

PRINCIPLES *of* VASCULAR *and* INTRAVASCULAR ULTRASOUND

STUART J. HUTCHISON, MD, FRCPC, FACC, FAHA

Clinical Professor of Medicine

University of Calgary

Departments of Cardiac Sciences, Medicine, and Radiology

Director of Echocardiography

Foothills Medical Center

Calgary, Ontario

Canada

KATHERINE C. HOLMES, RVT, RT(R)

Team Leader, Vascular Ultrasound Laboratory

Division of Cardiology

St. Michael's Hospital

Toronto, Ontario

Canada

ELSEVIER
SAUNDERS

Стюарт Дж. Хатчисон
Кэтрин К. Холмс

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА В АНГИОЛОГИИ И СОСУДИСТОЙ ХИРУРГИИ

Перевод с английского под редакцией
акад. РАН А.И. Кириенко
и канд. мед. наук Д.А. Чурикова



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2019

Stuart J. Hutchison, Katherine C. Holmes
**Principles of Vascular
and Intravascular Ultrasound**



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к изданию на русском языке.	7
Предисловие к изданию на английском языке.	9
Список сокращений и условных обозначений.	11
Участники издания.	12
1 Технические аспекты ультразвукового исследования сосудов.	13
2 Поражение сонных артерий и экстракраниальных отделов артерий головы.	35
3 Заболевания артерий верхних конечностей.	107
4 Артериовенозные фистулы.	125
5 Поражение артерий нижних конечностей.	144
6 Осложнения, связанные с катетеризацией.	190
7 Брюшной отдел аорты.	212
8 Патология почечных артерий.	245
9 Висцеральные артерии.	259
10 Заболевания вен верхних конечностей.	274
11 Заболевания вен нижних конечностей.	301
12 Внутрисосудистое ультразвуковое исследование.	340
13 Внутрисосудистое ультразвуковое исследование нисходящей части аорты и подвздошных артерий.	350
Приложения.	377
Предметный указатель.	397

Основные положения

- АВФ, в отличие от истинных сосудов, обычно расположены ближе к поверхности кожи, их можно легко пережать датчиком, имитируя сужение во время исследования. Таким образом, сканирование необходимо проводить со слабым надавливанием датчиком и с использованием большого количества геля.
- Скорость кровотока в зрелой и сильно расширенной АВФ ниже, чем в недавно сформированной АВФ и с меньшим диаметром вены. Наиболее информативным показателем в этом случае является объемный кровоток.

Гемодиализ впервые стали применять в 1962 г. в Сиэтле, хотя и с определенными ограничениями. Первая фистула для проведения гемодиализа была сформирована в 1966 г. До 1980 г. использовали относительно малые скорости диализного потока, и пациенты с небольшими венозными фистулами могли получать адекватный гемодиализ. С середины 1980 г. было установлено, что клиренс мочевины можно усилить путем увеличения скорости кровотока во время диализа, что вызывает лишь незначительное удлинение времени диализа. Это, в свою очередь, привело к более предпочтительному использованию трансплантатов, чем фистул, которые

были способны легко обеспечить необходимое увеличение потока и могли быть использованы в более ранние сроки после операции, чем фистулы.

В 1997 г. Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (Инициатива качества лечения заболеваний почек) опубликовала перечень научно обоснованных практических руководств по выбору сосудистого доступа [1]. Согласно данным рекомендациям, для гемодиализа предпочтительно использовать аутогенную артериовенозную фистулу (АВФ), чем применять синтетические трансплантаты. Несмотря на то что использование АВФ сопровождается более частым возникновением случаев их неэффективности, чем при применении артериовенозных трансплантатов, при использовании фистулы реже возникают инфекционные осложнения и тромбозы. К тому же при них реже требуются корректирующие вмешательства.

Существует множество различных вариантов АВФ. Более предпочтительными и наиболее часто используемыми являются фистулы на верхней конечности: радиоцефальная, брахиоцефальная и брахиобазиллярная транспозиция (рис. 4.1). Формирование брахиобазиллярной транспозиции чаще используется у пациентов с венами

небольшого диаметра в сравнении с радиоцефальной и брахиоцефальной фистулами. В данном случае выполняют транспозицию медиальной подкожной вены руки, при этом она не используется для венепункции, в связи с чем гораздо менее подвержена повреждениям по сравнению с латеральной подкожной веной предплечья, на более поверхностный (надфасциальный) уровень с помощью рассечения поверхностной фасции и проведения вены в положение, которое обеспечило бы более легкий доступ для диализной иглы (2,5–4 см в длину). Нормальным значением скорости объемного кровотока через АВФ считается >600 мл/мин.

В 20–50% случаев встречаются незрелые фистулы, что в основном обусловлено развитием стеноза в венозном анастомозе и в меньшей степени наличием крупных венозных ветвей [2].

ДУПЛЕКСНОЕ СКАНИРОВАНИЕ

Дуплексное сканирование используют для точного предоперационного измерения диаметра латеральной и медиальной подкожных вен руки (преимущественно вена диаметром >3 мм), а также для определения наличия или отсутствия стеноза либо хронического реканализированного тромбоза, вызванного травмирующим воздействием после ранее установленного катетера или проведенной венепункции.

Для оценки проходимости необходимо провести полное сканирование датчиком вен в области подмышечной впадины и ниже с компрессией по короткой оси с интервалами 1–2 см. Подключичная вена и проксимальная часть подмышечной вены обычно ненадолго спадаются при задержке дыхания на

вдохе. Если латеральная подкожная вена руки визуализируется глубже, чем обычно, измерение вены необходимо осуществлять по отношению к уровню кожи. Большинство хирургов также хотят знать, имеются ли значимые добавочные ветви сосудов (например, добавочная латеральная подкожная вена), в которые кровь может поступать из основного пути оттока.

Сканирование может быть односторонним и двусторонним, но недоминантная рука предпочтительна для создания сосудистого доступа. Наличие в анамнезе неудачных попыток создания доступа оказывает влияние на выбор сосуда, который будет использован для формирования фистулы.

Полное исследование верхних конечностей включает измерение диаметра лучевой артерии для выявления каких-либо признаков кальцификации стенки или стеноза, что может препятствовать расширению артерии после операции. Очень часто встречается высокая бифуркация плечевой артерии, наличие которой должно быть отражено в протоколе исследования. Протокол дуплексного исследования вен приведен в табл. 4.1.

Интерпретация результатов дуплексного исследования и представление данных

Сканирование вен: характеристики вен

Сжимаемость является основной характеристикой вен предплечья и плеча. Неполная сжимаемость, сопровождаемая внутрипросветной «кавитацией» в режиме серой шкалы, чаще возникает в результате утолщения стенки и реканализации организованного остаточного тромба. При поврежде-

ТАБЛИЦА 4.1. Протокол дуплексного исследования для вен верхней конечности

АНАТОМИЧЕСКИЙ СЕГМЕНТ ВЕНЫ	ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ	МЕТОД ДУПЛЕКСНОГО СКАНИРОВАНИЯ
Цефалическая вена. Предплечье/плечо	Исследование по короткой оси с компрессией и без нее. Диаметр: дистальный сегмент средний сегмент проксимальный сегмент	Серая шкала Серая шкала
Медиальная подкожная вена руки. Предплечье/плечо	Исследование по короткой оси с компрессией и без нее. Диаметр: дистальный сегмент средний сегмент проксимальный сегмент	Серая шкала Серая шкала
Плечевые вены	Исследование по короткой оси с компрессией и без нее	Серая шкала
Подмышечная вена	Исследование по короткой оси с компрессией и без нее. Исследование по длинной оси: дистальный сегмент средний сегмент проксимальный сегмент	Серая шкала Серая шкала/цветная доплерогра- фия/импульсно-волновая доплеро- графия/спектральная доплерография
Подключичная вена	Исследование по длинной оси: дистальный сегмент средний сегмент проксимальный сегмент	Серая шкала/цветная доплерогра- фия/импульсно-волновая доплеро- графия
Внутренняя яремная вена	Исследование по короткой оси. Исследование по длинной оси	Серая шкала. Серая шкала/цветная доплерография/ импульсно-волновая доплерография
Плечеголовная вена	Исследование по длинной оси	Серая шкала/цветная доплерогра- фия/импульсно-волновая доплеро- графия
Лучевая артерия	Исследование по короткой оси. Диаметр: дистальный сегмент. Исследование по длинной оси	Серая шкала Серая шкала/цветная доплерография/ импульсно-волновая доплерография
Плечевая артерия	Исследование по короткой оси. Исследование по длинной оси	Серая шкала. Серая шкала/цветная доплерогра- фия/импульсно-волновая доплеро- графия
Подмышечная артерия	Исследование по длинной оси	Серая шкала / цветная доплерогра- фия/импульсно-волновая доплеро- графия
Подключичная артерия	Исследование по длинной оси	Серая шкала/цветная доплерография/ импульсно-волновая доплерография
Плечеголовной ствол	Исследование по длинной оси	Серая шкала/цветная доплерография/ импульсно-волновая доплерография

