

Возможности внутрисосудистого ультразвукового исследования с использованием катетерного датчика с фазированной решеткой в диагностике и лечении расслоения аорты

И.М. Гольдина, Е.Ю. Трофимова, Л.С. Коков, М.В. Пархоменко,
Н.Р. Черная, В.В. Соколов, А.В. Редкобородый, Н.В. Рубцов

ГБУЗ г. Москвы “Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы”

Представлены два клинических наблюдения эндоваскулярного лечения расслоения аорты III типа по DeBakey с использованием внутрисосудистого ультразвукового исследования с внутрисосудистым катетерным датчиком с фазированной

решеткой и обзор литературы по соответствующей тематике. Заболевание диагностировано на основании результатов ультразвукового исследования аорты, подвздошных артерий и артерий нижних конечностей, мультиспиральной компью-

И.М. Гольдина – д.м.н., ведущий научный сотрудник отделения ультразвуковых методов исследования и миниинвазивных методов лечения с использованием ультразвука ГБУЗ г. Москвы “Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы”. Е.Ю. Трофимова – д.м.н., профессор, заведующая научным отделением ультразвуковых методов исследования и миниинвазивных методов лечения с использованием ультразвука ГБУЗ г. Москвы “Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы”. Л.С. Коков – д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, заведующий научным отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГБУЗ г. Москвы “Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы”. М.В. Пархоменко – заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГБУЗ г. Москвы “Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы”. Н.Р. Черная – к.м.н., старший научный сотрудник отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГБУЗ г. Москвы “Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы”. В.В. Соколов – д.м.н., профессор, заведующий научным отделением неотложной кардиохирургии, вспомогательного кровообращения и трансплантации сердца ГБУЗ г. Москвы “Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы”. А.В. Редкобородый – к.м.н., ведущий научный сотрудник отделения неотложной кардиохирургии, вспомогательного кровообращения и трансплантации сердца ГБУЗ г. Москвы “Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы”. Н.В. Рубцов – научный сотрудник отделения неотложной кардиохирургии, вспомогательного кровообращения и трансплантации сердца ГБУЗ г. Москвы “Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы”.

Контактная информация: 129010 г. Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3, НИИ СП им. Н.В. Склифосовского, отделение ультразвуковых методов исследования и миниинвазивных методов лечения с использованием ультразвука. Гольдина Ирина Михайловна. Тел.: +7 (495) 620-12-44. E-mail: markmgold@gmail.ru

терной томографии аорты и аортографии. Лечение заключалось в проведении эндоваскулярной фенестрации аорты под контролем внутрисосудистого ультразвукового исследования. Ультразвуковое исследование проведено на приборе Acuson Sequoia 512 (Siemens, Германия) с внутрисосудистым катетерным датчиком с фазированной решеткой AciNav в В-режиме, режимах цветового доплеровского картирования и импульсно-волновой доплерографии. Благодаря использованию внутрисосудистого ультразвукового исследования в процедуре эндоваскулярной фенестрации аорты стала возможной оценка гемодинамики в истинном и ложном просветах аорты, ее ветвях. С помощью внутрисосудистого ультразвукового исследования удалось показать, что успешно проведенная процедура фенестрации аорты приводит к выравниванию скоростей кровотока в истинном и ложном просветах аорты. Таким образом, использование внутрисосудистого ультразвукового исследования позволило исследовать гемодинамику в истинном и ложном просветах аорты до, во время и после процедуры фенестрации аорты в динамическом режиме и оценить эффективность процедуры эндоваскулярной фенестрации аорты.

Ключевые слова: *внутрисосудистое ультразвуковое исследование, внутрисосудистый катетерный датчик с фазированной решеткой, аортография, расслоение аорты, эндоваскулярное вмешательство, фенестрация.*

Известно, что такие ультразвуковые методы, как трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ), дуплексное сканирование аорты и подвздошных артерий, используются в диагностике расслоения аорты на первых этапах исследования в качестве скрининга, уступая мультиспиральной компьютерной томографии (МсКТ) и магнитно-резонансной томографии, которые являются наиболее информативными и точными методами, играют центральную роль в диагностике заболевания, оценке рисков

осложнений, выборе оптимального метода лечения [1–4].

Особую роль ультразвуковые методы играют в эндоваскулярном лечении расслоения аорты. Так, под контролем чреспищеводной ЭхоКГ [5–7] и внутрисосудистого ультразвукового исследования (ВсУЗИ) у пациентов с расслоением торакоабдоминальной аорты осуществляется стентирование аорты или имплантация стент-графта [8–16].

Эндоваскулярное лечение при расслоении аорты подразумевает формирование дистальной фенестрации с использованием баллонного катетера. В основе успешной фенестрации аорты лежат определение анатомии диссекции, ее распространения, положения и размера истинного и ложного просветов, оценка кровотока в ветвях аорты, а также определение причин и степени обструкции ветвей, вовлеченных в расслоение. Наилучшие результаты эндоваскулярной фенестрации аорты отмечены при возможности контролирования процесса, для чего используется мультипланарная ангиография или ВсУЗИ [17].

Стандартное ВсУЗИ имеет ограничения, связанные с использованием механического датчика, который дает изображение поперечных срезов аорты, отсутствием цветового доплеровского картирования (ЦДК) и спектрального доплеровского анализа. Кроме того, для получения корректных значений скорости кровотока в аорте необходимо соблюдение угла между осью сосуда и ультразвуковым лучом, что не может быть достигнуто при поперечном сканировании аорты [18–20].

Недостатки стандартного ВсУЗИ могут быть компенсированы возможностями внутрисосудистого катетерного датчика с фазированной решеткой, который применяют для внутрисердечной ЭхоКГ. Метод внутрисердечной ЭхоКГ широко используется при перикардицентезе, миокардиальной биопсии, чрескожной трансвенозной баллонной вальвулопластике, катетерном закрытии дефектов межпредсердной или межжелудочковой перегородок, изоляции ушка левого предсердия, алкогольной септальной абляции гипертрофической кардиомиопатии и радиочастотной абляции [19, 21–25]. Важными достоинствами внутрисосудистого катетерного датчика с фазированной

решеткой являются угол обзора до 160°, возможность получать продольные срезы аорты и оценивать гемодинамику, корректно измеряя скорость кровотока.

Использование ультразвукового внутриполостного катетерного датчика для исследования расслоенной аорты привело к созданию новой методики в диагностике и лечении расслоения аорты – ВсУЗИ с использованием датчика с фазированной решеткой. В литературе мы нашли только два сообщения о проведенной фенестрации аорты под контролем ВсУЗИ с использованием датчика с фазированной решеткой [17, 26]. Описаны также и случаи имплантации стент-графта при расслоении аорты под контролем ВсУЗИ с использованием датчика с фазированной решеткой [27, 28].

Представляем два собственных клинических наблюдения расслоения аорты.

