main renal artery in ischemic nephropathy: early experience. *Journal Vascular Surgery*. 2003; 38: 962–968.
 21. Perkovic V., Thomson K., Mitchell P. et al. Treatment of renovascular disease with percutaneous stent insertion: long-term outcomes. *Austral. Radiol*. 2001; 45: 438–43.
 22. Paulsen D., Klow N., Rogstad B. et al. Preservation of renal function by percutaneous transluminal angioplasty in ischaemic renal disease. *Nephrol. Dial. Transplant*. 1999; 14: 1454–61.
 23. Leertouwer T., Gussenhoven E., Bosch J. et al. Stent placement for renal arterial stenosis: where do we stand? A meta-analysis. *Radiology*. 2000; 216: 78–85.
 24. Vignali C., Bargellini I., Lazzereschi M. et al. Predictive factors of in-stent restenosis in renal artery stenting: a retrospective analysis. *Cardiovasc. Intervent. Radiol*. 2005; 28: 296–302.
 25. Corriere M., Edwards M., Pearce J. et al. Restenosis after renal artery angioplasty and stenting: incidence and risk factors. *J. Vasc. Surg*. 2009; 50(4): 813–819.
 26. Leertouwer T., Gussenhoven E., van Overhagen H. et al. Stent placement for treatment of renal artery stenosis guided by intravascular ultrasound. *J. Vasc. Interv. Radiol*. 1998; 9: 945–952.
 27. Zeller T., Rastan A., Rothenpieler U. et al. Restenosis after stenting of atherosclerotic renal artery stenosis: is there a rationale for the use of drug-eluting stents? *Catheter. Cardiovasc. Interv*. 2006; 68(1): 125–30.
 28. Sapoval M., Zähringer M., Pattynama P. et al. Low-profile stent system for treatment of atherosclerotic renal artery stenosis: the GREAT trial. *J. Vasc. Interv. Radiol*. 2005; 16(9): 1195–202.
 29. Wöhrle J., Kochs M., Vollmer C. et al. Re-angioplasty of in-stent restenosis versus balloon restenosis: a matched pair comparison. *Int. J. Cardiol*. 2004; 93: 257–262.
 30. Davies M., Saad W., Bismuth J. et al. Outcomes of endoluminal reintervention for restenosis after percutaneous renal angioplasty and stenting. *J. Vasc Surg*. 2009; 49(4): 946–52.
 31. Munneke G., Engelke C., Morgan R. et al. Cutting balloon angioplasty for resistant renal artery in-stent restenosis. *J. Vasc. Interv. Radiol*. 2002; 13: 327–331.
 32. Esler M., Krum H., Sobotka P. et al. Renal sympathetic denervation in patients with treatment-resistant hypertension (The Symplicity HTN-2 Trial): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2010; 376: 1903–09.
 33. Brandt M., Mahfoud F., Reda S. Renal sympathetic denervation reduces left ventricular hypertrophy and improves cardiac function in patients with resistant hypertension. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2012; 59(10): 901–9.
 34. Mahfoud F., Schlaich M., Kindermann I. et al. Effect of renal sympathetic denervation on glucose metabolism in patients with resistant hypertension: a pilot study. *Circulation*. 2011; 123(18): 1940–6.
 35. Tam G., Yan B., Shetty S. Transcatheter renal artery sympathetic denervation for resistant hypertension: an old paradigm revisited. *Int. J. Cardiol*. 2012 Feb 13. Epub ahead of print.