дении стенок и тромбозах, вызванных предыдущей венозной катетеризацией, данные вены становятся непригодными для формирования фистулы для гемодиализа.

Признаки тромбоза глубоких вен

Несжимаемость сосуда

Вены, как правило, находятся в расправленном состоянии под действием низкого давления, в связи с чем легко сжимаются при небольшом давлении датчиком. При наличии венозного тромбоза внутрисосудистый тромботический материал изменяет характеристики вены, нарушая полностью ее визуализацию и сжимаемость. Компрессионные пробы лучше всего выполнять при визуализации по короткой оси, так как в данном случае можно быть уверенным в том, что плоскость изображения не перемещается в сторону сосуда и не дает ложного представления о компрессии, которая может наблюдаться при исследовании по длинной оси. Чаще всего мягкотканый материал в сосуде визуализируется на несжимаемых участках.

Обструкция просвета сосуда

Как правило, венозный кровоток характеризуется связью с фазами дыхательного цикла. Кроме того, в норме резкое сокращение мышц, располо-

женных дистальнее области исследования, приводит к увеличению потока крови через вены. При полной обструкции кровотока вследствие тромбоза глубоких вен спонтанность, фазность и аугментация кровотока исчезают. При частичной обструкции данные признаки просто ослабевают. Таким образом, показатели кровотока в некоторых случаях позволяют подтвердить наличие тромбоза глубоких вен. Однако с диагностической и лечебной точки зрения никакой разницы между окклюзионным и неокклюзионным тромбозами нет.

Исследование артерий

Необходимо определить показатели ПСС, проводя измерения вдоль артерии через каждые 2–3 см. При обнаружении поражения в режиме серой шкалы и ЦДК необходимо измерить ПСС проксимальнее места стеноза, внутри стенозированного участка и сразу же дистальнее него. Критерии окклюзионных заболеваний артерий приведены в табл. 4.2.

Послеоперационная оценка артериовенозной фистулы

В послеоперационном периоде дуплексное сканирование необходимо выполнять для выявления наличия или отсутствия окклюзионных поражений или аневризмы, а затем — для

ТАБЛИЦА 4.2. Критерии окклюзионного поражения артерий

ПОРАЖЕНИЕ	НАЛИЧИЕ БЛЯШЕК	ОТНОШЕНИЕ СКОРОСТИ	КРИВАЯ СКОРОСТИ КРОВОТОКА
Нет	Нет	Угол инсонации 60 градусов	Трехфазная/бифазная
<50%	Да	<2	Трехфазная/бифазная
50–99%	Да	>2	Бифазная/монофазная с постстенотической турбулентностью
Окклюзия	Да		Кровоток отсутствует

ТАБЛИЦА 4.3. Протокол дуплексного сканирования для артериовенозных фистул

АНАТОМИЧЕСКИЙ СЕГМЕНТ	ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ	МЕТОД ДУПЛЕКСНОГО СКАНИРОВАНИЯ
Артерия «хозяина»	Исследование по короткой оси: дистальный сегмент, средний сегмент	Серая шкала/цветная доплерография/ импульсно-волновая доплерография
	Исследование по длинной оси: дистальный сегмент, средний сегмент	Серая шкала/цветная доплерография/ импульсно-волновая доплерография
Венозный отток	Исследование по короткой оси	Серая шкала/цветная доплерография/ импульсно-волновая доплерография
	Исследование по длинной оси. Анастомоз: дистальный сегмент, средний сегмент, проксимальный сегмент	Серая шкала/цветная доплерография/ импульсно-волновая доплерография

определения их распространения и выраженности, а также для выявления расширенной сосудистой сети коллатералей, что могло бы привести к синдрому обкрадывания. Наиболее распространенными показаниями для исследования являются трудности в проведении катетеризации, высокое венозное давление во время гемодиализа, терапия после ангиопластики/тромболитической терапии, боль над областью доступа, отек конечности, локальное покраснение (возможная инфекция), пальпируемое объемное образование (гематома, серома, лимфоцеле).

Дуплексное сканирование при АВФ, как правило, необходимо проводить через 4–6 нед после операции, а затем с регулярными интервалами, в зависимости от предпочтений хирурга. Если пациенту обследование перед операцией проведено не было, необходимо провести полное дуплексное исследование вен и артерий верхней конечности.

При СД по возможности необходимо использовать угол сканирования 60 градусов и менее и контрольный объем около 1,5 мм. Следует получить

репрезентативные значения ПСС и конечной диастолической скорости кровотока. В дистальной части артерии, а также в вене выше анастомоза и дистальнее любого обнаруженного стеноза необходимо измерить объемный кровоток. Протокол дуплексного сканирования при АВФ представлен в табл. 4.3.

Осложнения, связанные с фистулами

Наиболее распространенные осложнения — тромбоз и стеноз. Ранний тромбоз часто становится следствием несовершенства хирургической техники, а также может быть связан с недиагностированной окклюзией проксимального отдела пути венозного оттока. Стеноз может быть обусловлен гиперплазией интимы в зоне венозного отдела анастомоза, оставшимся на этом участке клапаном или фиброзом в месте проведенной ранее венопункции.

Истинная аневризма

Истинная аневризма представляет собой локальное расширение артериальной стенки. Такое пульсирующее

объемное образование может быть визуализировано на изображениях в режиме серой шкалы. При наличии расслоения можно визуализировать лоскут интимы. В мешке аневризмы отмечаются турбулентный поток и внутрисосудистые гетерогенные эхосигналы, что позволяет предположить наличие тромба.

Ложная аневризма (псевдоаневризма)

Псевдоаневризма представляет собой пульсирующее образование, определяемое в режимах серой шкалы и ЦДК, которое соединяется с артерией с помощью «канала». Внутри канала отмечается характерный реципрокный высокоскоростной антеградный и ретроградный кровотоки («вперед и назад»). В теле псевдоаневризмы определяется турбулентный поток (выявляется в режимах ЦДК и СД).

Протокол сканирования

Необходимо измерить диаметр, длину и глубину расположения любого выявленного аневризматического поражения. Цветную доплерографию используют, когда необходимо определить анастомоз, изгиб или извилистость венозного участка. Необходимо измерить объемный кровоток в дистальной части артерии, вене выше анастомоза и дистальнее любого стеноза. Было установлено, что для адекватного диализа необходим объемный кровоток выше 500 мл/мин. Объемный кровоток обычно используют в качестве ориентира. Критерии степени выраженности стеноза АВФ при дуплексном сканировании перечислены в табл. 4.4.

