

<https://doi.org/10.24060/2076-3093-2021-11-3-235-243>



Стеноз почечных артерий. Диагностика и тактика лечения пациентов (обзор литературы)

И.А. Идрисов^{1,*}, Т.Н. Хафизов¹, Р.Р. Хафизов¹, И.Х. Шаймуратов¹, Е.Е. Абхаликова¹, Л.Р. Идрисова²

¹ Республиканский кардиологический центр, Россия, Республика Башкортостан, Уфа

² Городская клиническая больница № 21, Россия, Республика Башкортостан, Уфа

* Контакты: Идрисов Ильяс Альбертович, e-mail: idrisov-i-a@yandex.ru

Аннотация

Атеросклероз периферических артерий и, в частности, почечных — довольно широко распространенная патология. Этиология, патогенез не вызывают затруднений и давно уже выяснены. Тем не менее до сих пор нет единого систематизированного подхода в тактике ведения данных пациентов. Проведен обзор и анализ классической академической литературы, а также баз научных статей (Cohrane, PubMed, Google Academy) по данной проблематике. Авторами статьи использовался собственный практический опыт наблюдения и лечения пациентов со стенотическими поражениями периферических артерий. На сегодня наиболее доступным и экономически оправданным скрининговым методом является ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) почечных артерий. В числе неинвазивных методов в арсенале врача имеются также магнитно-резонансная (МРТ) и спиральная компьютерная томографии (МСКТ) с контрастированием. «Золотым стандартом» определения показаний для оперативного лечения остается субтракционная ангиография. Возможности внутрисосудистых способов диагностики также растут. В арсенале интервенционного специалиста есть определение фракционного резерва кровотока (ФРК), внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ), оптическая когерентная томография (ОКТ).

Проблема ведения пациентов с сужением просвета почечных артерий остается по-прежнему актуальной и требует дальнейшего изучения. Необходимо продолжать накапливать, систематизировать опыт диагностики и лечения больных со стенозами периферических артерий.

В современной практике прослеживается зависимость от высокотехнологичных методов выявления и лечения сужений периферических артерий. Качество ведения больных напрямую связано с техническим оснащением, финансовыми возможностями клиники, компетенцией специалистов и владением актуальными методиками.

Ключевые слова: стеноз почечной артерии, атеросклероз периферических артерий, вазоренальная гипертензия, фибромускулярная дисплазия, ишемическая болезнь почек, ангиография, внутрисосудистая ультрасонография, оптическая когерентная томография

Для цитирования: Идрисов И.А., Хафизов Т.Н., Хафизов Р.Р., Шаймуратов И.Х., Абхаликова Е.Е., Идрисова Л.Р. Стеноз почечных артерий. Диагностика и тактика лечения пациентов (обзор литературы). Креативная хирургия и онкология. 2021;11(3):235–243. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2021-11-3-235-243>

Идрисов Ильяс Альбертович —
отделение рентген-
хирургических методов
диагностики и лечения № 2,
orcid.org/0000-0003-4787-3581

Хафизов Тимур Назирович —
к.м.н., отделение рентген-
хирургических методов
диагностики и лечения № 2,
orcid.org/0000-0002-3293-4452

Хафизов Радик Рашитович —
отделение рентген-
хирургических методов
диагностики и лечения № 2,
orcid.org/0000-0003-4345-1234

Шаймуратов Ильяс Хасаньянович —
отделение рентген-
хирургических методов
диагностики и лечения № 2

Абхаликова Елена Евгеньевна —
отделение рентген-
хирургических методов
диагностики и лечения № 2,
orcid.org/0000-0003-2163-6326

Идрисова Лилия Руслановна —
поликлиническое отделение,
orcid.org/0000-0002-2763-0446

Renal Artery Stenosis, Diagnosis and Management: a Literature Review

Ilyas A. Idrisov —
Interventional Radiology Unit
No. 2,
orcid.org/0000-0003-4787-3581

Timur N. Khafizov —
Cand. Sci. (Med.), Interventional
Radiology Unit No. 2,
orcid.org/0000-0002-3293-4452

Radik R. Khafizov —
Interventional Radiology Unit
No. 2,
orcid.org/0000-0003-4345-1234

Ilshat Kh. Shaymurov —
Interventional Radiology Unit
No. 2

Elena E. Abhalikova —
Interventional Radiology Unit
No. 2,
orcid.org/0000-0003-2163-6326

Liliya R. Idrisova —
Outpatient Unit,
orcid.org/0000-0002-2763-0446

Ilyas A. Idrisov^{1,}, Timur N. Khafizov¹, Radik R. Khafizov¹, Ilshat Kh. Shaymurov¹, Elena E. Abhalikova¹, Liliya R. Idrisova²*

¹ Republican Cardiology Centre, Ufa, Russian Federation

² City Clinical Hospital No. 21, Ufa, Russian Federation

*Correspondence to: Ilyas A. Idrisov, e-mail: idrsov-i-a@yandex.ru

Abstract

Peripheral arterial atherosclerosis, i.e., in renal arteries, is quite a regular pathology. Despite long clear aetiology and pathogenesis, a unified systemic management approach in such patients is still lacking. We have reviewed and analysed classical academic resources and scientific record databases (Cochrane Library, PubMed and Google Scholar) in the topic and engaged self-experience on the observation and treatment of patients with stenotic peripheral arteries. Ultrasonic duplex scanning (USDS) of renal arteries is the most accessible and cost-effective screening method to date. Among non-invasive techniques are magnetic resonance imaging (MRI) and contrast-enhanced multislice computed tomography (MSCT). Subtraction angiography remains the gold standard for deciding a surgical treatment, and intravascular diagnostic capacities grow as well. Today's interventional radiology is powered by fractional flow reserve (FFR) measurement, intravascular ultrasound (IVUS) and optical coherence tomography (OCT).

The management of patients with narrowed renal arteries remains relevant and requires further insight. A continuing accumulation and synthesis of experience in diagnosis and treatment of peripheral arterial stenosis is imperative. Current medicine relies on high technologies in the discovery and treatment of peripheral arterial stenosis. The quality of patient management directly relates to the hospital technical and financial level, the personnel competence and mastery of current state-of-the-art.

