

А.В.Холин, Е.В.Бондарева

Допплерография и дуплексное сканирование сосудов

Второе издание



Москва
«МЕДпресс-информ»
2019

УДК 616-079:616.1
ББК 53.4:54.102
Х71

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в любой форме и любыми средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Авторы:

Холин Александр Васильевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И.Мечникова» Минздрава РФ, автор более 2000 научных работ, в том числе нескольких монографий, член ряда зарубежных научных обществ;

Бондарева Елена Владимировна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И.Мечникова» Минздрава РФ, специалист в области ультразвукового исследования сосудов.

Холин, Александр Васильевич.

X71 Допплерография и дуплексное сканирование сосудов / А.В.Холин, Е.В.Бондарева. – 2-е изд. – Москва : МЕДпресс-информ, 2019. – 96 с. : ил.
ISBN 978-5-00030-670-3

Книга посвящена ведущему методу изучения кровотока – доплеровскому и дуплексному сканированию. Рассматриваются современные подходы к лучевой диагностике сосудистой патологии, обсуждаются принципы методов, их возможности, противопоказания, ограничения. Обсуждается современный междисциплинарный подход к проблеме. Освещены все основные вопросы методологии и диагностики патологий методом доплеровского сканирования. Особое внимание уделено информативности исследований. Представлены последние данные литературы и богатый собственный опыт. Книга хорошо иллюстрирована схемами и рисунками, что делает материал доступным для широкого круга специалистов, как опытных, так и начинающих.

Монография рекомендована для врачей ультразвуковой и функциональной диагностики, а также для широкого круга врачей клинических специальностей – невропатологов, нейрохирургов, патофизиологов, сосудистых хирургов, флебологов.

УДК 616-079:616.1
ББК 53.4:54.102

ISBN 978-5-00030-670-3

© Холин А.В., Бондарева Е.В., 2015
© Оформление, оригинал-макет, иллюстрации.
Издательство «МЕДпресс-информ», 2015

Содержание

Список сокращений	4
Введение	5
1. Исследование сосудов, питающих головной мозг	7
1.1. Артериальное и венозное кровоснабжение головного мозга	7
1.2. Методика доплерографии и дуплексного сканирования сосудов головного мозга	15
1.3. Методика доплерографии и дуплексного сканирования экстракраниальных сосудов	31
1.4. Клиническое применение и интерпретация результатов исследования	39
1.5. Информативность исследования	54
2. Исследование кровотока в артериях нижних конечностей	67
2.1. Анатомия сосудистого русла и типы кровотока в нижних конечностях в норме	67
2.2. Окклюзия и стеноз артерий	69
2.3. Заболевания периферических артерий	71
2.4. Окклюзия обходных сосудов	72
2.5. Сосудистые аневризмы, мальформации и расслоения	74
3. Исследование кровотока в периферических венах нижних конечностей	77
3.1. Анатомия венозного русла нижних конечностей	77
3.2. Типы венозного кровотока в норме	79
3.3. Клиническая картина острого тромбоза глубоких вен нижних конечностей	79
3.4. Ультразвуковая картина нарушений венозного оттока	80
3.5. Острый венозный тромбоз	80
3.6. Ультразвуковая картина хронического венозного тромбоза нижней конечности	83
3.7. Сравнение ультразвуковой картины острого и хронического тромбоза глубоких вен нижней конечности	84
4. Исследование кровотока в артериях верхних конечностей	85
4.1. Анатомия артерий верхних конечностей и методика исследования кровотока в них	85
4.2. Окклюзия и стеноз артерий верхних конечностей	86
5. Исследование кровотока в венах верхних конечностей	89
5.1. Анатомия вен верхних конечностей и методика исследования кровотока в них	89
5.2. Тромбоз глубоких вен верхней конечности	91
Заключение	92
Литература	93

Существует несколько методов исследования сосудистого русла. Цифровая субтракционная ангиография (ЦСА) служит «золотым стандартом» визуализации сосудов. Однако это дорогостоящая хирургическая процедура, которая непригодна для скрининга и, главное, не характеризует гемодинамику. Теми же недостатками страдает и компьютерно-томографическая ангиография (КТА), хотя она и позволяет изучать перфузию. Отображение сосудов при магнитно-резонансной ангиографии (МРА) существенно зависит от особенностей кровотока, и хотя этот метод позволяет измерить скорость кровотока, он слишком сложен и неточен.