Пациент Б., 46 лет (№1). Клинический диагноз: острое расслоение аорты III типа по DeBakey. Гипертоническая болезнь 3-й степени, 3-й стадии, риск IV. Фенестрация и баллонная ангиопластика брюшного отдела аорты со стентированием от 01.01.14 г. Осложнения: острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) в бассейне левой средней мозговой артерии, сенсорно-моторная афазия от 06.02.14 г. Абдоминальная форма мальперфузии.

Пациент, длительно страдающий гипертонической болезнью, переведен из другого стационара, куда госпитализирован 27.12.13 г. с острой кинжальной болью в грудной клетке, сопровождавшейся проливным потом. В стационаре выполнены трансторакальная ЭхоКГ и КТ-ангиография аорты и диагностировано расслоение аорты III типа по DeBakey с распространением на обе общие подвздошные артерии. Пациент направлен в ГБУЗ г. Москвы “Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы” в специализированное кардиохирургическое отделение. В институте 01.01.14 г. выполнено эндопротезирование нисходящей грудной аорты, стент-графт *GORE TAG TGE454520* имплантирован дистальнее левой подключичной артерии. При контрольной ангиографии левая подключичная артерия не контрастировалась (имплантированный стент-графт перекрыл ее просвет). Дистальнее стент-графта с перекрытием его дистального конца на 1 см в дистальную часть нисходящей грудной

аорты и проксимальную часть брюшной аорты был установлен стент *Djumbodis 14/120*. При контрольной аортографии нисходящий отдел грудной аорты, брюшная аорта с висцеральными ветвями хорошо контрастировались, двухконтурность аорты не определялась.

В раннем послеоперационном периоде отмечено ОНМК в бассейне левой средней мозговой артерии, сенсорно-моторная афазия. При МСКТ головного мозга от 10.01.14 г. подтверждено ОНМК – выявлены ишемические изменения левой височной доли в подострой стадии.

На 10-е сутки послеоперационного периода у пациента отмечены повышение температуры тела; боли в животе, особенно после еды, без четкой локализации; незначительная болезненность живота при глубокой пальпации без перитонеальной симптоматики. По данным МСКТ от 10.01.14 г. диагностированы неудовлетворительное положение стент-графта, стенозирующего устья (места отхождения) левой общей сонной и подключичной артерий, расслоение аорты III типа по DeBakey (от нижнего края стента до бифуркации) с распространением на чревный ствол, верхнюю брыжеечную, обе почечные и обе общие подвздошные артерии. Принято решение о фенестрации аорты.

Пациент Х., 58 лет (№2). Клинический диагноз: острое расслоение аорты III типа по DeBakey. ИБС. Постинфарктный кардиосклероз. Гипертоническая болезнь 3-й степени, 3-й стадии, риск IV. Тромбоз правой общей подвздошной артерии. Фенестрация аорты, стентирование правой общей подвздошной артерии. Перекрестное слева направо бедренно-бедренное шунтирование.

У пациента, длительно страдающего гипертонической болезнью, 16.03.14 г. возникли острые боли за грудиной и в правой нижней конечности. Госпитализирован в кардиологическую реанимацию с диагнозом: ИБС, острый коронарный синдром. Правая нижняя конечность была бледной, холодной. Движения и чувствительность в конечности отсутствовали. Пульс отсутствовал на всех уровнях. При ультразвуковом исследовании аорты и артерий нижних конечностей диагностировано расслоение аорты с уровня дуги с распространением на левую общую подвздошную артерию, тромбоз правой общей подвздошной артерии. Диагноз подтвержден данными МСКТ – расслоение аорты от уровня дуги с распространением на левую общую подвздошную артерию (тип III

по DeVakey). Снижение кровотока по правой общей подвздошной артерии. Принято решение о фенестрации аорты.

Методика фенестрации аорты под контролем стандартного ВСУЗИ начинается с проведения аортографии [16]. Под местной анестезией (20 мл 0,5%-го раствора новокаина) пунктируют обе бедренные артерии (БА) для установки интродьюсера. Катетер *PigTail* через интродьюсер одной из БА проводится в истинный просвет аорты, выполняется аортография на нескольких уровнях для оценки истинного просвета аорты и состояния висцеральных ветвей аорты. Ультразвуковой катетерный датчик через интродьюсер вводится в контрлатеральную БА. С помощью него оценивается аорта от восходящего отдела до подвздошных артерий, определяется соотношение просветов аорты к местам отхождения висцеральных и подвздошных артерий. Затем катетер *PigTail* заменяется на иглу *Brockenbrough* для транссептальной пункции. Под контролем ВСУЗИ намечается место для пункции, и она осуществляется в направлении из истинного просвета в ложный. Игла заменяется на диагностический проводник, вводится баллонный катетер, производится дилатация фенестрации под давлением. Затем баллонным катетером производится дополнительная дилатация фенестрации между просветами аорты. После проведенной фенестрации аорты при ВСУЗИ оценивается состояние ложного и истинного просветов. В зависимости от результатов ВСУЗИ и контрольной аортографии решается вопрос о стентировании аорты или ее ветвей.

Обоим пациентам выполнена аортоангиография (аппарат *Axiom* (Siemens, Германия), контрастный препарат *Йопамиро*) перед фенестрацией аорты под контролем ВСУЗИ. Ультразвуковое исследование проведено на аппарате *Acuson Sequoia 512* (Siemens, Германия) с применением внутрисосудистого катетерного датчика с фазированной решеткой *AcuNav* (частотный диапазон – 10,0–5,5 МГц, диаметр – 8 Fr (1 Fr = 0,33 мм), длина – 110 см). Катетерный датчик снабжен блоком управления, который позволяет менять положение концевой части в двух взаимно перпендикулярных плоскостях: вправо–влево и впе-

ред–назад. В датчике имеется 64 пьезоэлемента, которые формируют фазированную решетку. Формат сканирования – векторный. Возможно использование В-режима, ЦДК, импульсно-волновой и непрерывно-волновой доплерографии, М-режима. Проводили измерение диаметров ложного и истинного просветов аорты, толщины комплекса интима–медиа, оценку эхогенности просветов аорты в В-режиме; оценивали направление кровотока, *aliasing*-артефакт в режиме ЦДК; определяли пиковую систолическую скорость кровотока в просветах аорты и устьях ветвей аорты в режиме импульсно-волновой доплерографии.

Эндоваскулярная фенестрация аорты у пациента №1. Через правую БА в брюшной отдел аорты чуть ниже дистального края ранее имплантированного стента заведен ультразвуковой катетерный датчик с фазированной решеткой. Через левую БА в истинный просвет аорты заведена игла для транссептальной пункции. Под ВСУЗ-наведением в ретроградном направлении произведена пункция из истинного просвета в ложный, в ранее имплантированный стент. По катетеру заведен проводник 0,035 дюйма (1 дюйм = 2,54 см) в восходящий отдел аорты. Далее баллонным катетером 12–40 мм произведена дилатация фенестрации между просветами аорты давлением 10 атм. Затем баллонным катетером *Zelos PTA 28–40* мм произведена фенестрация аорты в области отхождения чревного ствола. Затем стент *sinus-Aorta 34–60* мм имплантирован в брюшной отдел аорты в край с ранее имплантированным стентом. Баллонным катетером *Zelos PTA 28–40* мм произведена финальная постдилатация по всей длине стента. На контрольной ангиограмме выявлено хорошее заполнение обоих просветов аорты с хорошим кровоснабжением ветвей аорты из истинного просвета. По данным контрольного ВСУЗИ скорость кровотока в обоих просветах аорты одинаковая.