Считается, что эффект «обкрадывания» ладонной дуги за счет оттока по фистуле встречается у 75–90% пациентов после создания доступа, при этом

ТАБЛИЦА 4.4. Критерии дуплексного исследования для определения выраженности стеноза артериовенозных фистул

ПОРАЖЕНИЕ	ВНУТРИПРОСВЕТНЫЕ ЭХОСИГНАЛЫ В РЕЖИМЕ СЕРОЙ ШКАЛЫ	ПИКОВАЯ СИСТОЛИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ, М/С	ОТНОШЕНИЕ ПРЕ-СТЕНОТИЧЕСКОЙ И ПОСТСТЕНОТИЧЕСКОЙ СКОРОСТЕЙ	ОБЪЕМНЫЙ КРОВОТОК, МЛ/МИН
Анастомоз				
Норма	Нет	<4	<3	
Стеноз <50%	Да	<4	<3	
Стеноз >50%	Да	>4	>3	
Окклюзия	Да, на всем протяжении	Кровоток отсутствует	–	
Венозный отток и артериальный приток				
Норма	Нет	<4	<2	>500
Стеноз <50%	Да	<4	<2	>500
Стеноз >50%	Да	>4	>2	<500
Окклюзия	Да, на всем протяжении	Кровоток отсутствует	–	–

обратный поток в лучевой артерии дистальнее анастомоза становится частой находкой при дуплексном сканировании [5]. В большинстве случаев «обкрадывание» протекает бессимптомно, хотя у некоторых пациентов возникает достаточно резкое снижение кровотока, что может привести к возникновению боли в руке в покое, а иногда, в экстремальных ситуациях, и к ишемии. Считается, что у данных пациентов имеются сопутствующие заболевания, являющиеся причиной сосудистого окклюзионного заболевания, при этом пациенты с сахарным диабетом особенно подвержены данному риску.

Артериовенозный трансплантат

Наиболее распространенное место сужения — вена «хозяина» проксимальнее венозного анастомоза. Необходимо исследовать тело трансплантата (графта), анастомозы, артерию и вену «хозяина». Протокол сканирования артериовенозных трансплантатов представлен в табл. 4.5.

Необходимо измерить диаметр, глубину залегания и длину любого выявленного абсцесса около трансплантата, также сужение диаметра в процентах, длину, диаметр и глубину расположения любой выявленной аневризмы.

Недоступность трансплантата чаще всего обусловлена инфекцией (медленное созревание), наличием псевдоаневризмы, дистальной ишемией конечности (непосредственный результат хронического «обкрадывания»), проксимальным венозным стенозом, «обкрадыванием» большими коллатеральными или тромбозом. Проксимальный венозный стеноз является предиктором нарушения функции трансплантата и, вероятно, должен быть учтен при коррекционных вмешательствах как на АВФ, так и протезных трансплантатах. Критерии дуплексного исследования артериовенозных трансплантатов приведены в табл. 4.6.

Другие диагностические критерии

- ❑ Аневризма венозного колена может образоваться в результате внезапного увеличения потока через нативную вену. Возникает локальное расширение вены, при этом в мешке аневризмы может присутствовать тромб.
- ❑ Псевдоаневризмы могут формироваться в месте прокола трансплантата.
- ❑ Неровности стенки визуализируются в виде разрыва просвета сосуда с возможным образованием

ТАБЛИЦА 4.5. Протокол сканирования для исследования артериовенозных трансплантатов

АНАТОМИЧЕСКИЙ СЕГМЕНТ	ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ	МЕТОД ДУПЛЕКСНОГО СКАНИРОВАНИЯ
	Исследование по короткой оси. Венозный анастомоз. Артериальный анастомоз. Тело трансплантата	Серая шкала/цветная доплерография/ спектральная доплерография
Артерия «хозяина»	Исследование по короткой оси: проксимальнее трансплантата	Серая шкала/цветная доплерография/ спектральная доплерография
Вена «хозяина»	Исследование по короткой оси: проксимальнее трансплантата	Серая шкала/цветная доплерография/ спектральная доплерография

ТАБЛИЦА 4.6. Критерии дуплексного исследования для артериовенозных трансплантатов

ПОРАЖЕНИЕ	ВНУТРИПРОСВЕТНЫЕ ЭХОСИГНАЛЫ В РЕЖИМЕ СЕРОЙ ШКАЛЫ	ПИКОВАЯ СИСТОЛИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ, М/С	ОТНОШЕНИЕ СКОРОСТИ	ОБЪЕМНЫЙ КРОВОТОК
Стеноз анастомоза				
Норма	Нет	<4	–	–
Стеноз >50%	Да	>4	>3	–
Тело трансплантата				
Норма	Нет	<4	–	>500 мл/мин
Стеноз >50%	Да	>4	>2	

лоскута интимы (не путать с сохраненными венозными клапанами).

- ❑ Тромб может быть окклюзионным и неокклюзионным.
- ❑ При развитии инфекции требуется исключение или подтверждение наличия жидкости в области трансплантата, центрального венозного стеноза или потери пульсации.
- ❑ Гематома может проявляться в виде смешанного или кистозного образования, прилежащего к сосуду.

Литература

1. NKF-DOQ1 clinical practice guidelines for hemodialysis adequacy. National Kidney Foundation // Am. J. Kidney Dis. 1997. Vol. 30, N 3. Suppl. 2. S15–S66.
2. Allon M., Robbin M. Increasing arteriovenous fistulas in hemodialysis patients: problems and solutions // Kidney Int. 2002. Vol. 62. P. 1109–1124.
3. Barbour M., Tinkler K., Boutin A. Duplex ultrasound evaluated against fistulogram findings in patients with renal dialysis arterial-venous fistula: a validation study at the Royal Free Hospital. Presented at the 13th Annual General Meeting of the Society for Vascular Technology of Great Britain. Harrogate, 2004.
4. Singh P., Robbin M., Lockhart M.E. Clinically immature arteriovenous hemodialysis fistulas: effect of US on salvage // Radiology. 2008. Vol. 246. P. 299–305.
5. Goldfield M., Koifman B., Loberant N. et al. Distal arterial flow in patients undergoing upper extremity dialysis shunting: a prospective study using Doppler sonography // AJR Am. J. Roentgenol. 2000. Vol. 175. P. 513–516.