Транскраниальная доплерография (ТКДГ) – неинвазивный ультразвуковой метод исследования, позволяющий измерить скорость кровотока и определить его направление в крупных внутричерепных сосудах. С тех пор как в 1982 г. Aaslid впервые выполнил ТКДГ внутричерепных артерий, она стала поистине массовым методом исследования артериального кровотока. Напротив, в исследовании венозного кровотока ТКДГ делает первые шаги. Огромным прогрессом в изучении сосудов явилось дуплексное сканирование (ДС), сочетающее возможность ультразвуковой визуализации и доплеровского измерения скорости кровотока.

ТКДГ зависит от умения и опыта исследователя. Главными преимуществами ТКДГ являются: возможность выполнения ее у постели больного, повторения по мере необходимости, а также мониторингования кровотока в сосудах мозга. Кроме того, этот метод дешевле других и при обычном исследовании не требует контрастирования. Несмотря на то что патологические изменения затрагивают, прежде всего, крупные сосуды, питающие мозг, тем не менее возможность применения ТКДГ для исследования только крупных сосудов является главным ограничением этого метода. Дан-

ное ограничение относится также к МРА и КТА. Даже ЦСА может быть недостаточно информативной, если визуализируются не все сосуды, имеющие отношение к патологическому процессу.

Применяя ТКДГ, надо всегда помнить, что значение скорости кровотока, полученное для конкретной артерии, лишь приближенно отражает истинный кровоток. Кровоток зависит от многих факторов. Однако измеряемые при ТКДГ скорости кровотока и расчетные показатели хорошо коррелируют с выраженностью патологических процессов в сосудах.

Атеросклероз артерий нижних конечностей является распространенной патологией в пожилом возрасте. Частота ее в популяции у лиц старше 50 лет составляет около 1%. Атеросклероз поражает преимущественно бедренную и подколенную артерии. Атеросклеротическая окклюзия чаще всего локализуется в области гунтерова канала. Просвет артерии может быть сужен или полностью закупорен атеросклеротической бляшкой и продолженным тромбом. Гораздо реже окклюзия связана с облитерирующим эндартериитом, тромбангиитом (болезнь Бюргера) или неспецифическим аортоартериитом. При этих заболеваниях в процесс чаще вовлечены артерии голени. Облитерирующим эндартериитом болеют почти исключительно молодые мужчины от 20 до 40 лет.

Клинические проявления при окклюзии артерий нижних конечностей сводятся к перемежающейся хромоте разной степени выраженности, парестезиям, судорогам, похолоданию стоп. Клиническое обследование, включающее функциональные тесты, очень важно, так как дает представление о тяжести и компенсации процесса. Дальнейшее лучевое исследование необходимо для уточнения локализации, протяженности и степени окклюзии, а также развития кол-

латералей. Инструментальное исследование начинают с ДС, которое позволяет подтвердить окклюзию и уточнить ее степень. Метод достаточно точен и легкодоступен. Следующим этапом при необходимости может быть ангиографическое исследование.

Под тромбозом глубоких вен понимают образование в глубоких венах, залегающих в толще мышц (наиболее часто нижних конечностей), сгустка крови (тромба). Частота тромбоза глубоких вен нижних конечностей в популяции составляет примерно 1 случай на 1000 человек. Тромбозы глубоких вен имеют несколько этиологических факторов. Главными из них служат замедление скорости кровотока (венозный стаз), повреждение сосудистой стенки и повышение коагуляционных свойств крови (триада Вирхова). Тромбоз глубоких вен нижних конечностей развивается в 5–10% случаев варикозной болезни и бывает связан с венозным застоем, обусловленным повышением гидростатического давления крови из-за препятствия ее оттоку. Реже наблюдаются тромбозы воспалительной этиологии, а также тромбозы, обусловленные нарушением системы гемостаза и прямым повреждением вен. Развитию тромбоза глубоких вен способствует ряд факторов. Благоприятные условия для развития тромбоза создаются при длительной иммобилизации, при курении, применении пероральных гормональных контрацептивов. Риск развития тромбоза увеличивается с возрастом. Тромбоз глубоких вен опасен отрывом тромба с развитием тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА). Примерно