Эндоваскулярная фенестрация аорты у пациента №2. Через правую БА катетер *PigTail* проведен в восходящий отдел аорты, выполнена поочередная съемка на всем протяжении аорты до подвздошных артерий. Аорта расслоена на всем протяжении от уровня отхождения левой подключичной артерии до бифуркации, далее расслоение распространяется до бифуркации левой общей подвздошной артерии; правая

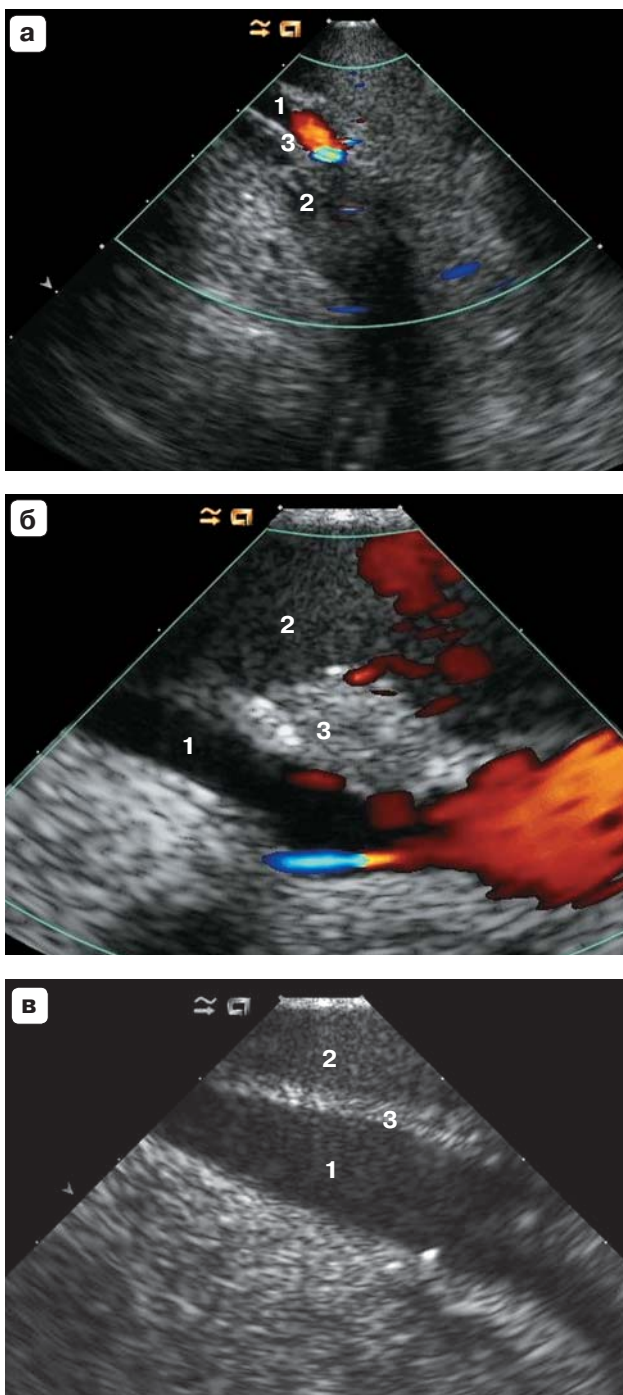


Рис. 1. Толщина отслоенного комплекса интима-медиа. а – отслоенный комплекс интима-медиа (конец расслоения) в общей подвздошной артерии полностью перекрывает просвет артерии с развитием тромбоза. б – отслоенный комплекс интима-медиа с эхогенными структурами ближе к проксимальной фенестрации. в – отслоенный комплекс интима-медиа в виде тонкой гиперэхогенной структуры в средней трети инфраренального отдела аорты. 1 – истинный просвет, 2 – ложный просвет, 3 – отслоенный комплекс интима-медиа.

общая подвздошная артерия окклюзирована от места отхождения, заполнение по коллатералям отсутствует. Далее через левую БА в инфраренальный отдел аорты заведен ультразвуковой катетерный датчик с фазированной решеткой, через правую БА заведена игла *Brockenbrough*. Под контролем ВсУЗИ выполнена пункция между просветами аорты, далее проведен диагностический проводник. Баллонным катетером 10–40 мм произведена фенестрация под давлением 14 атм. Затем баллонным катетером 20–40 мм произведена дополнительная дилатация фенестрации между просветами аорты. После фенестрации аорты проведено стентирование правой общей подвздошной артерии стентом *Scuba* 10–37 мм под давлением 14 атм. Кровоток не восстановлен. Баллонным катетером 10–40 мм произведена дилатация ниже стента давлением 4 атм, после чего был получен слабый кровоток в системе правой общей подвздошной артерии. В связи с выраженной ишемией правой нижней конечности больной 17.03.15 г. оперирован. Выполнено перекрестное слева направо бедренно-бедренное шунтирование. Кровоток восстановлен полностью, кровообращение полностью компенсировано.

По данным ВсУЗИ с использованием катетерного датчика с фазированной решеткой у пациентов №1 и №2 комплекс интима-медиа хорошо визуализировался на всем протяжении расслоенной аорты, чему способствовала достаточная длина ультразвукового катетера (110 см). Однако толщина комплекса интима-медиа была неодинаковой на протяжении. В проксимальном и дистальном участках расслоения комплекс интима-медиа был утолщен до 0,8 см и включал структуры от низкой до высокой эхогенности (тромботические массы разной степени организации). В остальных участках аорты он представлял собой тонкую подвижную гиперэхогенную структуру толщиной 0,2–0,3 см.

Как видно на рис. 1, истинный просвет сосуда в В-режиме имеет анэхогенный характер, а эхогенность ложного просвета выше. В режиме реального времени определяется эффект спонтанного контрастирования, который предполагает значительное снижение скорости кровотока в сосуде.