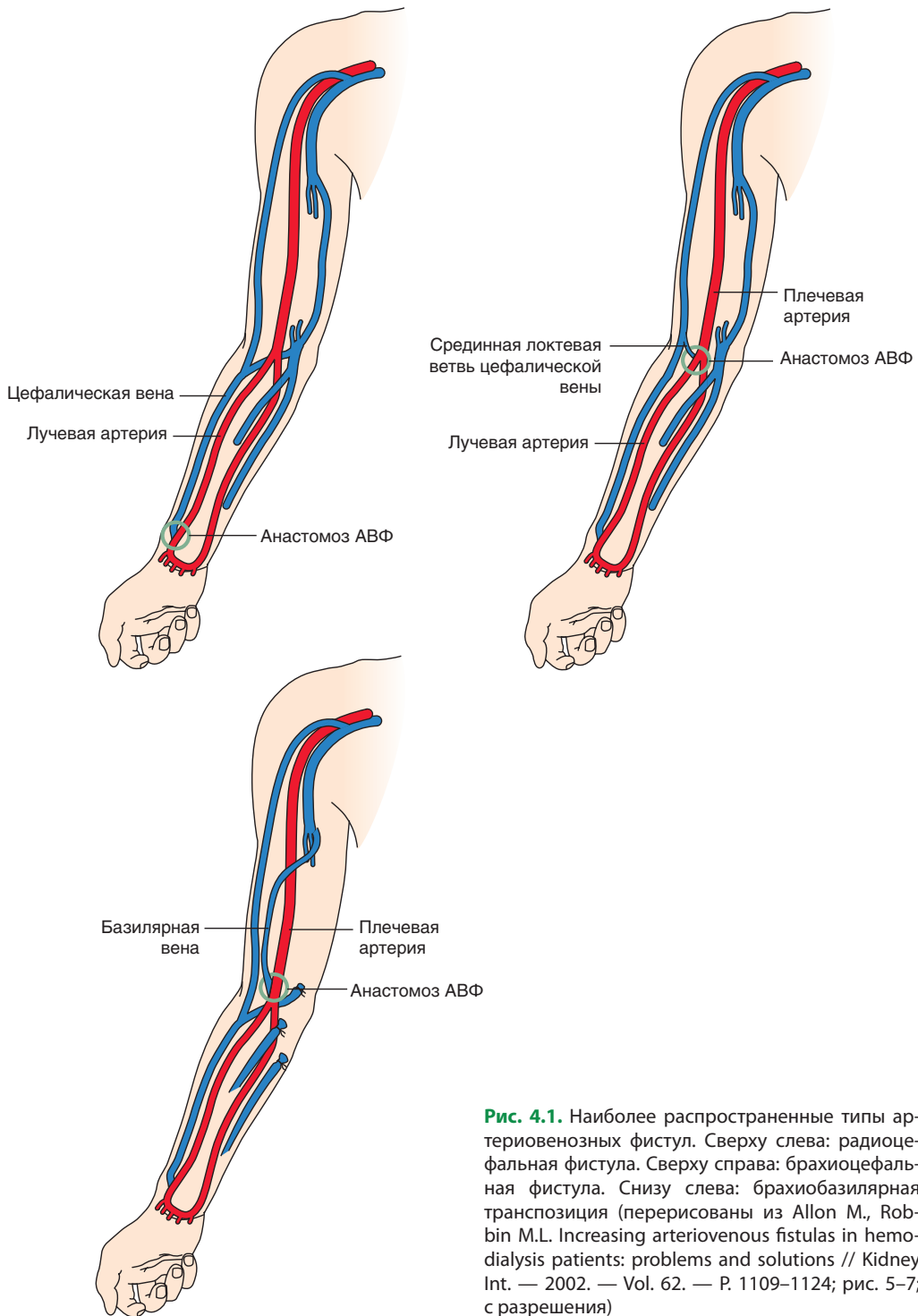


Рис. 4.1. Наиболее распространенные типы артериовенозных фистул. Сверху слева: радиоцефальная фистула. Сверху справа: брахиоцефальная фистула. Снизу слева: брахиобазиллярная транспозиция (перерисованы из Allon M., Robbin M.L. Increasing arteriovenous fistulas in hemodialysis patients: problems and solutions // *Kidney Int.* — 2002. — Vol. 62. — P. 1109–1124; рис. 5–7; с разрешения)

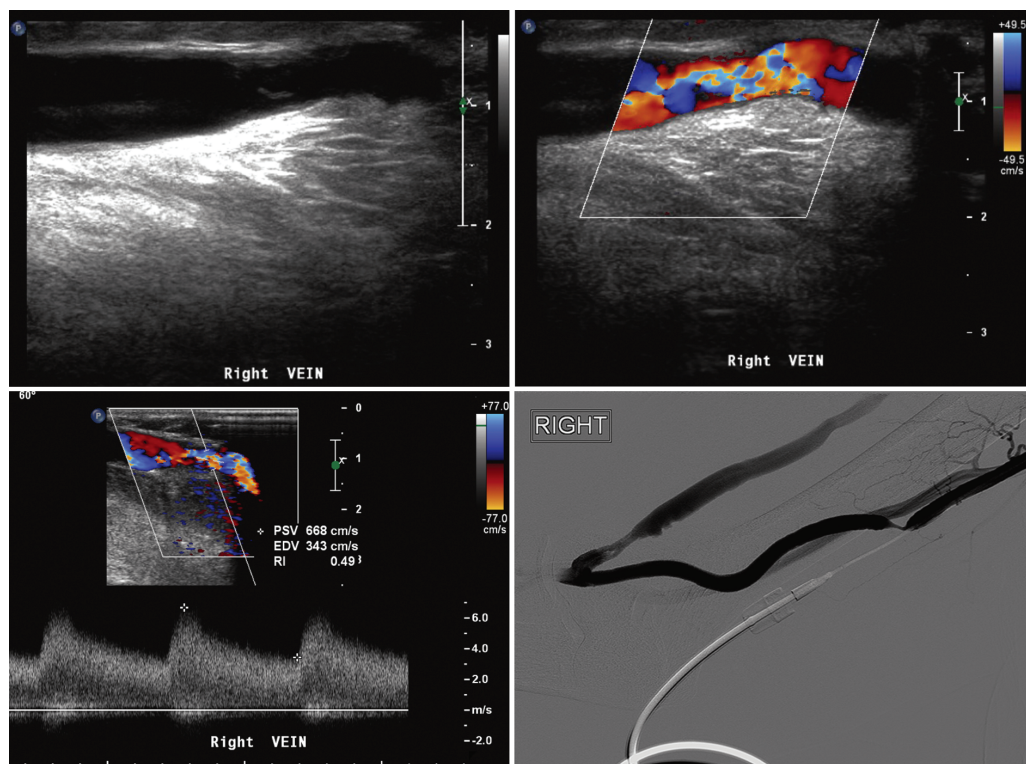


Рис. 4.2. Сверху слева: изображение в режиме серой шкалы в области локального сужения, которое определяется как выступающая створка клапана в латеральной подкожной вене правой руки. Сверху справа: изображение в режиме цветного дуплексного картирования в том же месте. Снизу слева: выраженное ускорение потока, обусловленное стенозом. Снизу справа: флебограмма, подтверждающая наличие стеноза