90% случаев ТЭЛА обусловлены тромбозом глубоких вен. Хронический процесс приводит к венозной недостаточности. Активация системы гемостаза, которая приводит к развитию тромбоза, сопровождается появлением в кровотоке специфических маркеров. В клинической практике для диагностики тромбоза из всех маркеров активации гемостаза наибольшей диагностической ценностью обладают D-димеры. Нормальные результаты теста на D-димер у лиц со слабовыраженной клинической симптоматикой являются основанием для исключения диагноза тромбоза вен. Около 40% таких пациентов не нуждаются в дальнейшем дообследовании. Стандартным подходом к обследованию пациентов, у которых подозревают тромбоз глубоких вен, является выполнение ультразвукового исследования (УЗИ). Применение нашли и более сложные методы. Компьютерно-томографическая венография обладает достаточно высокой диагностической точностью, но требует введения йодсодержащего контрастного вещества и сопровождается высокой лучевой нагрузкой. Магнитно-резонансная венография дает много ложноположительных результатов. Наиболее целесообразно ее применение для исследования вен таза, так как УЗИ в этом случае малоинформативно. Классическую рентгеноконтрастную венографию выполняют в последнюю очередь и только по особым показаниям, например, у тучных пациентов или при выраженном отеке ноги, когда УЗИ дает неопределенные результаты.

Исследование сосудов, питающих головной мозг

1.1. Артериальное и венозное кровоснабжение головного мозга

Артериальная система

Головной мозг кровоснабжается из переднего (каротидного) и заднего (вертебрального) сосудистых бассейнов. Каротидный бассейн начинается от дуги аорты, от которой отходят 3 ветви: плечеголовный ствол, левая общая сонная (ОСА) и левая подключичная артерия. Правая ОСА отходит от плечеголовного ствола, который вместе с левой ОСА отходит от дуги аорты. Встречается вариант, когда правая подключичная артерия отходит от аорты, причем в этом случае она является первой ее ветвью.

ОСА делится на внутреннюю сонную артерию (ВСА) и наружную сонную (НСА) артерии. Бифуркация ОСА обычно находится на уровне четвертого шейного позвонка или верхней границы щитовидного хряща. У детей место бифуркации выше, чем у взрослых, и соответствует уровню позвонков С2–С3.

НСА находится спереди от ВСА и медиальнее, но в редких случаях встречается латеральное ее расположение.

ВСА начинается от бифуркации ОСА или редко непосредственно от плечеголовного ствола либо аорты. ВСА делится на 4 основных отдела: шейный, каменистый, кавернозный и церебральный, или терминальный (супраклиноидный) (см. рис. 1.1).

В шейном отделе ВСА (см. рис. 1.2) направляется вертикально вверх до входа в каротидный канал височной кости, пересекая по ходу НСА и переходя из латерального положения в медиальное. В этом отделе от ВСА ветви не отходят. Вместе с внутренней яремной веной и блуждающим нервом ВСА образует единый сосудисто-нервный пучок.

Вход в каротидный канал находится спереди от яремного отверстия. Отсюда начинается каменистый отдел ВСА, расположенной в каменистой части височной кости (см. рис. 1.3). Первый сегмент длиной 1 см направлен вертикально. Второй сегмент идет горизонтально (его называют также каротидным сифоном), формируя колено в переднемедиальном направлении, после чего выходит из каротидного канала, переходя в кавернозный отдел.

Кавернозный отдел (см. рис. 1.4) первоначально поднимается вверх к заднему наклоненному отростку, а затем направляется вперед в желобе на латеральной поверхности клиновидной кости, после чего резко поворачивает назад у медиального края переднего наклоненного отростка. Здесь артерия прободает твердую мозговую оболочку и входит в субарахноидальное пространство. Короткий сегмент от выхода из каротидного канала до входа в кавернозный синус (латерально и кзади от турецкого седла, над рваным отверстием и под гассеровым узлом) называется прекавернозным, или преселлярным. Внутри кавернозного синуса расположен интракавернозный (юкстаселлярный) сегмент. Он идет вперед и несколько медиально по боковой поверхности турецкого седла, вместе с VI, III и IV черепными нервами, глазничной и верхнечелюстной ветвями V черепного нерва.