Keywords: renal artery stenosis, peripheral arterial atherosclerosis, renovascular hypertension, fibromuscular dysplasia, coronary artery disease, angiography, intravascular ultrasonography, optical coherence tomography

For citation: Idrisov I.A., Khafizov T.N., Khafizov R.R., Shaymurov I.Kh., Abhalikova E.E., Idrisova L.R. Renal Artery Stenosis, Diagnosis and Management: a Literature Review. *Creative Surgery and Oncology*. 2021;11(3):235–243. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2021-11-3-235-243>

Введение

Атеросклероз периферических артерий и, в частности, почечных — довольно широко распространенная патология. Этиология, патогенез не вызывают затруднений и давно уже выяснены. Известны риски, предрасполагающие факторы для развития атеросклероза в сосудах почек [1–3]. Тем не менее до сих пор нет единого систематизированного подхода в тактике ведения данных пациентов. Имеющиеся рекомендации дискуссионны и не удовлетворяют запросам всех практикующих специалистов, непосредственно занимающихся данными проблемами, а также специалистов смежных областей. Существующие на сегодня исследования и опубликованные метаанализы включают небольшое количество пациентов, что отражается на качестве результатов и рекомендаций [4, 5].

Цель обзора: изучить и систематизировать современные методы ведения пациентов с вазоренальной гипертензией, а также пациентов, страдающих снижением почечной функции; широко осветить вопрос диагностики и лечения при стенотических поражениях почечных артерий; выработать и предложить тактику наблюдения данной обширной группы больных; внедрить на основе анализа актуальные способы коррекции этих состояний в повседневную практическую деятельность.

Проведен обзор и анализ классической академической литературы, а также баз научных статей (Cohrane, PubMed, Google Academy) по данной проблематике. Помимо этого, использовался собственный практический опыт наблюдения и лечения пациентов со стенотическими поражениями периферических артерий, который здесь частично изложен. Полученные данные резюмированы в настоящей статье. Также предложен краткий экскурс в историю изучения затронутых вопросов.

Основными причинами сужения просвета сосудов почек являются атеросклеротическое поражение (90 %) и фибромускулярная дисплазия почечных артерий (10 %). Реже просвет сосудов может быть скомпрометирован артериитом, нейрофиброматозом, вследствие лучевой болезни, экстравазальной компрессией (при опухолях, медиальной ножкой диафрагмы), при врожденных патологиях. В основе патогенеза при всех этих патологиях так или иначе лежит нарушение (ограничение) почечного кровотока. Развивается ишемическая болезнь почек (ИБП). Типичным проявлением ИБП является самостоятельная нозологическая единица — вазоренальная гипертензия (ВРГ) [6, 7]. Помимо ВРГ, нарушение почечного кровотока приводит к такому грозному осложнению, как почечная недостаточность [8]. Через активацию ренин-ангиотензин-альдостероновой системы стеноз почечных артерий может стать причиной нестабильной стенокардии и привести к усугублению сердечной недостаточности вплоть до остро-го отека легких [9, 10].

Помимо стенотических поражений, ВРГ наблюдается при травматических повреждениях, диссекции, аневризмах почечных артерий вследствие эмболии или окклюзии. Также существуют данные о ВРГ при коаркта-

ции аорты, гипоплазии аорты и почечных артерий, мальформациях почечной паренхимы [11, 12].

Впервые неизвестную до сих пор болезнь — водянку с белковой мочой и диффузным поражением почек (нефритом) открыл в 1827 году английский врач, основоположник нефрологии Ричард Брайт. Свои наблюдения он основывал на клиническом (24 больных) и патолого-анатомическом опыте. Длительное время патология называлась именем исследователя — Брайтова болезнь. В 1836 году он описал взаимосвязь отеков, наличия белка в моче, нефросклероза и артериальной гипертензии (АГ). В России о связи ограничения кровотока в почечных артериях с развитием АГ сообщил в 1884 году С.В. Левашов.

В 1934 году Гарри Гольдблатт и соавт. экспериментально показали роль ишемии почечной паренхимы в формировании АГ и ухудшении почечной функции. В 1938 году Ледбиттер и Биркланд сообщили об успешном оперативном лечении ВРГ у ребенка 5 лет, проведя нефрэктомия. Смитвик в 1951 году сформировал спленоренальный анастомоз, таким образом, он стал пионером реваскуляризации почек. В Советском Союзе первую операцию пациенту с ВРГ провели А.Я. Пытель и соавт. в 1961 году.

Что касается эндоваскулярной коррекции стенозов почечных артерий, то ее родоначальником можно считать Эберхарда Цейтлера, который в 1971 году сообщил о применении катетерного метода, больше похожего на бужирование сосуда. Данный подход был несовершенен и имел значительные ограничения в применении. Вся конструкция, предложенная для расширения, не обладала должным уровнем эластичности и доставляемости.

Классическую ангиопластику как альтернативу открытой хирургии предложил в 1978 году немецкий кардиолог исследователь Андреас Грюнциг. При этом он использовал изобретенный им революционный баллонный катетер. Принципиально не отличаясь, данная методика и конструктивные разработки активно применяются и в наши дни. Различие заключается в более совершенном качестве устройств и применяемых материалов.

Атеросклероз почечных артерий

Атеросклероз — это процесс сложного патологического взаимодействия сосудистой стенки, форменных элементов крови, биологически активных веществ, с локальным нарушением кровотока согласно триаде Вирхова. В патогенезе атеросклероза наблюдаются такие динамические процессы, как дисфункция эндотелия, нарушения микроциркуляции, воспалительные процессы и др. [13]. Сейчас существуют две дополняющие друг друга теории развития атеросклероза: липидно-инфильтрационная гипотеза, предложенная еще в 1913 году Н.Н. Аничковым, и гипотеза «ответ на повреждение», сформулированная в 1976 году американскими учеными Р. Россом и Дж. Гломсетом.

Для атеросклероза почечных артерий (ПА) характерна локализация в проксимальных и устьевых отделах почечных артерий [14]. Зачастую атеросклеротическая

бляшка (АБ) устья ПА является продолжением выраженного атеросклероза стенки брюшной аорты. Но могут встречаться и изолированные сегментарные и диффузные интраваскулярные поражения. Стеноз ПА закономерно чаще выявляется у представителей пожилой возрастной группы, у пациентов 50–60 лет. С увеличением возраста заболеваемость растет. У 70 % больных выявляется сочетанное поражение в других бассейнах: коронарных, сонных артерий, артерий нижних конечностей и др. Известно, что атеросклеротическое поражение ПА наблюдается у 30 % пациентов, подвергнутых коронарной катетеризации. По данным различных исследований, в доле всех артериальных гипертензий атеросклеротическое сужение почечных артерий как причина занимает от 1 до 6 % [15, 16].