Проведена оценка диаметра двух просветов аорты. Как показано на рис. 2, истинный просвет аорты имеет диаметр 0,54 см, ложный – 1,13 см (больше в 2 раза). Подобное соотноше-

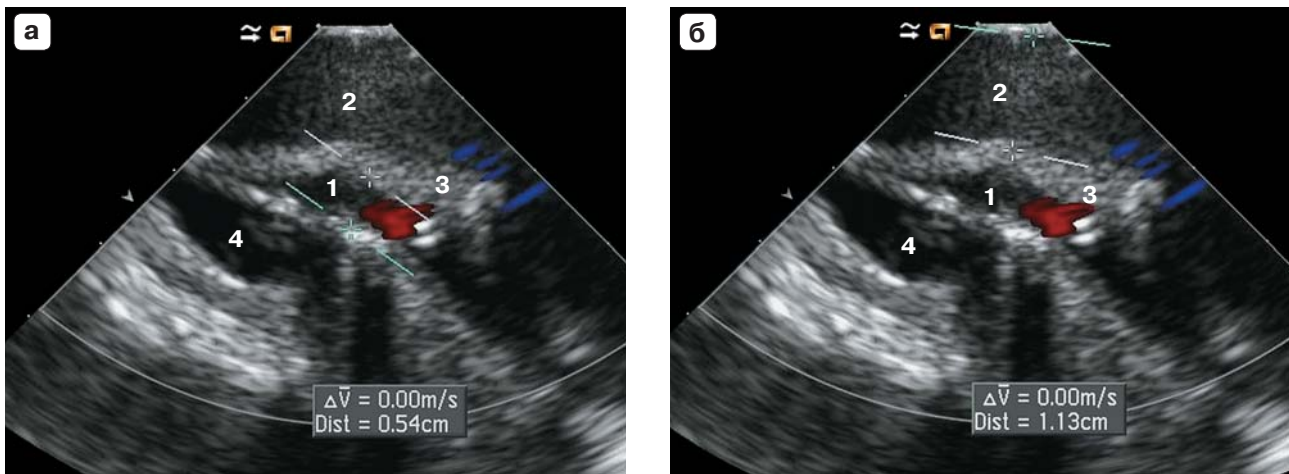


Рис. 2. Определение диаметра истинного (а) и ложного (б) просветов аорты в режиме ЦДК. 1 – истинный просвет аорты (кодирован красным цветом) имеет диаметр 0,54 см, 2 – ложный просвет аорты (с эффектом спонтанного контрастирования) имеет диаметр 1,13 см, 3 – отслоенный комплекс интима–медиа, 4 – нижняя полая вена.

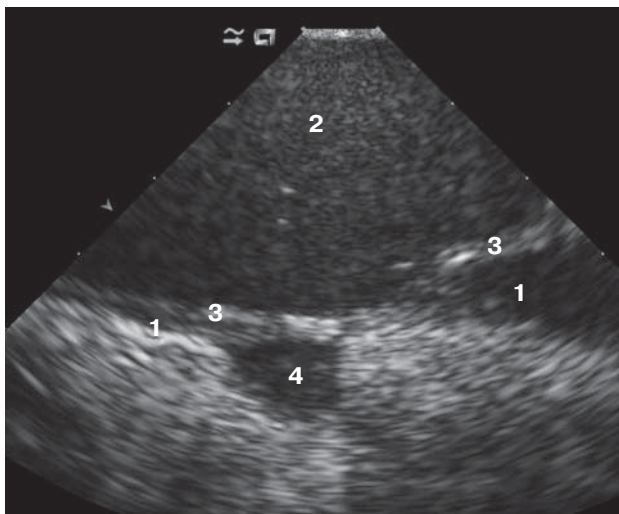


Рис. 3. Аорта на уровне верхней брыжеечной артерии. 1 – истинный просвет аорты, 2 – ложный просвет аорты, 3 – отслоенный комплекс интима–медиа в месте отхождения верхней брыжеечной артерии, 4 – поперечное сечение верхней брыжеечной артерии.

ние говорит о нарушении кровотока в аорте, поскольку истинный просвет аорты сдавлен. Однако соотношение просветов аорты не носит постоянный характер в различных ее участках. Так, в месте перехода на висцеральные ветви комплекс интима–медиа практически вплотную касается стенки аорты и устья сосуда, а соотношение просветов кардинально изменяется. Как видно на рис. 3, отслоенный комплекс интима–медиа плотно прилежит к месту отхожде-

ния верхней брыжеечной артерии, то есть истинный просвет аорты максимально сужен.

Для оценки кровотока в истинном (рис. 4) и ложном (рис. 5) просветах аорты использованы режимы ЦДК и импульсволновой доплерографии. На рис. 4а показано, что истинный просвет аорты в режиме ЦДК кодирован синим цветом, но в месте сужения истинного просвета имеется *aliasing*-артефакт. Напротив, ложный просвет широкий, с эффектом спонтанного контрастирования, кодирование цветом отсутствует, что свидетельствует о низких скоростях кровотока. На рис. 4б спектр кровотока по форме соответствует магистральному (сохранен трехфазный его характер). Пиковая систолическая скорость кровотока в истинном просвете аорты составила 150 см/с. На рис. 5 в режиме ЦДК виден ложный просвет аорты, кровоток кодирован красным цветом (красный меняется на синий); в режиме импульсволновой доплерографии форма спектральной кривой имеет двухфазный характер, вторая фаза (реверсивная) – длинная, по времени равна или больше первой. Пиковая систолическая скорость кровотока в ложном просвете аорты составила 25 см/с. Таким образом, скорость кровотока в истинном просвете аорты больше скорости кровотока в ложном просвете в 6 раз.

Оценка устья верхней брыжеечной артерии в режимах ЦДК и импульсволновой доплерографии представлена на рис. 6. В режиме ЦДК кровоток заполняет устье верхней брыжеечной артерии (кровоток кодирован синим цветом) с *aliasing*-артефактом, который подтвержден на

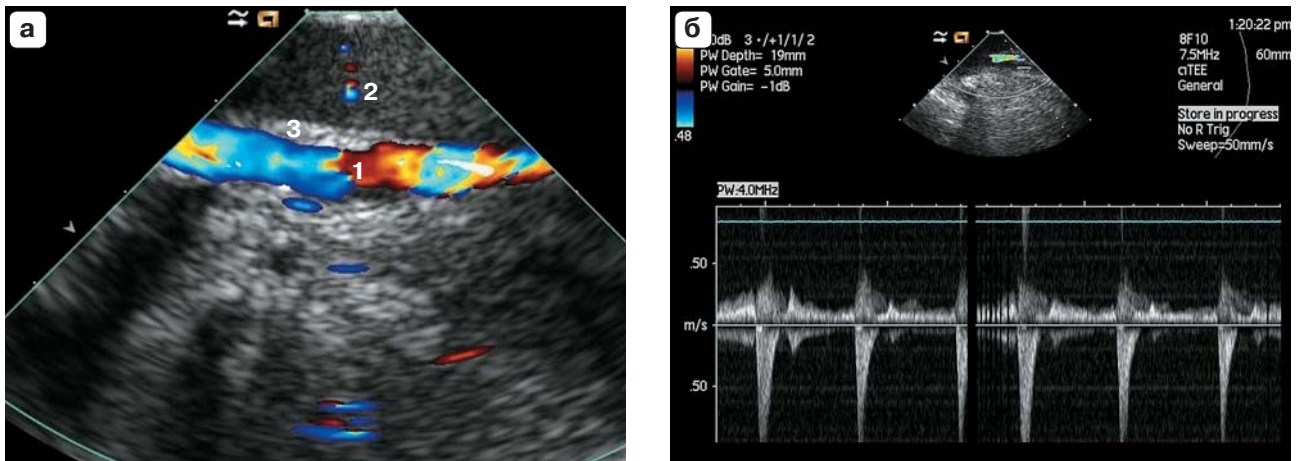


Рис. 4. Оценка истинного просвета аорты по данным ЦДК (а) и спектра кровотока по данным импульсно-волновой доплерографии (б). 1 – истинный просвет аорты, 2 – ложный просвет аорты, 3 – отслоенный комплекс интима-медиа.