От места прободения твердой мозговой оболочки у медиального края переднего наклоненного отростка начинается супраклиноидный сегмент (см. рис. 1.5). Он идет назад латерально и вверх, где разделяется на переднюю и среднюю мозговые артерии.

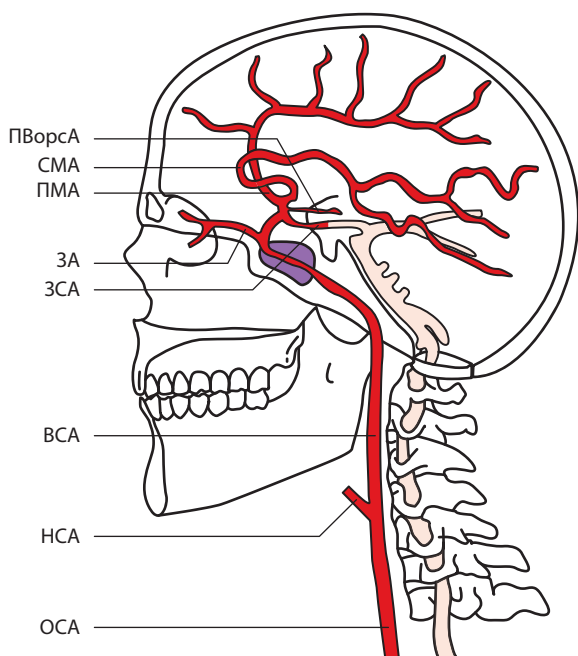


Рис. 1.1. Схематическое изображение системы сонных артерий в сагиттальной плоскости. ОСА – общая сонная артерия, НСА – наружная сонная артерия, ВСА – внутренняя сонная артерия, ГА – глазная артерия, СМА – средняя мозговая артерия, ПМА – передняя мозговая артерия, ПВорса – передняя ворсинчатая артерия, ЗСА – задняя соединительная артерия.

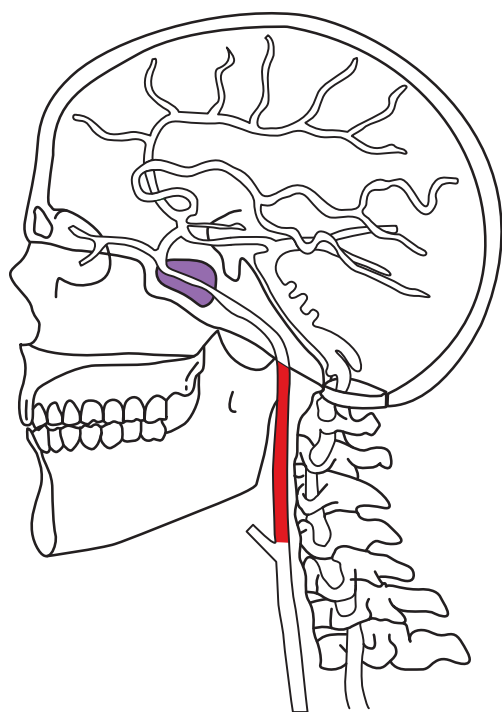


Рис. 1.2. Схематическое изображение ВСА, красным цветом выделен шейный отдел.

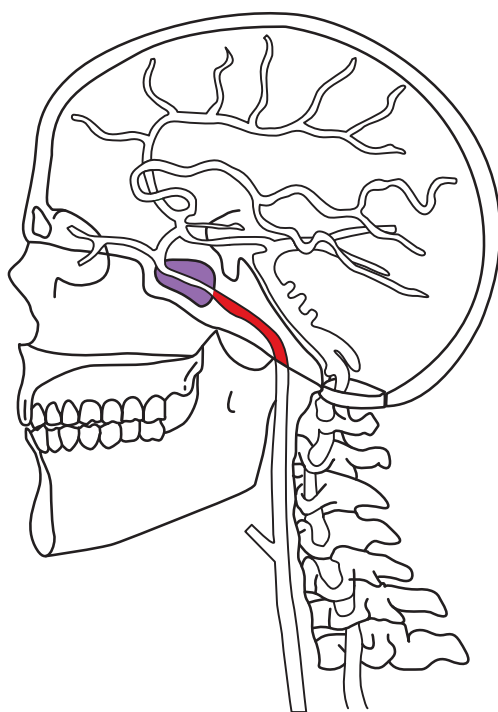


Рис. 1.3. Схематическое изображение ВСА, красным цветом выделен каменный отдел.