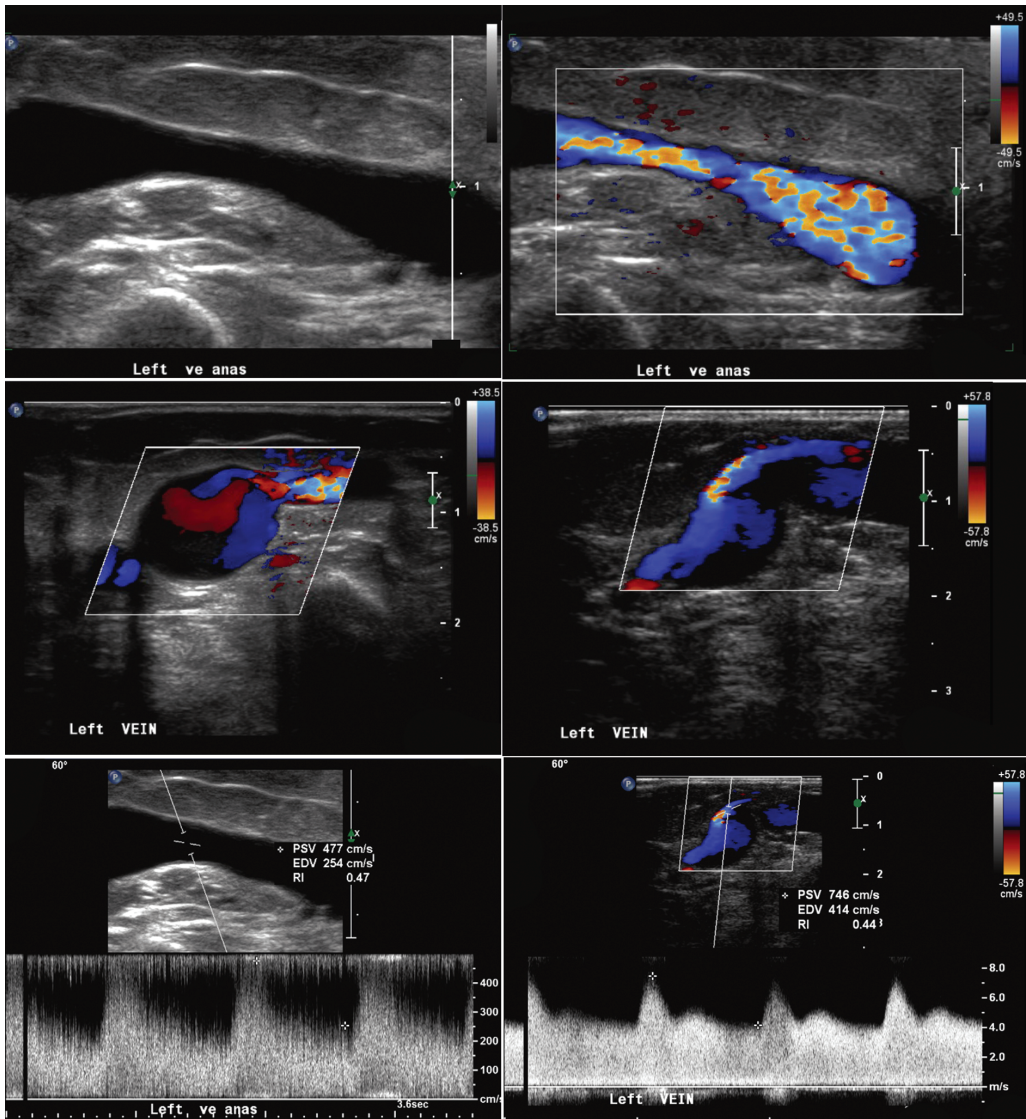


Рис. 4.3. Дуплексное исследование артериовенозной диализной фистулы со стенозом. Сверху слева и справа: на изображении в режиме серой шкалы и цветного дуплексного картирования в продольной проекции визуализируется сужение около артериовенозного анастомоза. Посередине слева и справа: вена и турбулентный поток около анастомоза в поперечной проекции. Снизу слева и справа: при спектральной доплерографии с импульсно-волновой доплерографией вдоль продольной и поперечной проекций визуализируется усиленный кровоток, обусловленный стенозом

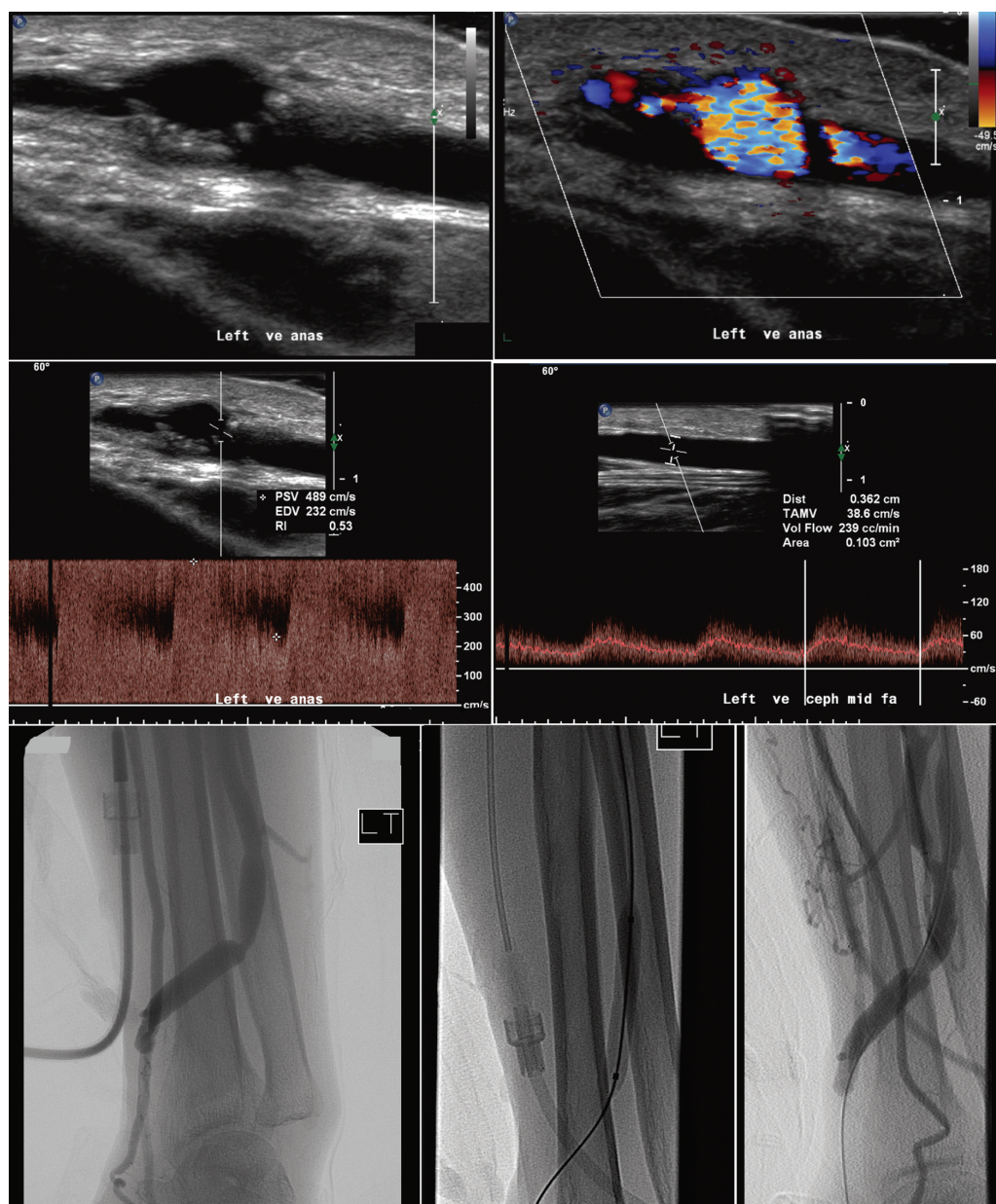


Рис. 4.4. Дуплексное исследование артериовенозной диализной фистулы со стенозом. Сверху слева и справа: в режиме серой шкалы и цветного дуплексного картирования по длинной оси определяется сужение вдоль хода вены. Посередине слева: турбулентный и усиленный венозный кровоток. Посередине справа: снижение объемного кровотока. Снизу слева — на ангиографическом изображении представлено место сужения внутри вены. Снизу слева и справа — визуализируется дилатация во время и после ангиопластики места стеноза

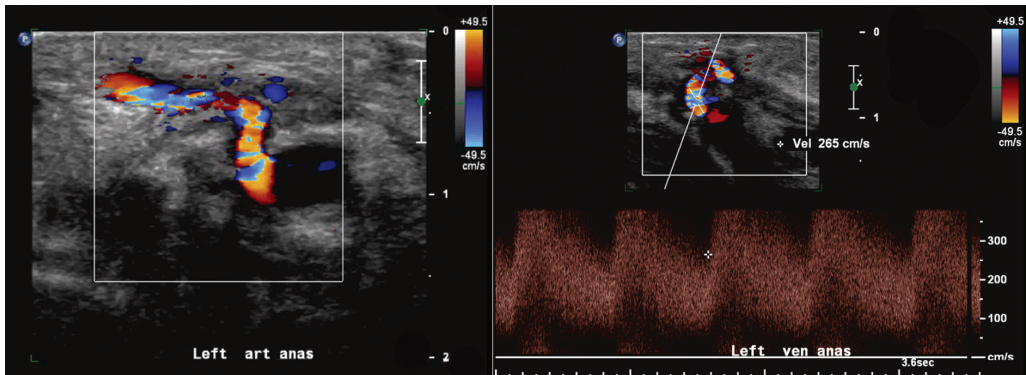


Рис. 4.5. Слева: сужение анастомоза, о наличии которого говорит реверберация цветного потока в тканях. Несмотря на то, что видимая непрямолинейность потока может быть причиной состояния, вызывающего увеличение скорости кровотока, данное наблюдение не является окончательным доказательством наличия внешнего давления на анастомоз. Справа отмечается значительно повышенная скорость кровотока, превышающая нормативные показатели