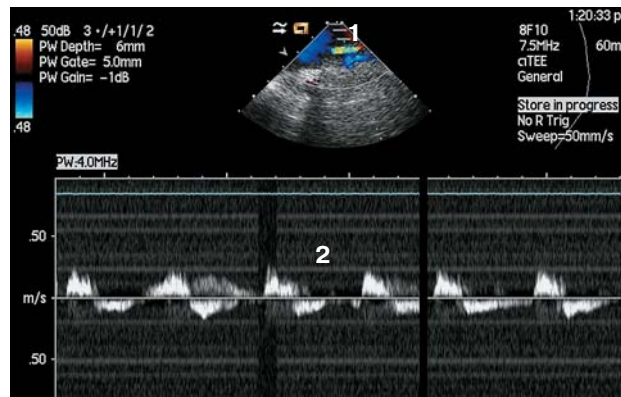


Рис. 5. Оценка ложного просвета аорты по данным ЦДК и спектра кровотока по данным импульсно-волновой доплерографии. 1 – контрольный объем в ложном просвете аорты, который кодируется красным цветом с последующей сменой на синий, 2 – спектр кровотока двухфазный.

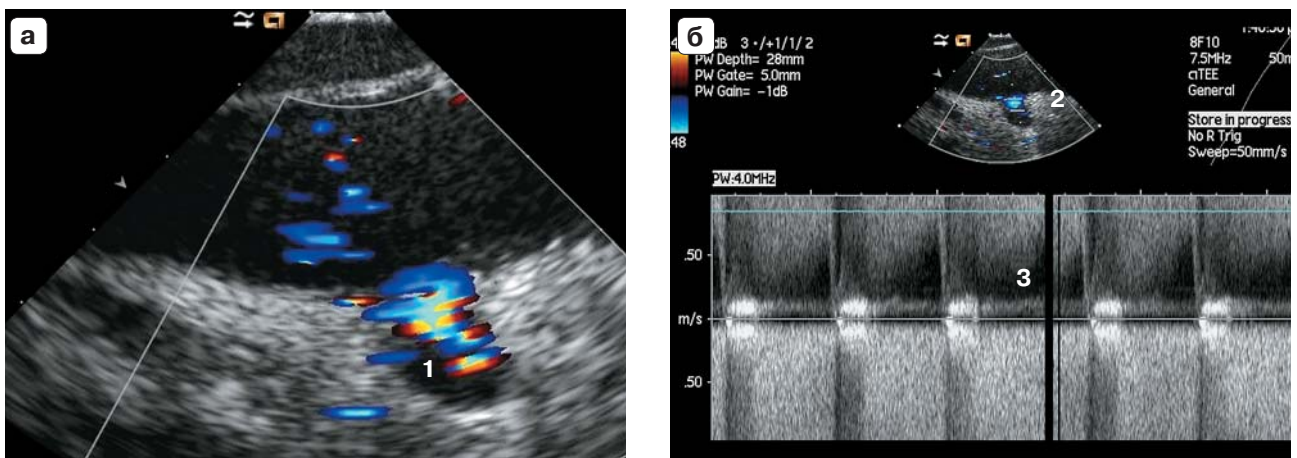


Рис. 6. Определение кровотока в верхней брыжеечной артерии в режимах ЦДК (а) и импульсно-волновой доплерографии (б). 1 – кровоток направлен от датчика, 2 – контрольный объем в просвете устья верхней брыжеечной артерии, 3 – спектр кровотока с *aliasing*-артефактом.

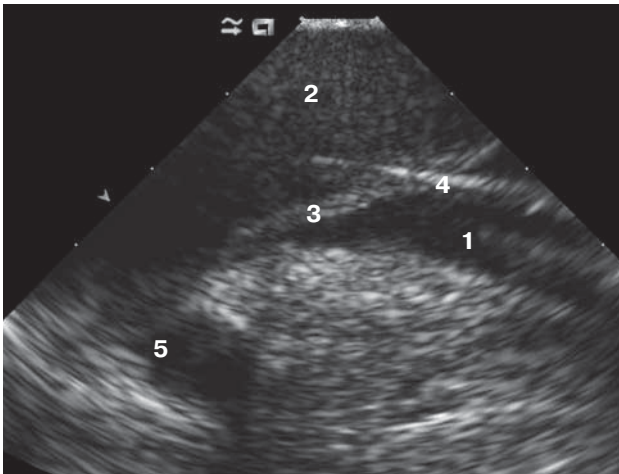


Рис. 7. Пункция комплекса интима-медиа из истинного просвета в ложный транссептальной иглой. 1 – истинный просвет аорты, 2 – ложный просвет аорты, 3 – отслоенный комплекс интима-медиа, 4 – игла в момент фенестрации, 5 – верхняя брыжеечная артерия.

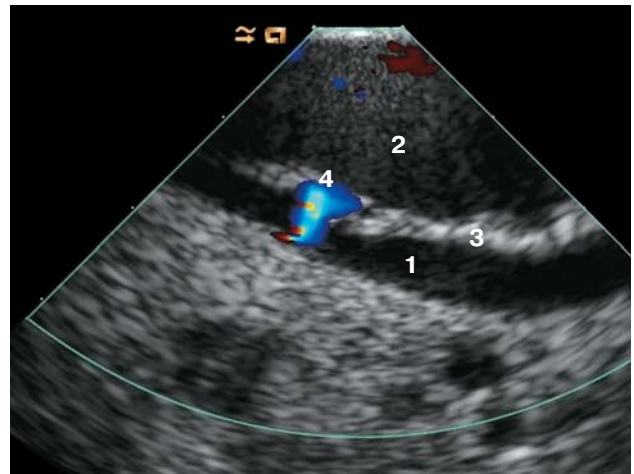


Рис. 8. Фенестрация в отслоенном комплексе интима-медиа. 1 – истинный просвет аорты, 2 – ложный просвет аорты, 3 – отслоенный комплекс интима-медиа, 4 – отверстие в отслоенном комплексе интима-медиа.