References

1. Wheatley K., Phil D., Ives N. Revascularization versus medical therapy for renal-artery stenosis. *N. Engl. J. Med.* 2009; 36: 1953 – 62.
2. Textor S. Despite results from ASTRAL, jury still out on stenting for atherosclerotic renal artery stenosis. *Nephrology. Times.* 2010; 3: 2-7.
3. Kapoor N., Fahsah I., Karim R et al. Physiological assessment of renal artery stenosis: comparisons of resting with hyperemic renal pressure measurements. *Catheter. Cardiovasc. Interu.* 2010; 76(5): 726-32.
4. Rundback J.H., Sacks D., Kent K.C., et al. Guidelines for the reporting of renal artery revascularization in clinical trials. American Heart Association. *Circulation.* 2002; 106: 1572–1585.
5. Jones N., Bates E., Chetcuti S. Usefulness of translesional pressure gradient and pharmacological provocation for the assessment of intermediate renal artery disease. *Catheter. Cardiovasc. Interu.* 2006; 68(3): 429–34.
6. Mitchell J., Subramanian R., White C. et al. Predicting blood pressure improvement in hypertensive patients after renal artery stent placement: renal fractional flow reserve. *Catheter. Cardiovasc. Interu.* 2007; 69(5):685–9.
7. Kadziela J., Witkowski A., Januszewicz A. Assessment of renal artery stenosis using both resting pressures ratio and fractional flow reserve: relationship to angiography and ultrasonography. *Blood Press.* 2011; 20(4): 211–7.
8. Drieghe B., Madaric J., Sarno G. et al. Assessment of renal artery stenosis: side-by-side comparison of angiography and duplex ultrasound with pressure gradient measurements. *European. Heart. Journal.* 2007; 29 (4): 517–24.
9. Subramanian R., White C.J., Rosenfield K. et al. Renal fractional flow reserve: a hemodynamic evaluation of moderate renal artery stenoses. *Catheter. Cardiovasc. Interu.* 2005; 64: 480–486.
10. Leesar M., Varma J., Shapira A. Prediction of hypertension improvement after stenting of renal artery stenosis: comparative accuracy of translesional pressure gradients, intravascular ultrasound, and angiography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2009; 53(25): 2363–71.
11. Radermacher J., Chavan A., Bleck J. et al. Use of Doppler ultrasonography to predict the outcome of therapy for renal-artery stenosis. *N. Engl. J. Med.* 2001; 344: 410–417.
12. Doi Y., Iwashima Y., Yoshihara F. Et al. Renal resistive index and cardiovascular and renal outcomes in essential hypertension. *Hypertension.* 2012; Jul 23. Epub ahead of print.
13. Zeller T., Ulrich F., Müller C., Bürgelin K., Sinn L. Angioplasty of severe atherosclerotic ostial renal artery stenosis: predictors of improved renal function after percutaneous stent-supported intervention. *Circulation* 2003; 108: 2244–2249.
14. Liew Y., Bartholomew J. Atheromatous embolization. *Vasc. Med.* 2005; 10: 309–326.
15. Holden A. Is there an indication for embolic protection in renal artery intervention? *Tech. Vasc. Interu. Radiol.* 2011; 14(2): 95–100.
16. Rocha-Singh K., Eisenhauer A., Textor S. Atherosclerotic peripheral vascular disease symposium II: intervention for renal artery disease. *Circulation.* 2008; 118: 2873–2878.
17. Feldman R., Wargovich T., Bittl J. No-touch technique for reducing aortic wall trauma during renal artery stenting. *Catheter. Cardiovasc. Interu.* 1999; 46(2): 245–8.
18. Kolluri R., Goldstein J., Rocha-Singh K. Percutaneous vascular interventions in renal artery diseases. *Minerva. Cardioangiol.* 2006; 54: 95–107.
19. Hiramoto J., Hansen K., Pan X. Atheroemboli during renal artery angioplasty: an ex vivo study. *J. Vasc. Surg.* 2005; 41(6): 1026-30.
20. Holden A., Hill A. Renal angioplasty and stenting with distal protection of the main renal artery in ischemic nephropathy: early experience. *Journal Vascular. Surgery.* 2003; 38: 962–968.
21. Perkovic V., Thomson K., Mitchell P. et al. Treatment of renovascular disease with percutaneous stent insertion: long-term outcomes. *Austral. Radiol.* 2001; 45: 438–43.
22. Paulsen D., Klow N., Rogstad B. et al. Preservation of renal function by percutaneous transluminal angioplasty in ischaemic renal disease. *Nephrol. Dial Transplant.* 1999; 14: 1454–61.
23. Leertouwer T., Gussenhoven E., Bosch J. et al. Stent placement for renal arterial stenosis: where do we stand? A meta-analysis. *Radiology.* 2000; 216: 78–85.
24. Vignali C., Bargellini I., Lazzereschi M. et al. Predictive factors of in-stent restenosis in renal artery stenting: a retrospective analysis. *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* 2005; 28: 296–302.
25. Corriere M., Edwards M., Pearce J. et al. Restenosis after renal artery angioplasty and stenting: incidence and risk factors. *J. Vasc. Surg.* 2009; 50(4): 813–819.
26. Leertouwer T., Gussenhoven E., van Overhagen H. et al. Stent placement for treatment of renal artery stenosis guided by intravascular ultrasound. *J. Vasc. Interu. Radiol.* 1998; 9: 945–952.
27. Zeller T., Rastan A., Rothenpieler U. et al. Restenosis after stenting of atherosclerotic renal artery ste-

- nosis: is there a rationale for the use of drug-eluting stents? *Catheter. Cardiovasc. Interv.* 2006; 68(1): 125–30.
28. Sapoval M., Zähringer M., Pattynama P. et al. Low-profile stent system for treatment of atherosclerotic renal artery stenosis: the GREAT trial. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2005; 16(9): 1195–202.
 29. Wöhrle J., Kochs M., Vollmer C. et al. Re-angioplasty of in-stent restenosis versus balloon restenosis: a matched pair comparison. *Int. J. Cardiol.* 2004; 93: 257–262.
 30. Davies M., Saad W., Bismuth J. et al. Outcomes of endoluminal reintervention for restenosis after percutaneous renal angioplasty and stenting. *J. Vasc. Surg.* 2009; 49(4): 946–52.
 31. Munneke G., Engelke C., Morgan R. et al. Cutting balloon angioplasty for resistant renal artery in-stent restenosis. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2002; 13: 327–331.
 32. Esler M., Krum H., Sobotka P. et al. Renal sympathetic denervation in patients with treatment-resistant hypertension (The Symplicity HTN-2 Trial): a randomised controlled trial. *Lancet.* 2010; 376: 1903–09.
 33. Brandt M., Mahfoud F., Reda S. Renal sympathetic denervation reduces left ventricular hypertrophy and improves cardiac function in patients with resistant hypertension. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012; 59(10): 901–9.
 34. Mahfoud F., Schlaich M., Kindermann I. et al. Effect of renal sympathetic denervation on glucose metabolism in patients with resistant hypertension: a pilot study. *Circulation.* 2011; 123(18): 1940–6.
 35. Tam G., Yan B., Shetty S. Transcatheter renal artery sympathetic denervation for resistant hypertension: an old paradigm revisited. *Int. J. Cardiol.* 2012 Feb 13. Epub ahead of print.

**Адрес для корреспонденции
(Correspondence to):**

Зятенков Алексей Владимирович
(Zyatenkov A.)
E-mail: azyatenkov@gmail.ru