Фибромускулярная дисплазия почечных артерий

Второй по частоте причиной ограничения почечного кровотока является фибромускулярная дисплазия (ФМД). Распространенность данной патологии в общей популяции составляет около 0,4 %. В одном из исследований ФМД выявлена у 2,6 % потенциальных доноров почек. Среди пациентов с реноваскулярной гипертензией распространенность около 10 % [17, 18].

ФМД — это невоспалительное неатеросклеротическое поражение в основном почечных сосудов. Реже дисплазия выявляется в каротидных и вертебральных артериях. ФМД впервые описан в 1938 г. Ледбиттером и Биркландом. Этиология и механизм развития до сих пор до конца не выяснены. Возможно, одним из пусковых механизмов является ишемия сосудистой стенки. В. Соттурай и соавт. в эксперименте удалось спровоцировать дисплазию артериальной стенки при окклюзии *vasa vasorum*. Немаловажную роль играет гормональный дисбаланс. В пользу этой теории говорят такие факты, как проявление ФМД после беременности, на фоне гормональной стимуляции или использования контрацепции. Согласно данным американского регистра, страдают в основном молодые женщины 30–40 лет. Также известно, что мужчины, страдающие ФМД, часто имеют гинекомастию. Свой вклад вносит и курение. 37 % женщин из US Registry FMD страдали зависимостью от курения против 18 % курящих женщин в общей популяции США. С. Савард и соавт. также отмечает большую приверженность к курению среди лиц, страдающих ФМД (30 %), чем в контрольной группе (18 %). В литературе встречаются публикации о роли генетической предрасположенности к данному заболеванию. Косвенно об этом говорит различная распространенность дисплазии среди расовых групп. В латиноамериканских и азиатских популяциях ФМД встречается реже, чем в «белой». В US FMD Registry из 447 пациентов 95 % были «белые», 2 % — афроамериканцы, 1 % — латиноамериканцы и азиаты.

При ФМД поражаются средние и дистальные отделы почечных артерий (второй и третий сегменты). Чаще всего (80–90 %), процесс локализуется в медиальном слое почечной артерии. Характерная ангиографическая

картина для данной дисплазии получила красивое название “string of beads” — бусы. В 25–65 % случаев поражение двустороннее. Когда поражение одностороннее, правая почечная артерия страдает в 3 раза чаще, чем левая. Также выделяют интимальную форму ФМД (10 %) и адвентициальную (<5 %). Их особенностью является унифокальное поражение.

В отличие от атеросклероза, ФМД практически никогда не приводит к окклюзии.

В 40 % случаев ФМД прогрессирует. ФМД может значительно снижать перфузию почек и приводить к ВРГ.

Диагностика

Так как атеросклероз — заболевание системное, диагностический поиск ВРГ необходимо проводить среди пациентов, уже имеющих поражения в других бассейнах — коронарных, сонных артериях, аорте и др., особенно у пациентов, приверженных к курению [19]. Необходимо обратить внимание на характер АГ. Для ВРГ характерно внезапное появление АГ в возрасте после 50 лет, стремительное развитие гипертонии, устойчивость к гипотензивной терапии [20]. Характерно злокачественное, осложненное течение гипертонии с повреждением органов-мишеней — выраженной гипертрофией миокарда, застойной сердечной недостаточностью, нарушением зрения (ретинопатией), неврологической симптоматикой. Насторожить диагноста должно наличие в анамнезе приступа внезапного, необъяснимого отека легких [21]. Возможно развитие нестабильной стенокардии на фоне ВРГ. К группе потенциальных больных ВРГ относятся пациенты с неустановленной причиной почечной недостаточности, с наличием белка в суточной моче менее 1 г при референтных значениях остальных показателей. А также больные с острой почечной недостаточностью на фоне гипотензивной терапии, особенно ингибиторами ангиотензинпревращающего фермента (АПФ) и блокаторами рецепторов ангиотензина II (БРА) [22]. Уменьшение относительного размера одной из почек у лиц, страдающих АГ, может свидетельствовать об ишемических процессах в почечной паренхиме и процессе прогрессирующего сморщивания. Одним из специфических признаков высокой вероятности реноваскулярного поражения является значительное повышение диастолического давления, выше 105 мм рт. ст. Диагностика ВРГ требует мультидисциплинарного подхода, участия специалистов смежных специальностей: нефрологов, кардиологов, врачей общей практики [23].

Клиническая настороженность является краеугольным камнем в диагностике ВРГ. Однако тщательный сбор анамнеза и физикальные исследования недостаточны для постановки диагноза и исключения других причин хирургически корригируемых гипертензий [24, 25]. Дифференциальную диагностику необходимо проводить с феохромоцитомой, болезнью Кушинга, гиперпаратиреозом, синдромом Конна. Как правило, для этого достаточно правильно интерпретировать клинические данные и лабораторные анализы (уровень натрия, калия, кальция в плазме; содержание катехоламинов

и кортизола в моче). Но для корректного подтверждения ВРГ и выставления показаний к оперативному лечению этого может быть недостаточно. Необходимо проведение дополнительных инструментальных методов диагностики [26].

Инструментальные методы диагностики

На сегодня наиболее доступным и экономически оправданным скрининговым методом является ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) почечных артерий. Основными преимуществами исследования являются неинвазивность, безболезненность [27].

УЗДС может использоваться как для выявления патологии, так и для наблюдения динамики изменений сосуда, контроля качества хирургической коррекции поражений. Во время процедуры проводится качественная оценка: непосредственная визуализация атеросклеротической бляшки (АБ) в просвете почечной артерии, ее структура, плотность. Также анализируются количественные характеристики, позволяющие оценить степень нарушения кровотока в почечной артерии. Существуют достаточно информативные показатели гемодинамики, такие как пиковая (систолическая) скорость кровотока (ПСК) и индекс почечной резистентности (ренально-аортальное отношение). Известно, что в случаях превышения ПСК более 200 м/с, а также значенных ренально-аортального отношения более 3,5 прослеживается достоверная корреляция с ангиографической картиной стенозирования просвета артерии, составляющая 50–60 %. Подобные критерии доводят специфичность исследования до 92 %, а чувствительность метода до 85 %, что, по данным некоторых авторов, превышает диагностические возможности ангиографии. Существуют ограничения применения УЗДС. Достаточно сложно корректно провести исследование у пациентов с избыточной массой тела, анатомическими особенностями, при наличии метеоризма. Требуется подготовленный, с наличием определенного опыта, персонал. Ввиду глубокого, забрюшинного расположения почек, необходима аппаратура экспертного класса с высокой разрешающей способностью [28–30].