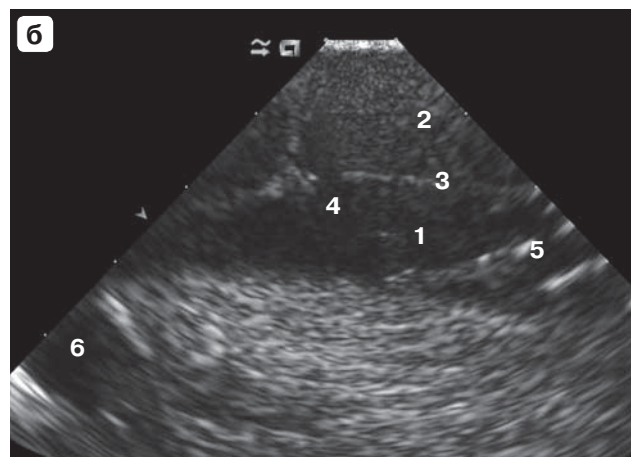
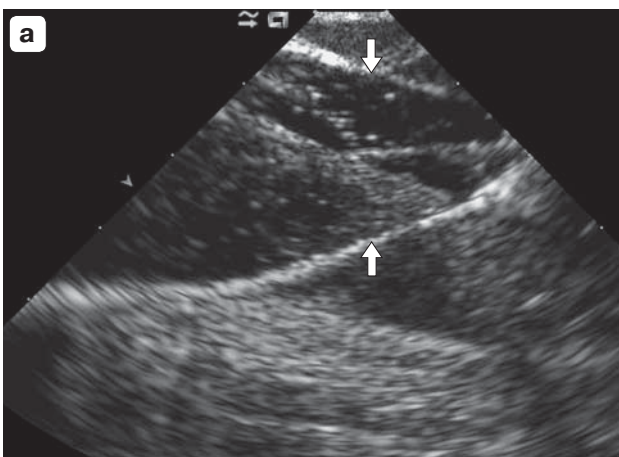


Рис. 9. Момент баллонной дилатации фенестрации (а) и просвет аорты сразу после дилатации (б). Стрелками показан баллонный катетер в момент его раздувания. 1 – истинный просвет аорты, 2 – ложный просвет аорты, 3 – отслоенный комплекс интима-медиа, 4 – отверстие в комплексе интима-медиа, 5 – нижний край стента, 6 – верхняя брыжеечная артерия.

спектральной доплеровской кривой. Пиковая систолическая скорость кровотока в устье верхней брыжеечной артерии составила 270 см/с, отмечено спектральное расширение, что свидетельствует о стенозе артерии [19, 20].

Процедура эндоваскулярной фенестрации аорты представлена на рис. 7–9. Специальной иглой для транссептальной пункции в направлении из истинного просвета в ложный совершили прокол комплекса интима-медиа (см. рис. 7) с образованием в нем отверстия (см. рис. 8). После формирования фенестрации визуализи-

ровался дефект, через который кровь поступала из истинного просвета в ложный (см. рис. 8). Для дилатации образовавшейся фенестрации был использован баллонный катетер 20–40 мм под давлением 14 атм (см. рис. 9). После проведенной дилатации определен кровоток в ложном и истинном просветах расслоенной аорты (рис. 10). Как видно на рис. 10, истинный и ложный просветы имеют одно и то же направление кровотока (в режиме ЦДК кодирование синим цветом, в режиме импульсволновой доплерографии спектральные доплеровские кривые

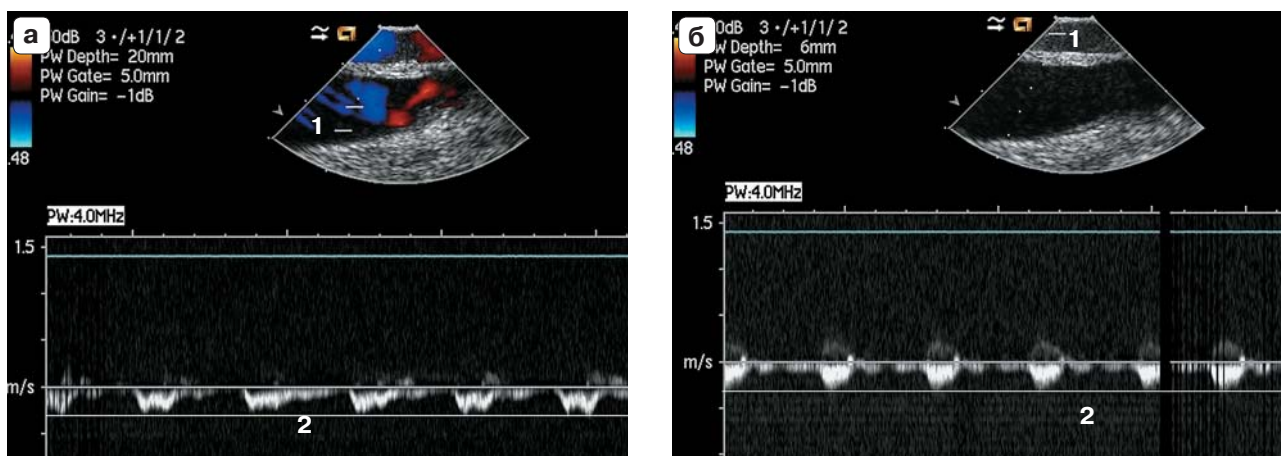


Рис. 10. Определение кровотока в истинном (а) и ложном (б) просветах аорты в режимах ЦДК и импульсно-волновой доплерографии после процедуры фенестрации. 1 – контрольный объем в просвете аорты, 2 – спектр кровотока в просвете аорты.

расположены ниже изолинии). Выявлена четкая тенденция к выравниванию скорости кровотока в истинном и ложном просветах аорты (пиковая систолическая скорость кровотока 65 и 78 см/с соответственно).

Пациентам с расслоением аорты III типа по DeBakey проведена фенестрация аорты под контролем ВсУЗИ с использованием катетерного датчика с фазированной решеткой. Перед выполнением фенестрации проведена оценка анатомии расслоенной аорты и ее ветвей, что обычно составляет предмет исследования стандартного ВсУЗИ. Использование ВсУЗИ с использованием катетерного датчика с фазированной решеткой в процедуре эндоваскулярной фенестрации аорты показало, что указанный метод в полном объеме решает задачи стандартного ВсУЗИ, поскольку подтверждает факт расслоения аорты, может детализировать положение отслоенного комплекса интима-медиа в проксимальных и дистальных участках расслоения, в устьях ветвей аорты. Одно из достоинств ВсУЗИ заключается в возможности определить в режиме серой шкалы признак низкой скорости кровотока в ложном просвете – эффект спонтанного контрастирования, что часто выявляется в случае значительного расширения ложного хода или в местах начала тромбоза ложного просвета [29, 30]. Многочисленными исследованиями доказано, что ВсУЗИ из всех ультразвуковых методов является самым точным в диагностике расслоения аорты [29–32].