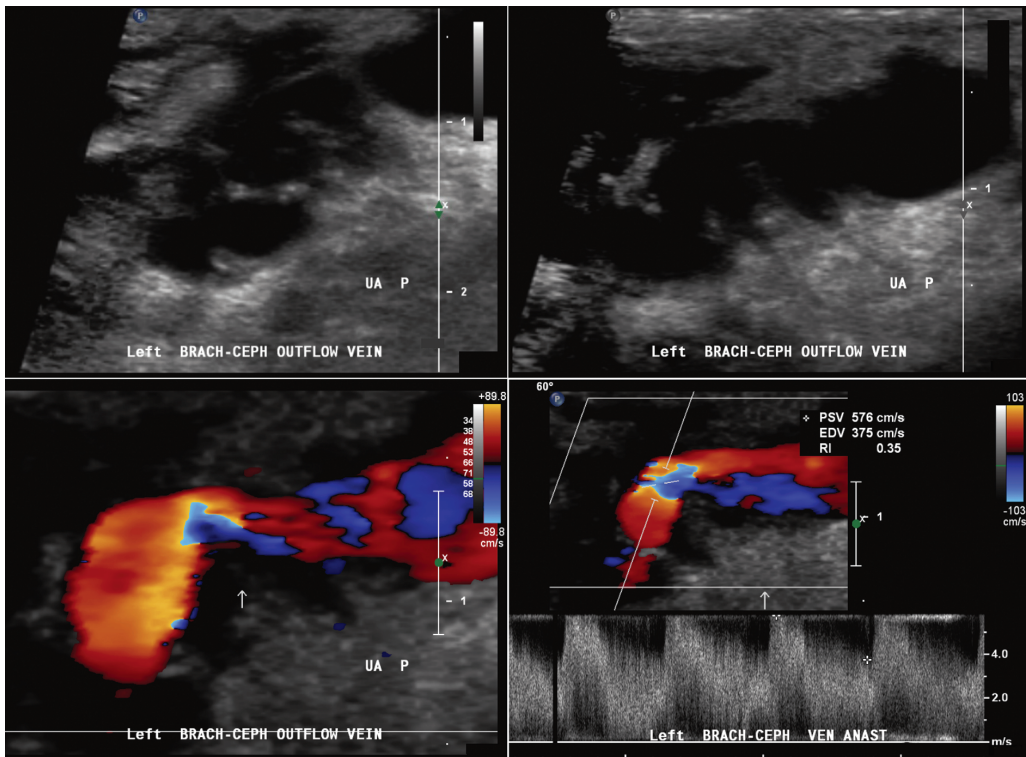


Рис. 4.6. Сверху слева и справа: в поперечной и продольной проекциях изображен венозный сегмент брахиоцефалической артериовенозной фистулы верхней конечности, где визуализируются 2 линейных эхосигнала, распространяющихся в просвет сосуда. Это скорее всего является выступающим клапаном. Снизу слева: визуализируются конвергенция цветного потока и турбулентный кровоток, соответствующие расположению одного из данных клапанов. Снизу справа: при спектральной доплерографии в области одного из клапанов отмечаются высокие пиковая и диастолическая скорости кровотока, обусловленные гемодинамически значимым стенозом

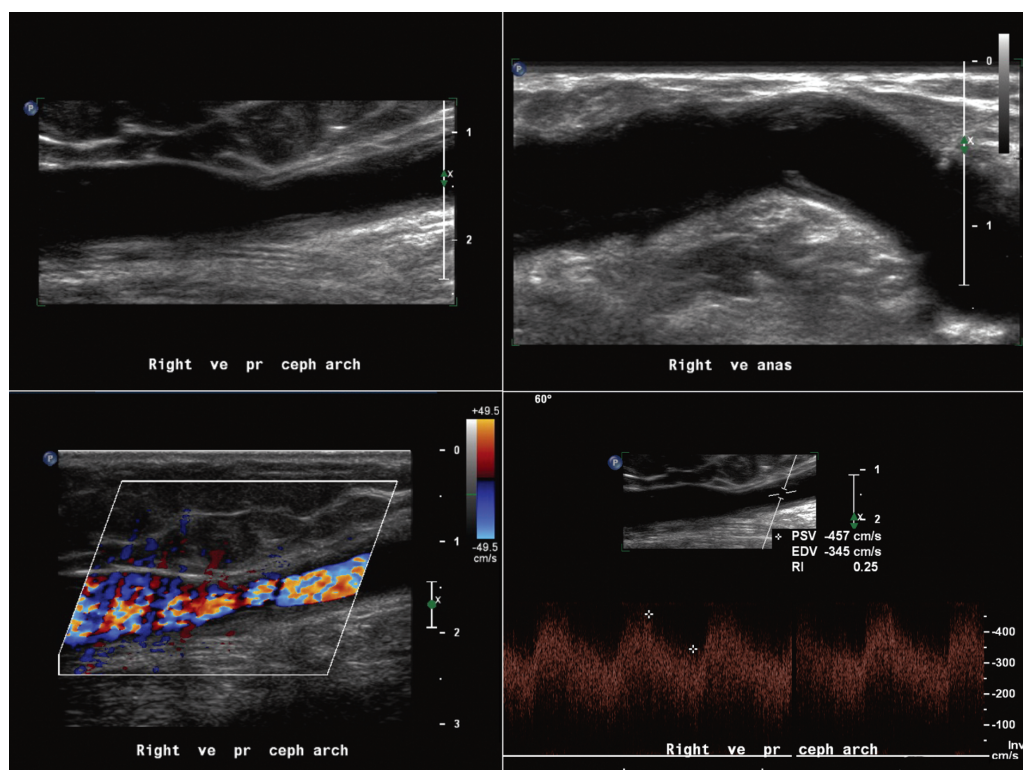


Рис. 4.7. Сверху слева: незначительное утолщение стенки венозного сегмента брахиоцефалической фистулы. Сверху справа: на изображении, полученном из фистулы проксимального отдела латеральной подкожной вены, визуализируются утолщение стенки и сужение с последующей постстенотической дилатацией. Снизу слева на изображениях в режиме цветного дуплексного картирования представлены дальнейшее сужение и реверберация в тканях, что предполагает наличие высокоскоростного кровотока. Снизу справа: повышение скорости кровотока, вызванное гемодинамически значимым стенозом