В числе неинвазивных методов в арсенале врача имеются также магниторезонансная (МРТ) и спиральная компьютерная томографии (МСКТ) с контрастированием. МРТ успешно применяется в качестве скринингового обследования при подозрении на наличие нарушения кровотока в ПА. Для больного данный вид обследования не несет высоких рисков, пациент не подвергается облучению. Некоторый вред может нести использование гадолиния в качестве контраста. Однако применение контраста позволяет расширить возможности визуализации, более детально верифицировать стеноз в просвете артерии. Чувствительность и специфичность МРТ достигают 94–97 и 85–93 % соответственно. Качество обследования может снижаться в связи с возможным появлением артефактов, особенно в случаях устьевой локализации АБ, в участках с турбулентным кровотоком. При сравнении с ангиографией выявлено свойство МРТ переоценивать степень стеноза. Это

является ограничивающим фактором в спорных случаях, когда необходимо выяснить гемодинамическую значимость сужения. Возможны затруднения проведения томографии у лиц с клаустрофобией [31, 32].

Если в силу различных причин УЗДС или МРТ не удовлетворяют потребности диагностического поиска либо их проведение недоступно, в качестве скрининга возможно проведение МСКТ с контрастированием. Отрицательной стороной метода, ограничивающей его широкое применение, является используемый йодсодержащий препарат, который обладает потенциальной опасностью для паренхимы почек. Чувствительность томографии в разных центрах колеблется в пределах 64–100 %, специфичность от 92 до 98 %. Еще один из недостатков метода — это невозможность оценки остаточного просвета артерии при выраженном кальцировании стенок сосуда. Наложения кальция способны экранировать просвет ПА, затрудняя анализ [33, 34].

На сегодня признаны утратившими свою диагностическую ценность такие методы диагностики ВРГ, как определение концентрации ренина в плазме, определение уровня ренина в почечных венах, сцинтиграфия почек с каптоприлом.

Определение уровня ренина в плазме крови само по себе неинформативно. У больных ВРГ наблюдается повышение ренина после приема ингибиторов АПФ. Методология подразумевает измерение концентрации за 1 час до и через 1 час после приема каптоприла. На основе накопленного опыта была отмечена недостоверность результатов при исследовании пациентов с явлениями почечной недостаточности, принимающих диуретические препараты и аденоблокаторы.

Ранее широко применялось селективное измерение концентрации ренина в почечных венах и их сравнение между собой, а также с уровнем ренина в полой вене. С течением времени была отмечена значительная разница значений между различными лабораториями. Значительно дискредитировать результаты могут применяемые гипотензивные препараты. Помимо этого, само проведение исследования таит в себе риски осложнений, связанных с возможным кровотечением, повреждением вен, тромбозами.

Постепенно выходит из рутинного применения радионуклидная ренография. Суть обследования состоит в проведении основной сцинтиграфии и после перорального приема каптоприла. На фоне ингибиторов АПФ у больных с ВРГ происходит снижение вазоконстрикции эфферентных артериол и снижается клубочковая фильтрация. Это свойство лежит в основе развития почечной недостаточности на фоне стеноза ПА. На сцинтиграфии фиксируется снижение клубочковой фильтрации. В литературе указывается разность в точности результатов различных лабораторий, методика сопровождается высоким уровнем ложноположительных результатов [35].

Инвазивные методы диагностики

Аппаратные неинвазивные методы диагностики постоянно совершенствуются, разрешающая способность

увеличивается. МРТ и МСКТ, обладая должным уровнем безопасности для пациентов, из года в год расширяют возможности дифференциальной диагностики большого спектра заболеваний. Несмотря на это, «золотым стандартом» для определения показаний для оперативного лечения остается субтракционная ангиография [36].

Возможности внутрисосудистых способов диагностики также растут. В арсенале интервенционного специалиста есть определение фракционного резерва кровотока (ФРК), внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ), оптическая когерентная томография (ОКТ).

Ангиография

Имея на вооружении целый комплекс клинических и инструментальных видов обследования, в современных реалиях врач должен рассматривать ангиографию (вместе с внутрисосудистыми методами визуализации (ВМВ)) в качестве окончательного способа определения значимости поражения и выставления показаний для оперативного лечения [37, 38]. Успех эндоваскулярного вмешательства зависит от тщательности предоперационной подготовки. Полезно иметь представление об анатомии подвздошных и бедренных артерий при планировании доступа через поверхностную бедренную артерию. Для этого полезно изучение проведенных ранее МСКТ и МРТ [39]. Возможно проведение ангиографии и стентирования ПА через левую плечевую и даже лучевую артерии, если в наличии есть устройства с удлинённой системой доставки либо если пациент невысокого роста. Правая плечевая артерия менее удобна для интервенции, так как необходимо проведение катетера через дугу аорты, что, в свою очередь, снижает управляемость. Предварительные МСКТ и МРТ помогают ориентироваться в особенностях отхождения ПА [40]. Когда между аортой и устьем ПА формируется острый угол, целесообразнее выбрать «верхний» доступ (плечевая или лучевая артерии).

Для снижения риска токсического действия контраста рекомендуется проводить гидратацию больного инфузией физиологического раствора [41].

Проводится контрастирование ПА и оценка степени стенозирования. В случае пограничного значения стеноза визуальная оценка ненадежна и применяют ВМВ. Для проведения ВМВ потребуется использование проводникового катетера, поэтому целесообразно сразу отказаться от выбора диагностического типа зонда. В дистальные отделы ПА проводят проводник 0,014 inch с мягким концом для снижения риска перфорации паренхимы почек. Не рекомендуется использование гладких гидрофильных проводников, так как они лучше проникают в паренхиму. Можно применить специальный проводник с датчиком давления.

Внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ)

ВСУЗИ осуществляют с помощью ультразвукового прибора, включающего в себя специальный катетер

с смонтированным в дистальный конец ультразвуковым датчиком. Используют датчики частотой 30–40 МГц и диаметром 2,9–3,5 Fr (0,9–1,2 мм). Разрешающая способность датчиков составляет до 150 мкм. По стандартам необходимо проводить осмотр и подготовку датчика. Для удаления пузырьков воздуха вокруг пьезоэлемента с помощью специальной насадки заполняют катетер физиологическим раствором с гепарином и проверяют функциональную способность ультразвукового датчика. Затем соединяют его с ультразвуковой консолью и тестируют. Датчик устанавливают в коронарной артерии по проводнику монорельсовым методом равномерно, без остановок, резких движений и оттягивания назад, под контролем рентгенотелевизионного просвечивания. При этом не допускается продвижение ультразвукового датчика дистальнее конца проводника. Вручную либо автоматическим способом производят его непрерывную обратную тракцию со скоростью не более 0,5–1,0 мм/с. Производят структурный и количественный анализ изучаемого сегмента артерии. При оценке чаще определяют площадь просвета, процент стеноза по площади, максимальный и минимальный диаметры просвета и др. Площадь просвета определяют путем очерчивания курсором внутренней поверхности эхопозитивной интимы по окружности (граница крови/интимы). Необходимо отметить, что диаметр датчика ВСУЗИ не всегда позволяет провести его дистальнее стеноза. Недостатками ВСУЗИ также являются техническая сложность проведения измерений, продолжительность процедуры, высокая стоимость расходных материалов, необходимость дополнительной подготовленности персонала.

Оптическая когерентная томография (ОКТ)

ОКТ способна показывать сосудистую анатомию с разрешающей способностью, в 10 раз превышающей разрешающую способность ВСУЗИ за счет более короткой длины волны, с помощью которой формируется изображение. Изображения при ОКТ получают через 0,019-дюймовый кабель, состоящий из оптических волокон, с максимальной длиной волны 1280–1350 нм и разрешающей способностью 10–15 мк. Кабель заводится в просвет сосуда по проводнику 0,014 inch. Внутрисосудистая ОКТ позволяет с высокой разрешающей способностью определить неизмененную стенку артерии и компоненты атеросклеротической бляшки: фиброзную капсулу, фиброз, липидный пул и кальциноз. Данный метод позволяет также дифференцировать неоинтиму после выполнения стентирования. Применение оптической когерентной томографии подразумевает полное локальное замещение крови оптически прозрачной средой. Сканирование выполняют во время инфузии йодсодержащего контрастного вещества через проводниковый катетер со скоростью 1 и 3 мл/с. Рекомендуется использовать для этой цели контраст высокой вязкости, сводящей к минимуму артефакты, связанные с его смешиванием с кровью. Естественно, что селективное введение в ПА неразведенного контраста большого объема сведет

на нет возможную пользу от стентирования. Кроме того, ограничивают его применение высокая стоимость и необходимость в обученных специалистах.

В современных рекомендациях ВСУЗИ и ОКТ не предлагается для рутинного использования. Для многих катетеризационных лабораторий подобные опции могут быть недоступны.

Фракционный резерв кровотока (ФРК)

Консоль ФРК более доступна и даже необходима для работы в современных рентген-операционных. Измерения осуществляются следующим образом: катетеризируют устье целевой почечной артерии ангиографическим катетером, специальным проводником 0,014 inch для измерения давления позиционируют дистальнее стеноза. Для достоверности необходимо спровоцировать гиперемию введением папаверина, допамина или ацетилхолина. Производят измерения, на дисплее консоли визуализируются значения давления крови в месте дистальнее стеноза почечной артерии (Pd) и в сегменте почечной артерии до стеноза (Pa), где отсутствует поражение. Также на дисплее показывается значение ФРК. ФРК представляет собой отношение кровотоков (Q): максимальный кровоток в области стеноза (QSm_{ax}), поделенный на максимальный кровоток в той же области при отсутствии стеноза (QN_{max}). Отношение двух кровотоков выражается в виде отношения двух давлений: $ФРК = QSm_{ax} / QN_{max} = Pd / Pa$. При отсутствии стеноза ведущее давление (Pa) обеспечивает нормальный (100 %) максимальный кровоток к паренхиме почек. В случае стенотического поражения почечной артерии возникает градиент давления, рабочее давление снизится. Так как отношение между рабочим давлением и кровотоком к паренхиме почек при максимальной гиперемии носит линейный характер, почечный кровоток достигнет лишь определенной доли от нормальной величины. Это показывает, что отношение давлений (Pd/Pa) соответствует отношению кровотоков (QSm_{ax}/QN_{max}). ФРК имеет достоверно установленные границы нормы 0,80. Пороговая величина разделяет ишемическое и неишемическое значение ФРК для данного измерения. При значении ФРК меньше 0,80 стеноз, как правило, способен провоцировать ишемию паренхимы почек. Методика обладает дополнительным преимуществом: проводник для измерения можно использовать и для доставки в зону стеноза баллонного катетера или стента. Учитывая возможные риски диссекции артерии, фрагментации АВ и эмболии дистального русла, все же стоит применять ФРК в тех случаях, когда визуальная оценка ангиографической картины не отвечает в полной мере на вопрос гемодинамической значимости поражения.

Лечение

Целесообразность вмешательств в почечных артериях достаточно дискуссионна. Однако известно, что в пяти исследованиях по данным ангиографии стеноз прогрессировал у 49 % пациентов в течение 6–18 мес. У пациентов с реноваскулярной гипертензией и стенозом

60 % и более атеросклеротический стеноз приводит к почечной атрофии в 21 % случаев. В современных реалиях наблюдается тенденция отхода от активной хирургической тактики и склонение к оптимальной медикаментозной терапии (ОМТ) [46]. Регулярный прием гипотензивных препаратов групп ингибиторов АПФ, блокаторов рецепторов ангиотензина (БРА), блокаторов Са-каналов, β-блокаторов, диуретических может эффективно контролировать артериальное давление, а также замедлять прогрессирование заболевания почек. Множество крупных рандомизированных исследований показали хорошую переносимость ингибиторов АПФ и БРА. Более того, регулярный прием способствует снижению смертности и осложнений в группе пациентов со стенозом почечных артерий. Однако при использовании ингибиторов АПФ и БРА у пациентов с двусторонним атеросклеротическим поражением почечных артерий и при стенозе артерии единственной почки требуется осторожность, тщательный контроль почечной функции [42, 43]. Существует риск снижения клубочковой фильтрации и повышения уровня креатинина. Необходимо мониторировать функциональную способность почек (альбумин в моче, клиренс креатинина) [44, 45].