Новыми данными по сравнению с возможностями стандартного ВсУЗИ являются данные о гемодинамике в ложном и истинном просветах аорты перед процедурой фенестрации, что связано с применением ультразвукового датчика с фазированной решеткой, который дает продольные срезы аорты и позволяет корректно оценить кровоток. Спектры кровотока в истинном и ложном просветах отличаются по форме кривой и абсолютным значениям скоростей. В истинном просвете сохранена форма трехфазной кривой, в отличие от ложного просвета, где кровоток имеет двухфазный тип с длинной реверсивной фазой. Это объясняется тем, что кровоток в ложном просвете формируется по типу *re-entry*, то есть из истинного просвета в ложный через фенестрацию. Абсолютные значения пиковой систолической скорости кровотока в истинном и ложном просветах до начала процедуры фенестрации значительно отличаются – в истинном просвете в 6 раз выше, чем в ложном. При сужении истинного просвета аорты кровоток в режимах ЦДК и импульсно-волновой доплерографии имеет все признаки стеноза – появление *aliasing*-артефакта и высоких абсолютных значений пиковой систолической скорости кровотока.

Для расслоения III типа по DeBakey характерно вовлечение ветвей аорты [32, 33], что проявляется клинически синдромом мальперфузии внутренних органов и нижних конечностей [34]. Одной из важных задач ВсУЗИ является определение особенности расслоения в местах отхождения вет-

вей аорты и образования ложного и истинного просветов [32, 34]. У пациента №1 методом ВСУЗИ с использованием датчика с фазированной решеткой подтверждены переход расслоения на верхнюю брыжеечную артерию и клинический синдром ишемии кишечника. Высокие значения пиковой систолической скорости кровотока, спектральное расширение доплеровской кривой, *aliasing*-артефакт говорят о стенозе артерии. У пациента №2 расслоение было осложнено синдромом тканевой мальперфузии, то есть был выражен синдром острой ишемии правой нижней конечности в связи со сдавлением истинного просвета правой общей подвздошной артерии отслоенным комплексом интима–медиа (см. рис. 1а).

Таким образом, диагностические возможности ВСУЗИ с использованием датчика с фазированной решеткой значительно расширены по сравнению со стандартным ВСУЗИ точным измерением просветов аорты, использованием цветового и спектрального доплеровских режимов с возможностью корректного измерения линейных скоростей кровотока в просветах аорты и устьях ее ветвей.

Баллонная фенестрация аорты проводится с целью создания сообщения между двумя просветами аорты (истинным и ложным) и выравнивания скорости кровотока и давления в этих просветах, а также в ветвях аорты, вовлеченных в процесс расслоения [16, 34]. Стандартный метод ВСУЗИ много лет успешно применяется при процедуре баллонной фенестрации аорты с последующим стентированием аорты или установкой стент-графта [8–16]. Нами показана процедура эндоваскулярной фенестрации интимы под контролем ВСУЗИ с использованием датчика с фазированной решеткой на различных этапах. Один из важных этапов этого контроля – определение оптимального участка аорты для фенестрации, соотношения истинного и ложного просветов аорты для безопасной манипуляции инструментами в просвете аорты. После завершения баллонной фенестрации аорты скорости кровотока в обоих просветах аорты практически сравнялись, что было целью процедуры у пациента №1. У пациента №2 после фенестрации аорты был имплантирован стент в правую общую подвздошную артерию, поскольку имелся ее тромбоз.

Применение ВСУЗИ с использованием датчика с фазированной решеткой в эндоваскулярной фенестрации аорты позволило в полном объеме достичь цель данной процедуры с использованием гемодинамических параметров, отражающих истинное перераспределение крови при расслоении аорты и распространении расслоения на верхнюю брыжеечную и правую подвздошную артерии. Наши результаты нашли подтверждение в немногочисленных исследованиях [17, 26]. Накопление данных о результатах эндоваскулярной фенестрации расслоенной аорты под контролем ВСУЗИ с использованием датчика с фазированной решеткой может значительно усовершенствовать диагностику синдрома мальперфузии и процедуры эндоваскулярной фенестрации аорты.

Таким образом, использование ВСУЗИ с датчиком с фазированной решеткой позволило исследовать гемодинамику в истинном и ложном просветах аорты до, во время и после процедуры фенестрации аорты в динамическом режиме и таким образом оценить эффективность процедуры эндоваскулярной фенестрации аорты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Parker M.S., Matheson T.L., Rao A.V. et al. Making the transition: the role of helical CT in the evaluation of potentially acute thoracic aortic injuries // *Am. J. Roentgenol.* 2001. V. 176. No. 5. P. 1267–1272.
2. Agarwal P.P., Chughtai A., Matzinger F.R., Kazerooni E.A. Multidetector CT of thoracic aortic aneurysms // *Radiographics.* 2009. V. 29. No. 2. P. 537–552.
3. Litmanovich D., Bankier A.A., Cantin L. et al. CT and MRI in diseases of the aorta // *Am. J. Roentgenol.* 2009. V. 193. No. 4. P. 928–940.
4. Holloway B.J., Rosewarne D., Jones R.G. Imaging of thoracic aortic disease // *Br. J. Radiol.* 2011. V. 84. No. 3. P. S338–S354.
5. Erbel R., Borner N., Steller D. et al. Detection of aortic dissection by transoesophageal echocardiography // *Br. Heart J.* 1987. V. 58. No. 1. P. 45–51.
6. Evangelista A., Garcia-del-Castillo H., Gonzalez-Alujas T. et al. Diagnosis of ascending aortic dissection by transesophageal echocardiography: utility of M-mode in recognizing artifacts // *J. Am. Coll. Cardiol.* 1996. V. 27. No. 1. P. 102–107.
7. Flachskampf F.A., Badano L., Daniel W.G. et al. Recommendations for transoesophageal echocardiography: update 2010 // *Eur. J. Echocardiogr.* 2010. V. 11. No. 7. P. 557–576.
8. Gorge G., Erbel R. Intravascular ultrasound for monitoring percutaneous fenestration of