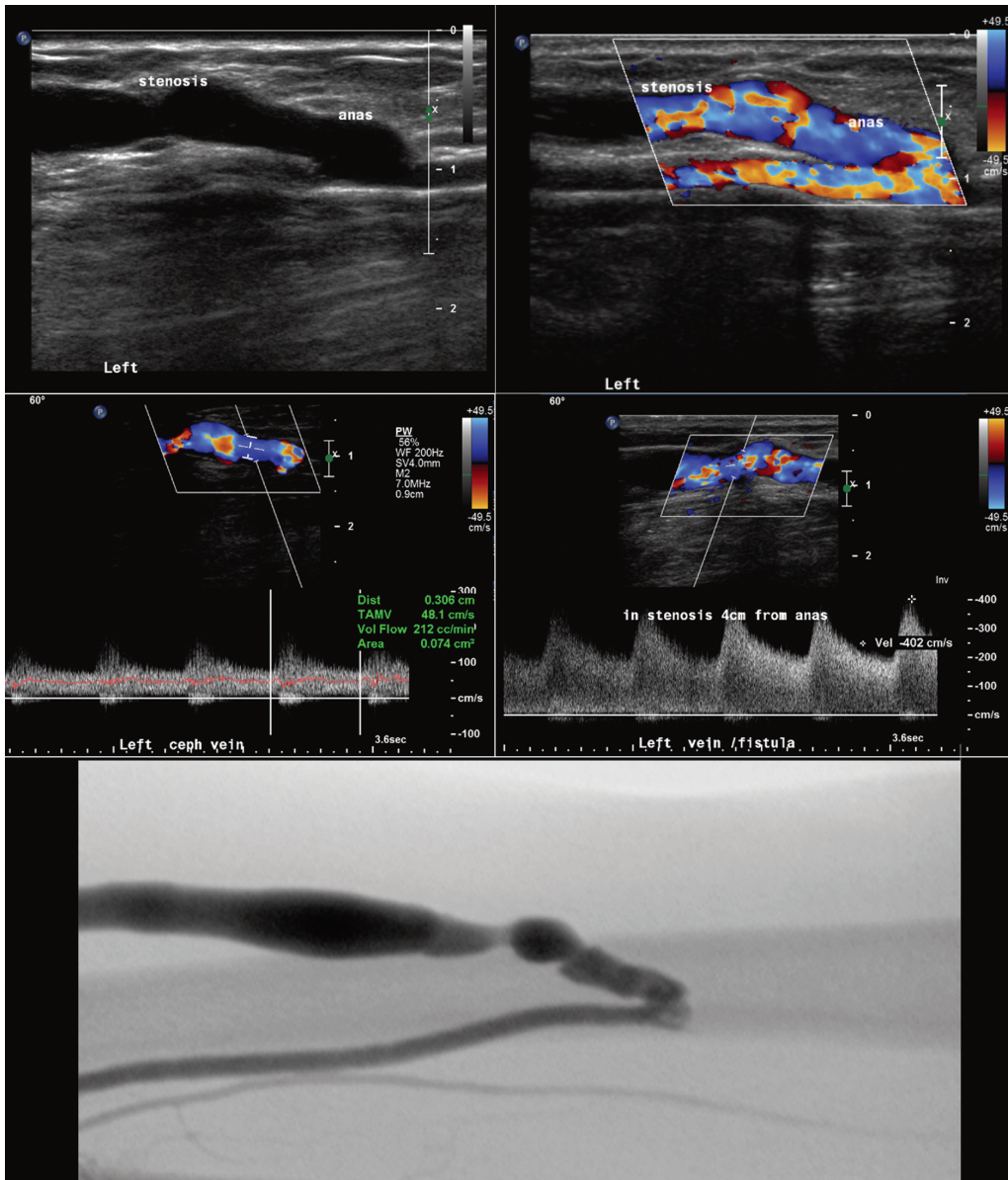


Рис. 4.8. Сверху слева и справа: сужение венозного сегмента фистулы на 4 см проксимальнее анастомоза. Объемный кровоток составляет менее 500 мл в минуту, что ниже нормы (посередине слева). При спектральной доплерографии (среднее справа) и фистулограмме (снизу) подтверждается наличие стеноза

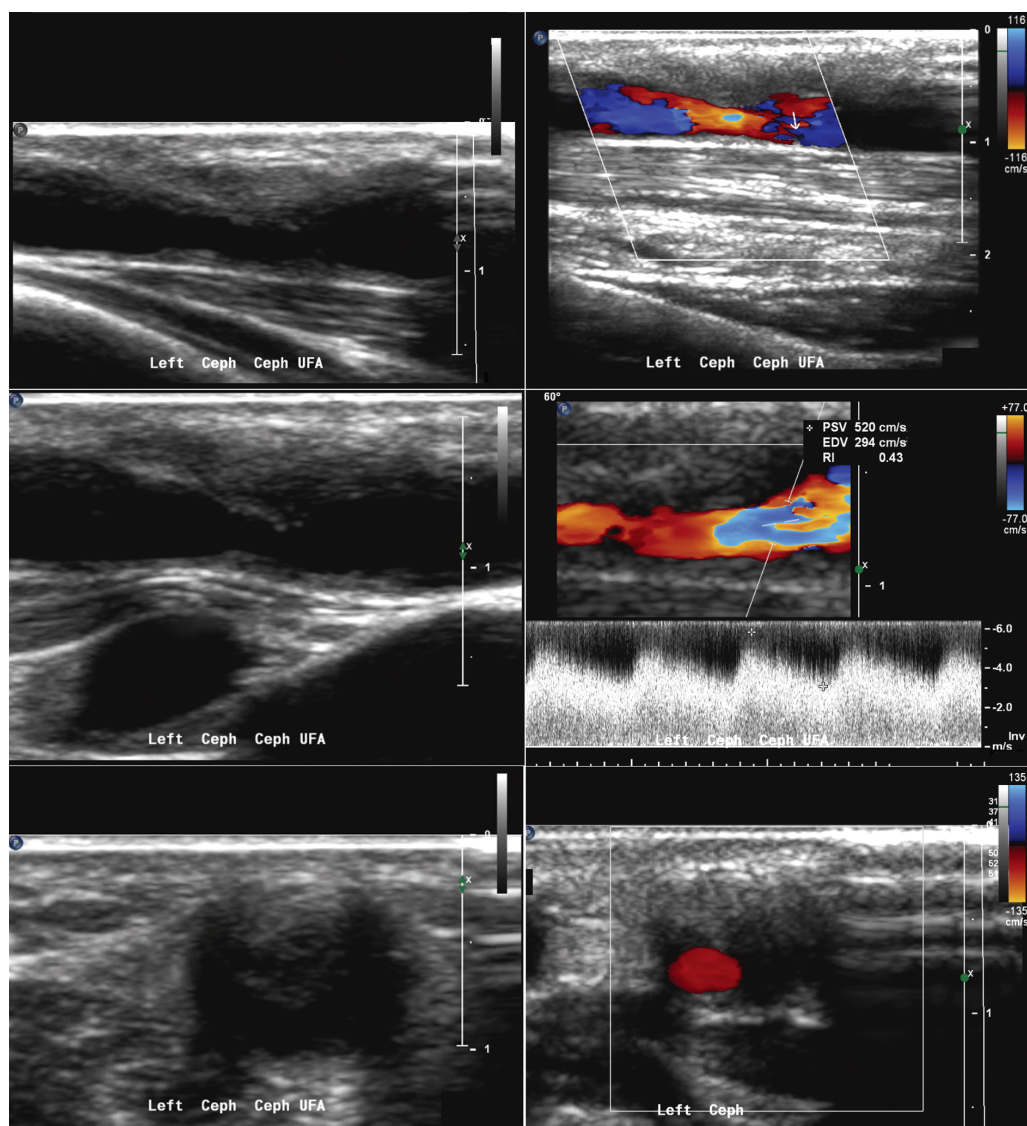


Рис. 4.9. Левые изображения: в режиме серой шкалы визуализируется место впадения артериовенозной фистулы предплечья в латеральную подкожную вену руки с гетерогенными внутрипросветными эхосигналами, что позволяет предположить наличие стеноза. Правые изображения: при цветной и спектральной доплерографии данное наблюдение подтверждается. В месте сужения формируется петля, используемая для повторной пункции