Дискутируется вопрос поддержания уровня артериального давления. Высказывается мнение о необходимости поддержания гипертензии для преодоления гемодинамических препятствий в почечных артериях и сохранения функции почек. Но достоверных данных, подтверждающих целесообразность такой стратегии, нет.

Как и при атеросклеротических поражениях других бассейнов, ОМТ включает постоянный прием статинов и антиагрегантов. Доказано их влияние на снижение рестенотических процессов после стентирования. Данные препараты увеличивают продолжительность жизни и снижают риски осложнений [46].

Инвазивное лечение

Наиболее крупными мультицентровыми исследованиями STAR 2003, ASTRAL 2009 и CORAL 2014 не были продемонстрированы преимущества хирургической тактики над ОМТ [47, 48]. В частности, в проспективном исследовании CORAL, которое было профинансировано Национальным институтом сердца, легких и крови (National Heart, Lung and Blood Institute, Bethesda, MD (D.M.R.)), было рандомизировано 947 больных с атеросклеротическим стенозом почечных артерий на две группы. В одной группе пациентам было предложено стентирование и ОМТ, во второй группе проводилась только ОМТ. Выводы показали, что разницы по частоте сердечно-сосудистых событий в двух группах нет. В 2016 году той же группой авторов проведен субанализ научной работы. Выявлены некоторые погрешности. А именно — сомнительные критерии включения, не рассмотрена взаимосвязь альбуминурии и атеросклеротического стеноза ПА при обработке результатов.

В CORAL у 239 исследуемых после переоценки степень стеноза понизилась в среднем с 73 до 66 %, сужений свыше 80 % было меньше 20 % от общего числа пациентов.

Также было замечено, что при значении в общем анализе мочи (ОАМ) соотношения альбумин/креатинин менее или равном медиане (22,5 мг/г) стентирование было связано со значительно лучшей 5-летней выживаемостью (73 % против 59 %). В комбинированной конечной точке учитывалась смерть от сердечно-сосудистых заболеваний (93 % против 85 %) и в результате прогрессирующей почечной недостаточности (91 % против 77 %). Декларирована более высокая общая выживаемость (89 % против 76 %). Эти данные свидетельствуют о том, что невысокая альбуминурия может указывать на потенциальную пользу стентирования в союзе с ОМТ по сравнению с только ОМТ. В то же время при далеко зашедших изменениях, при сморщивании почки стентирование не будет эффективным [49].

На основе этих и других исследований периодически обновляются рекомендации Европейских и Американских обществ кардиологов, эндоваскулярных и сосудистых хирургов. Эндоваскулярные и хирургические методы лечения поражений почечных артерий по-прежнему не теряют своей актуальности. Доказана эффективность оперативного лечения у определенной группы больных. Акцент делается на необходимости тщательного предоперационного скрининга [50]. Ориентируясь на данные руководства, показания для инвазивной терапии выставляются для пациентов со следующими клиническими данными:

- рецидивирующая застойная сердечная недостаточность или внезапный необъяснимый отек легких;
- нестабильная стенокардия;
- быстро прогрессирующая, устойчивая или злокачественная гипертензия с необъяснимым снижением размера одной из почек;
- гипертензия, которая не контролируется тремя или более препаратами в максимально переносимых дозах;
- непереносимость гипотензивных лекарственных средств;
- двусторонний гемодинамически значимый стеноз почечных артерий или стеноз артерии единственной функционирующей почки;
- у пациентов с прогрессирующей хронической болезнью почек (ХБП) с двусторонним стенозом почечных артерий или стенозом почечной артерии одной функционирующей почки;
- у пациентов с ФМД баллонная ангиопластика. При осложнении баллонной ангиопластики (диссекция, тромбоз) рекомендовано стентирование [51, 52].

Заключение

Проблема ведения пациентов с сужением просвета почечных артерий остается по-прежнему актуальной и требует дальнейшего изучения. Необходимо продолжать накапливать, систематизировать опыт диагностики и лечения больных со стенозами периферических артерий. Обращает на себя внимание наличие мультифокального поражения при развитии атеросклероза. Это необходимо учитывать при наблюдении больных, страдающих стенокардией, перемежающейся хромотой

и др. Не стоит ограничиваться коррекцией одного артериального бассейна, а во всех случаях уделять внимание и проводить диагностику возможных поражений других артерий, которые могут длительное время себя никак не проявлять.

В современной практике проследившись зависимость от высокотехнологичных методов выявления и лечения сужений периферических артерий. Качество ведения больных напрямую связано с техническим оснащением, финансовыми возможностями клиники, компетенцией специалистов и владением актуальными методиками.

Информация о конфликте интересов.

Конфликт интересов отсутствует.

Информация о спонсорстве.

Данная работа не финансировалась.