- a membrane from an aortic dissection // *Dtsch. Med. Wochenschr.* 1996. V. 121. No. 51–51. P. 1598–1602.
9. Trerotola S.O. Use of a stone basket as a target during fenestration of aortic dissection // *J. Vasc. Interv. Radiol.* 1996. V. 7. No. 5. P. 687–690.
 10. Slonim S.M., Nyman U., Semba C.P. et al. Aortic dissection: percutaneous management of ischemic complications with endovascular stents and balloon fenestration // *J. Vasc. Surg.* 1996. V. 23. No. 2. P. 241–251.
 11. Williams D.M., Lee D.Y., Hamilton B.H. et al. The dissected aorta: percutaneous treatment of ischemic complications – principles and results // *J. Vasc. Interv. Radiol.* 1997. V. 8. No. 4. P. 605–665.
 12. Lee D.Y., Williams D.M., Abrams G.D. The dissected aorta: part II. Differentiation of the true from the false lumen with intravascular US // *Radiology.* 1997. V. 203. No. 1. P. 32–36.
 13. Koschyk D.H., Meinertz T., Hofmann T. et al. Value of intravascular ultrasound for endovascular stent-graft placement in aortic dissection and aneurysm // *J. Card. Surg.* 2003. V. 18. No. 5. P. 471–477.
 14. Koschyk D.H., Nienaber C.A., Knap M. et al. How to guide stent-graft implantation in type B aortic dissection? Comparison of angiography, transesophageal echocardiography, and intravascular ultrasound // *Circulation.* 2005. V. 112. No. 9. Suppl. P. I260–I264.
 15. Pearce B.J., Jordan W.D. Jr. Using IVUS during EVAR and TEVAR: improving patient outcomes // *Semin. Vasc. Surg.* 2009. V. 22. No. 3. P. 172–180.
 16. DiMusto P.D., Williams D.M., Himanshu H.J. et al. Endovascular management of type B aortic dissections // *J. Vasc. Surg.* 2010. V. 52. No. 4. Suppl. P. 26S–36S.
 17. Bartel T., Eggebrecht H., Muller S. et al. Comparison of diagnostic and therapeutic value of transesophageal echocardiography, intravascular ultrasonic imaging, and intraluminal phased-array imaging in aortic dissection with tear in the descending thoracic aorta (type B) // *Am. J. Cardiol.* 2007. V. 99. No. 2. P. 270–274.
 18. Kimoto S., Omoto R., Tsunemoto M. Ultrasonic tomography of the liver and detection of heart atrial septal defect with the aid of ultrasonic intravenous probes // *Ultrasonics.* 1964. V. 2. No. 2. P. 82–86.
 19. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике. Т. 1 / Под ред. В.В. Митькова. М.: Видар, 1996. 336 с.
 20. Цвибель В.Д., Пеллерито Д.С. Ультразвуковое исследование сосудов / Пер. с англ. под ред. В.В. Митькова. М.: Видар, 2008. 646 с.
 21. Hijazi Z.M., Shivakumar K., Sahn D.J. Intracardiac echocardiography during interventional and electrophysiological cardiac catheterization // *Circulation.* 2009. V. 119. No. 4. P. 587–596.
 22. Hijazi Z., Wang Z., Cao Q. et al. Transcatheter closure of atrial septal defects and patent foramen ovale under intracardiac echocardiographic guidance: feasibility and comparison with transesophageal echocardiography // *Cathet. Cardiovasc. Interv.* 2001. V. 52. No. 2. P. 194–199.
 23. Amin Z. Transcatheter closure of secundum atrial septal defects // *Cathet. Cardiovasc. Interv.* 2006. V. 68. No. 5. P. 778–787.
 24. Cao Q.L., Zabal C., Koenig P. et al. Initial clinical experience with intracardiac echocardiography in guiding transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects: feasibility and comparison with transesophageal echocardiography // *Cathet. Cardiovasc. Interv.* 2005. V. 66. No. 2. P. 258–267.
 25. Silvestry F.E., Kerber R.E., Brook M.M. et al. Echocardiography-guided interventions // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2009. V. 2. No. 3. P. 213–231.
 26. Bartel T., Eggebrecht H., Ebradlidze T. et al. Images in cardiovascular medicine. Optimal guidance for intimal flap fenestration in aortic dissection by transvenous two-dimensional and Doppler ultrasonography // *Circulation.* 2003. V. 107. No. 2. P. e17–e18.
 27. Swaminathan M., Lineberger C.K., McCann R.L., Mathew J.P. The importance of intraoperative transesophageal echocardiography in endovascular repair of thoracic aortic aneurysms // *Anesth. Analg.* 2003. V. 97. No. 6. P. 1566–1572.
 28. Eriksson M.O., Nyman R. The value of intravascular phased-array imaging in endovascular treatment of thoracic aortic pathology // *Acta Radiol.* 2011. V. 52. No. 3. P. 285–290.
 29. Weintraub A.R., Erbel R., Gorge G. et al. Intravascular ultrasound imaging in acute aortic dissection // *J. Am. Coll. Cardiol.* 1994. V. 24. No. 2. P. 495–503.
 30. Yamada E., Matsumura M., Kyo S., Omoto R. Usefulness of a prototype intravascular ultrasound imaging in evaluation of aortic dissection and comparison with angiographic study, transesophageal echocardiography, computed tomography, and magnetic resonance imaging // *Am. J. Cardiol.* 1995. V. 75. No. 2. P. 161–165.
 31. Alfonso F., Goicolea J., Aragoncillo P. et al. Diagnosis of aortic intramural hematoma by intravascular ultrasound imaging // *Am. J. Cardiol.* 1995. V. 76. No. 10. P. 735–738.
 32. Erbel R., Alfonso F., Boileau C. et al. Diagnosis and management of aortic dissection // *Eur. Heart J.* 2001. V. 22. No. 18. P. 1642–1681.
 33. Erbel R., Aboyans V., Boileau C. et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) // *Eur. Heart J.* 2014. V. 35. No. 41. P. 2873–2926.
 34. Fattori R., Botta L., Lovato L. et al. Malperfusion syndrome in type B aortic dissection: role of the endovascular procedures // *Acta Chir. Belg.* 2008. V. 108. No. 2. P. 192–197.

Value of Intravascular Phased-Array Probe in Diagnostics and Treatment of Aortic Dissection

*I.M. Goldina, E.Yu. Trofimova, L.S. Kokov, M.V. Parkhomenko,
N.R. Chernaya, V.V. Sokolov, A.V. Redkobodiyi, N.V. Rubzov
Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow*

I.M. Goldina – M.D., Ph.D., Leading Researcher, Ultrasound Diagnostics Department, Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow. E.Yu. Trofimova – M.D., Ph.D., Professor, Head of Scientific Ultrasound Diagnostics Department, Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow. L.S. Kokov – M.D., Ph.D., Professor, Head of Scientific Department of Interventional Radiology, Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow. M.V. Parkhomenko – M.D., Head of Department of Interventional Radiology, Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow. N.R. Chernaya – M.D., Ph.D., Senior Researcher, Department of Interventional Radiology, Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow. V.V. Sokolov – M.D., Ph.D., Professor, Head of Scientific Department of Heart Surgery, Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow. A.V. Redkobodiyi – M.D., Ph.D., Leading Researcher, Department of Heart Surgery, Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow. N.V. Rubzov – M.D., Ph.D., Researcher, Department of Heart Surgery, Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow.

Two clinical cases of the aortic dissection (DeBakey III) endovascular treatment with intravascular phased-array probe use are presented. Literature review is given as well. The disease was diagnosed by the aorta, iliac arteries, and lower extremities arteries ultrasound examination, computed tomography, and aortography. Aortic endovascular fenestration under intravascular ultrasound control was performed. Ultrasound investigation was performed using Acuson Sequoia 512 scanner (Siemens, Germany) equipped with the intravascular phased-array probe AcuNav applying B-mode, colour Doppler, and pulsed Doppler. Intravascular ultrasound allowed assessing hemodynamics in the true and false lumen of aorta and its branches during the aortic endovascular fenestration. Intravascular ultrasound allowed showing that endovascular fenestration makes the blood flow speed in the true aortic lumen equal to the false one. In conclusion, intravascular ultrasound allowed assessing hemodynamics before, during, and after the aortic fenestration and estimate fenestration efficacy.

Key words: *intravascular ultrasound, intravascular phased-array probe, aortography, aortic dissection, endovascular treatment, fenestration.*