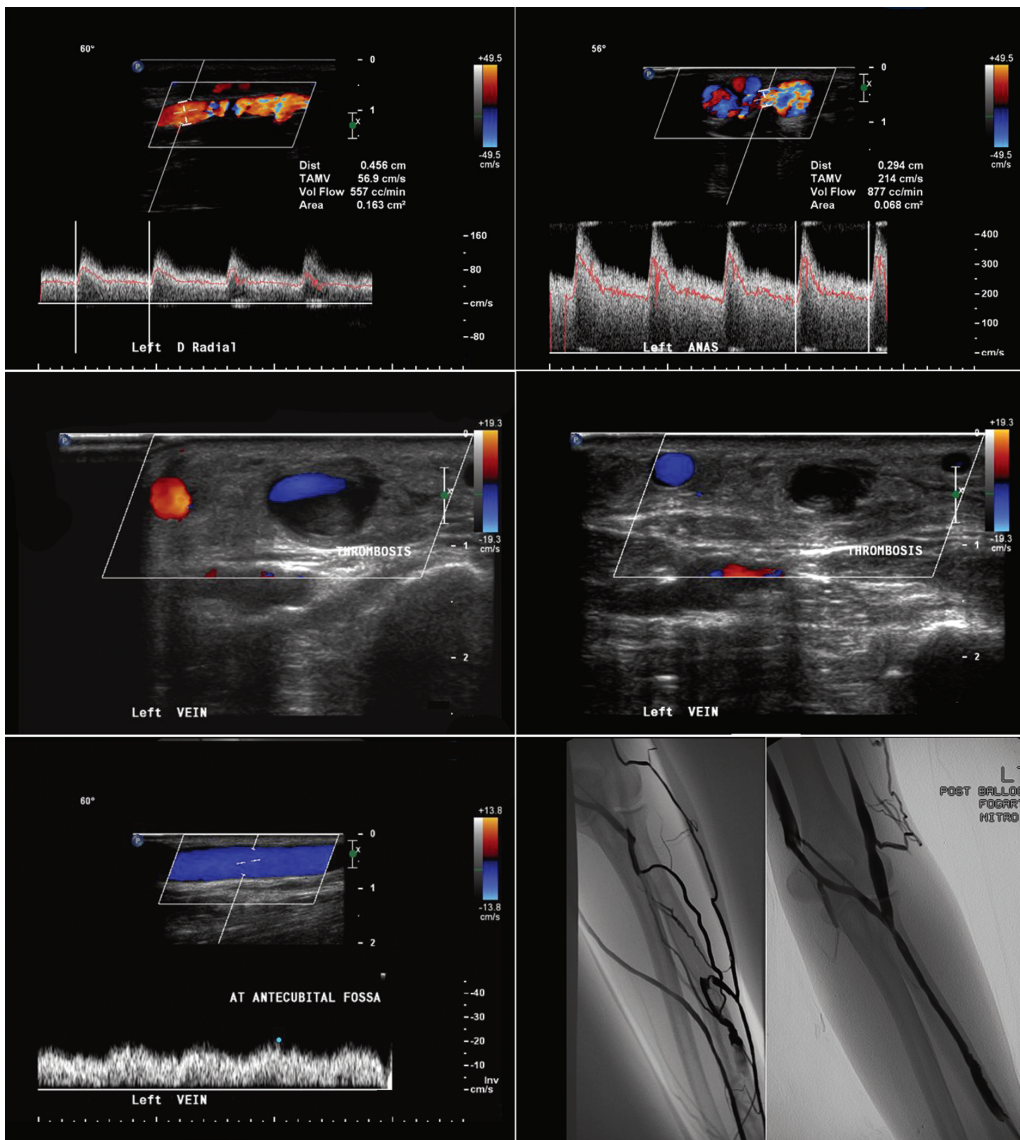


Рис. 4.10. Сверху слева и справа: в продольной проекции представлены нормальные объемный кровоток и скорость кровотока, что не позволяет предположить наличие патологии лучеголовной фистулы. Посередине слева: на изображении по короткой оси визуализируется неокклюзивный тромбоз основного ствола венозного сегмента фистулы. Посередине справа: на изображении, полученном проксимальнее, определяется его полная тромботическая окклюзия с наличием многочисленных коллатеральных ветвей. Снизу слева: снижение скорости кровотока с низкой амплитудой волны проксимальнее окклюзии в верхней части предплечья. Снизу посередине: фистулограмма отражает сегментарную окклюзию венозного сегмента и наличие, по крайней мере, одной большой коллатерали, что объясняет, почему объем кровотока в более дистальном сегменте оказался относительно устойчивым к окклюзии. Снизу справа: проходимость вены была восстановлена после ангиопластики

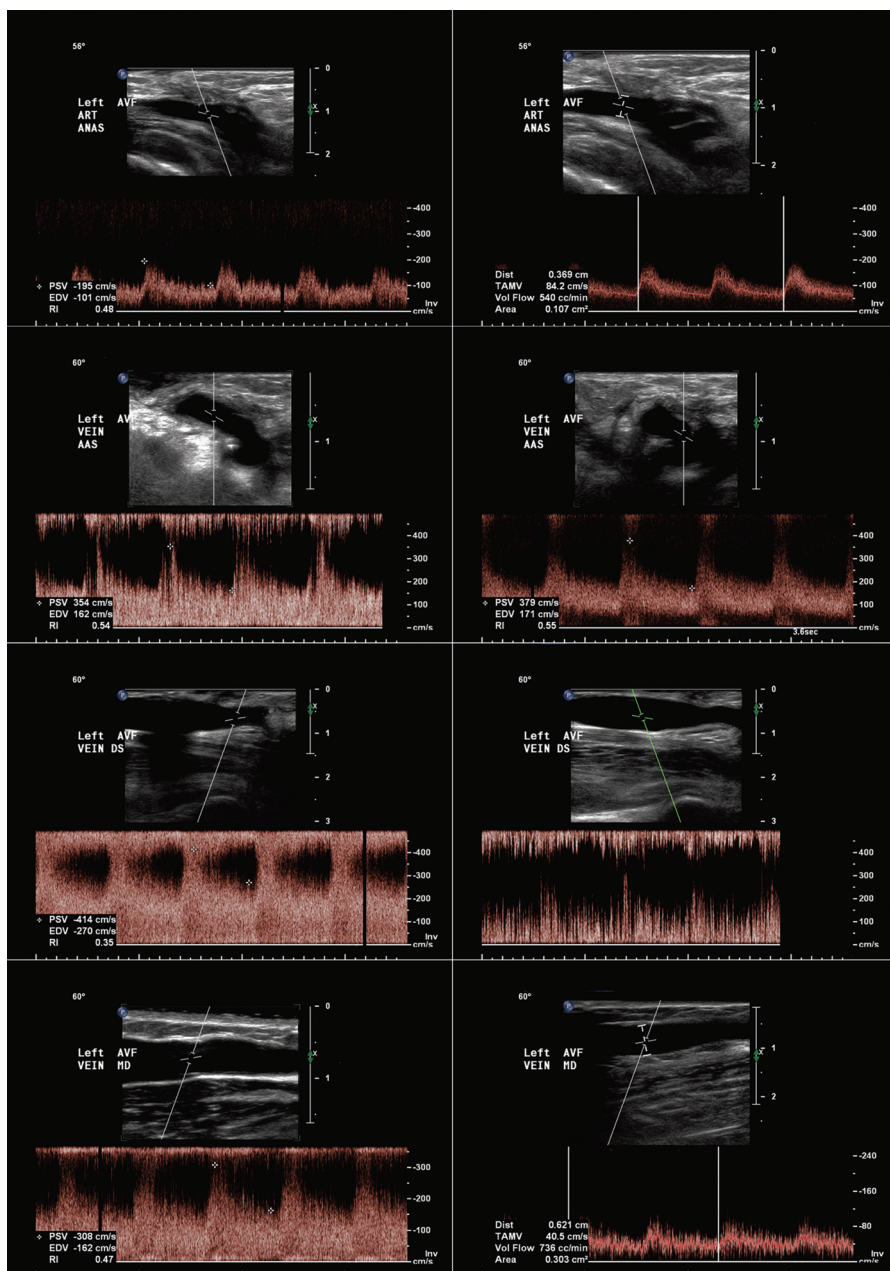


Рис. 4.11. Артериовенозная фистула в исходном состоянии: нормальные скорость кровотока и объемный кровоток в венозном и артериальном сегментах анастомоза. На третьем изображении справа определяется незначительное расширение венозной части анастомоза и в последующем неровный характер кровотока, связанный с изменением (увеличением) диаметра просвета

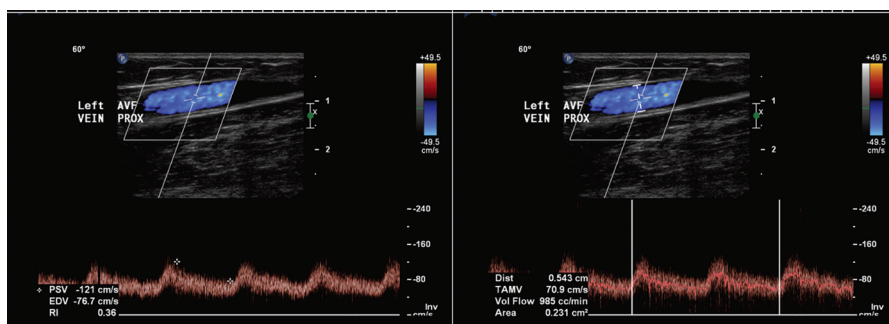


Рис. 4.11. Окончание. Артериовенозная фистула в исходном состоянии: нормальные скорость кровотока и объемный кровоток в венозном и артериальном сегментах анастомоза