Список литературы / References

- 1 de Leeuw P.W., Postma C.T., Spiering W., Kroon A.A. Atherosclerotic renal artery stenosis: should we intervene earlier? *Curr Hypertens Rep.* 2018;20(4):35. DOI: 10.1007/s11906-018-0829-3
- 2 Van Brussel P.M., Van de Hoef T.P., Winter R.J., Vogt L., Van den Born B.J. Hemodynamic measurements for the selection of patients with renal artery stenosis: a systematic review. *JACC Cardiovasc Interv.* 2017;10(10):973–85. DOI: 10.1016/j.jcin.2017.02.046
- 3 Gupta R., Assiri S., Cooper C.J. Renal artery stenosis: new findings from the CORAL Trial. *Curr Cardiol Rep.* 2017;19(9):75. DOI: 10.1007/s11886-017-0894-2
- 4 Prince M., Tafur J.D., White C.J. When and how should we revascularize patients with atherosclerotic renal artery stenosis? *JACC Cardiovasc Interv.* 2019;6(12):505–17. DOI: 10.1016/j.jcin.2018.10.023
- 5 Tafur J.D., White C.J. Renal artery stenosis: when to revascularize in 2017. *Curr Probl Cardiol.* 2017;42(4):110–35. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2017.01.004
- 6 Gerhard-Herman M.D., Gornik H.L., Barrett C., Barshes N.R., Corriere M.A., Drachman D.E., et al. 2016 AHA/ACC guideline on the management of patients with lower extremity peripheral artery disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology. American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69:1465–508. DOI: 10.1016/j.jacc.2016.11.008
- 7 Noory E., Rastan A., Beschoner U., Macharzina R., Zeller T. Duplex derived intrarenal resistance index correlates with invasive pressure gradient measurements in detecting relevant unilateral renal artery stenosis. *Vasa.* 2016;45(2):175–80. DOI: 10.1024/0301-1526/a000513
- 8 Klein A.J., Jaff M.R., Gray B.H. SCAI appropriate use criteria for peripheral arterial interventions: an update. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2017;90:90–110. DOI: 10.1002/ccd.27141
- 9 Vassallo D., Green D., Ritchie J., Chrysochou C., Blunt J., Kalra P.A. Three decades of atherosclerotic reno-vascular disease management—changing outcomes in an observational study. *Kidney Blood Press Res.* 2016;41(3):325–34. DOI: 10.1159/000443434
- 10 Murphy T.P., Cooper C.J., Pencina K.M., D'Agostino R., Massaro J., Cutlip D.E., et al. Relationship of albuminuria and renal artery stent outcomes: results from the CORAL randomized clinical trial (cardiovascular outcomes with renal artery lesions). *Hypertension.* 2016;68(5):1145–52. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.116.07744
- 11 Balk E.M., Raman G., Adam G.P., Halladay C.W., Langberg V.N., Azodo I.A., et al. Renal Artery stenosis management strategies: an updated comparative effectiveness review. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2016.
- 12 Colbert G.B., Abra G., Lerma E.V. Update and review of renal artery stenosis. *Dis Mon.* 2021;67(6):101118. DOI: 10.1016/j.disamonth.2020.101118
- 13 Li Kang, Qi Wanting, Liu Bao Surgical treatments of renal artery stenosis in Takayasu arteritis. *Acta Academiae Medicinae Sinica.* 2020;42(5):691–5.
- 14 Raman G., Adam G.P., Halladay C.W., Langberg V.N., Azodo I.A., Balk E.M. Comparative effectiveness of management strategies for renal artery stenosis: an updated systematic review. *Ann Intern Med.* 2016;165:635–49. DOI: 10.7326/M16-1053

- 15 Safian R.D. Renal artery stenosis. *Progr Cardiovasc Dis.* 2021;65:60–70. DOI:10.1016/j.pcad.2021.03.003
- 16 Vassallo D., Ritchie J., Green D. The effect of revascularization in patients with anatomically significant atherosclerotic renovascular disease presenting with high-risk clinical features. *Nephrol Dial Transplant.* 2018;33(3):497–506. DOI: 10.1093/ndt/gfx025
- 17 Williams B., Mancia G., Spiering W., Agabiti Rosei E., Azizi M., Burnier M., et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur Heart J.* 2018;39(33):3021–104. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy339
- 18 Lenz T. Behandlung der Nierenarterienstenose im Jahr 2021 [Treatment of renal artery stenosis in the year 2021]. *Internist (Berl).* 2021;62(3):252–62. German. DOI: 10.1007/s00108-020-00935-5
- 19 Kihm M.C., Vogel B., Zeier M., Kihm L.P. Renal artery stenosis — are there patients who benefit from intervention? *Exp Clin Endocrinol Diabetes.* 2016;124(6):342–9. DOI: 10.1055/s-0042-100908
- 20 Perkov D., Premužić V., Smiljanić R., Fodor L., Dobrota S., Jelaković B. Ostial versus truncal renal artery stenosis: predictor of large artery atherosclerosis severity and higher mortality. *Acta Clin Croat.* 2019;58(2):213–20. DOI: 10.20471/acc.2019.58.02.03
- 21 Bavishi Ch., de Leeuw P.W., Messerli F.H. Atherosclerotic renal artery stenosis and hypertension: pragmatism, pitfalls, and perspectives. *Am J Med.* 2016;129(6):635.e5–e14. DOI: 10.1016/j.amjmed.2015.10.010
- 22 Stevens S. Obstructive kidney disease. *Nurs Clin North Am.* 2018;53(4):569–78. DOI: 10.1016/j.cnur.2018.07.007
- 23 Mohan I.V., Bourke V. The management of renal artery stenosis: an alternative interpretation of ASTRAL and CORAL. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2015;49:465–73. DOI: 10.1016/j.ejvs.2014.12.026
- 24 Juncos L.I., Textor S. Current approaches to atherosclerotic obstructive renal artery stenosis. *Ther Adv Cardiovasc Dis.* 2015;9(4):153–7. DOI: 10.1177/1753944715579143
- 25 Textor S.C. Renal arterial disease and hypertension. *Med Clin North Am.* 2017;101(1):65–79. DOI: 10.1016/j.mcna.2016.08.010
- 26 Barbed Ferrández S.M., Martínez Redondo I., Serrano Viñuales I., Fernández Espuelas C., Romero Salas Y., Gutiérrez Alonso C. Neonatal diagnosis of unilateral renal artery stenosis. *Arch Argent Pediatr.* 2018;116(5):e675–8. Spanish. DOI: 10.5546/aap.2018.e675
- 27 Kawarada O., Yasuda S., Noguchi T., Anzai T., Ogawa H. Renovascular heart failure: heart failure in patients with atherosclerotic renal artery disease. *Cardiovasc Interv Ther.* 2016;31(3):171–82. DOI: 10.1007/s12928-016-0392-2
- 28 Mkangala A.M., Mayala H.A., Bakari K.H., Dong X.J. Kissing stent management of stenosis of two branches of left renal artery bifurcation: a case report. *J Med Case Rep.* 2019;13(1):197. DOI: 10.1186/s13256-019-2119-3
- 29 Lee Y.H., Kim Y.G., Lee S.H., Jeong K.H., Moon J.Y., Oh J. Perirenal haemorrhage after successful stent placement in a patient with atherosclerotic renal artery stenosis: A case report. *J Pak Med Assoc.* 2018 Aug;68(8):1257–9. PMID: 30108398
- 30 Saad A., Herrmann S.M.S., Eirin A., Ferguson C.M., Glockner J.F., Bjarnason H., et al. Phase 2a clinical trial of mitochondrial protection (Elamipretide) during stent revascularization in patients with atherosclerotic renal artery stenosis. *Circ Cardiovasc Interv.* 2017;10(9):e005487. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.117.005487
- 31 Sweetwyne M.T., Pippin J.W., Eng D.G., Hudkins K.L., Chiao Y.A., Campbell M.D., et al. The mitochondrial-targeted peptide, SS-31, improves glomerular architecture in mice of advanced age. *Kidney Int.* 2017;91:126–45. DOI: 10.1016/j.kint.2016.10.036
- 32 Schäberle W., Leyrer L., Schierling W., Pfister K. Ultrasound diagnostics of renal artery stenosis. *Gefäßchirurgie.* 2016;1(21):4–13. DOI: 10.1007/s00772-015-0060-3
- 33 Fananapazir G., McGahan J.P., Corwin M.T., Stewart S.L., Vu C.T., Wright L., et al. Screening for transplant renal artery stenosis: ultrasound-based stenosis probability stratification. *AJR Am J Roentgenol.* 2017;209(5):1064–73. DOI: 10.2214/AJR.17.17913
- 34 Bley T., Francois C., Schiebler M. Non-contrast-enhanced MRA of renal artery stenosis: validation against DSA in a porcine model. *Eur Radiol.* 2016;26:547–55. DOI: 10.1007/s00330-015-3833-x
- 35 Jiang K., Ferguson C.M., Ebrahimi B., Tang H., Kline T.L., Burningham T.A., et al. Noninvasive assessment of renal fibrosis with magnetization transfer MR imaging: validation and evaluation in murine renal artery stenosis. *Radiology.* 2017;283(1):77–86. DOI: 10.1148/radiol.2016160566
- 36 Fananapazir G., Troppmann C., Corwin M.T., Bent C.K., Vu C.T., Lamba R. Incidence of contrast-induced nephropathy after renal graft catheter arteriography using iodine-based contrast medium. *AJR Am J Roentgenol.* 2016;206(4):783–6. DOI: 10.2214/AJR.15.15501
- 37 Kline T.L., Irazabal M.V., Ebrahimi B., Hopp K., Udoji K.N., Warner J.D., et al. Utilizing magnetization transfer imaging to investigate tissue remodeling in a murine model of autosomal dominant polycystic kidney disease. *Magn Reson Med.* 2016;75(4):1466–73. DOI: 10.1002/mrm.25701
- 38 Corwin M.T., Fananapazir G., Chaudhari A.J. MR angiography of renal transplant vasculature with ferumoxytol: comparison of high-resolution steady-state and first-pass acquisitions. *Acad Radiol.* 2016;23:368–73. DOI: 10.1016/j.acra.2015.10.021
- 39 Peng M., Jiang X.J., Dong H., Zou Y.B., Zhang H.M., Song L., et al. Etiology of renal artery stenosis in 2047 patients: a single-center retrospective analysis during a 15-year period in China. *J Hum Hypertens.* 2016;30(2):124–8. DOI: 10.1038/jhh.2015.40
- 40 Robinson K.A., Kriegshauser J.S., Dahiya N., Young S.W., Czaplicki C.D., Patel M.D. Detection of transplant renal artery stenosis: determining normal velocities at the renal artery anastomosis. *Abdom Radiol (NY).* 2017;42(1):254–9. DOI: 10.1007/s00261-016-0876-7
- 41 Pan F.S., Liu M., Luo J., Tian W.S., Liang J.Y., Xu M., et al. Transplant renal artery stenosis: Evaluation with contrast-enhanced ultrasound. *Eur J Radiol.* 2017;90:42–9. DOI: 10.1016/j.ejrad.2017.02.031
- 42 Aboyans V., Desormais I., Magne J., Morange G., Mohty D., Lacroix P. Renal artery stenosis in patients with peripheral artery disease: prevalence, risk factors and long-term prognosis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2017;53(3):380–5. DOI: 10.1016/j.ejvs.2016.10.029
- 43 Fananapazir G., Bashir M.R., Corwin M.T., Lamba R., Vu C.T., Troppmann C. Comparison of ferumoxytol-enhanced MRA with conventional angiography for assessment of severity of transplant renal artery stenosis. *J Magn Reson Imaging.* 2017;45:779–85. DOI: 10.1002/jmri.25421
- 44 Hogan J.J., Mocanu M., Berns J.S. The native kidney biopsy: update and evidence for best practice. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2016;11(2):354–62. DOI: 10.2215/CJN.05750515
- 45 Rumman R.K., Matsuda-Abedini M., Langlois V., Radhakrishnan S., Lorenzo A.J., Amaral J., et al. Management and outcomes of childhood renal artery stenosis and middle aortic syndrome. *Am J Hypertens.* 2018;31(6):687–95. DOI: 10.1093/ajh/hpy014
- 46 Green R., Gu X., Kline-Rogers E., Froehlich J., Mace P., Gray B., et al. Differences between the pediatric and adult presentation of fibromuscular dysplasia: results from the US Registry. *Pediatr Nephrol.* 2016;31:641–50. DOI: 10.1007/s00467-015-3234-z
- 47 Jiang K., Ferguson C.M., Woollard J.R., Zhu X., Lerman L.O. Magnetization transfer magnetic resonance imaging noninvasively detects renal fibrosis in swine atherosclerotic renal artery stenosis at 3.0 T. *Invest Radiol.* 2017;52(11):686–92. DOI: 10.1097/RLI.0000000000000390
- 48 Saad A., Wang W., Herrmann S.M.S., Glockner J.F., McKusick M.A., Misra S., et al. Atherosclerotic renal artery stenosis is associated with elevated cell cycle arrest markers related to reduced renal blood flow and postcontrast hypoxia. *Nephrol Dial Transplant.* 2016;31(11):1855–63. DOI: 10.1093/ndt/gfw265
- 49 Kellum J.A., Chawla L.S. Cell-cycle arrest and acute kidney injury: the light and the dark sides. *Nephrol Dial Transplant.* 2016;31(1):16–22. DOI: 10.1093/ndt/gfv130
- 50 Tuttle K.R., Dworkin L.D., Henrich W., Greco B.A., Steffes M., Tobe S., et al. Effects of Stenting for Atherosclerotic Renal Artery Stenosis on eGFR and Predictors of Clinical Events in the CORAL Trial. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2016;11(7):1180–8. DOI: 10.2215/CJN.10491015
- 51 Wang W., Saad A., Herrmann S.M., Eirin Massat A., McKusick M.A., Misra S., et al. Changes in inflammatory biomarkers after renal revascularization in atherosclerotic renal artery stenosis. *Nephrol Dial Transplant.* 2016;31(9):1437–43. DOI: 10.1093/ndt/gfv448
- 52 Ronco C. Cell-cycle arrest biomarkers: the light at the end of the acute kidney injury tunnel. *Nephrol Dial Transplant.* 2016;31(1):3–5. DOI: 10.1093/ndt/gfv323