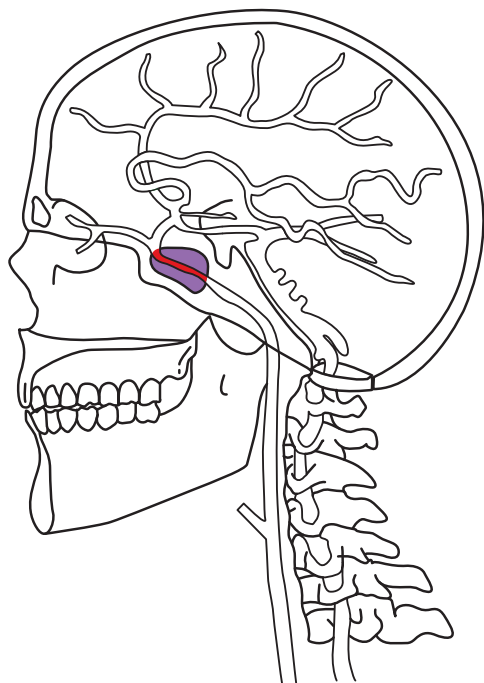


Рис. 1.4. Схематическое изображение ВСА, красным цветом выделен кавернозный отдел.

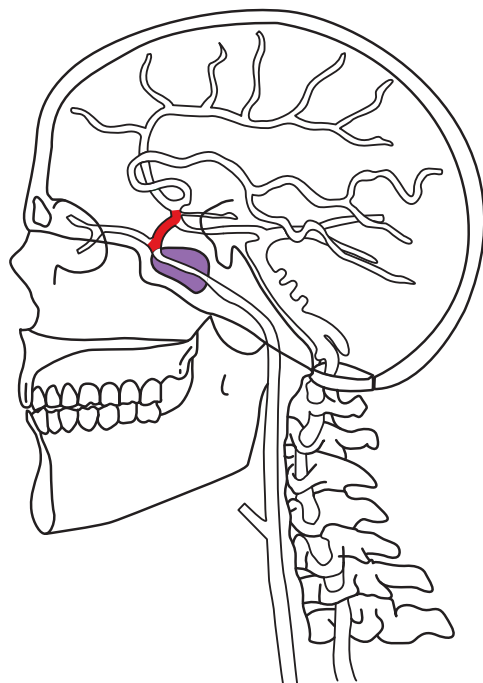


Рис. 1.5. Схематическое изображение ВСА, красным цветом выделен супраклиноидный сегмент.

От супраклиноидного сегмента ВСА отходят три основные ветви: глазная артерия (a. ophthalmica) – от передней стенки – проникает в зрительный канал, задняя соединительная артерия (ЗСА) – от заднемедиальной стенки – направляется назад к задней мозговой артерии (ЗМА) и передняя ворсинчатая артерия (a. chorioidea anterior) – от задней стенки – направляется назад латеральнее ЗСА (рис. 1.6), через цистерну, окружающую средний мозг, к ворсинчатому сплетению. Ворсинчатая артерия – последняя ветвь ВСА, но иногда отходит от средней мозговой артерии (СМА). Питает сосудистое сплетение боковых и III желудочка мозга, зрительный перекрест, внутреннюю капсулу, латеральное колленчатое тело, хвост хвостатого ядра, бледный шар, гиппокамп, миндалевидный комплекс, черную субстанцию, красное ядро, ножки мозга. Как правило, это небольшая тонкая ветвь, не визуализируемая при ДС или МРА, но изредка она бывает гиперплазированной до размеров ЗМА, располагаясь в начальной ее части параллельно ей.

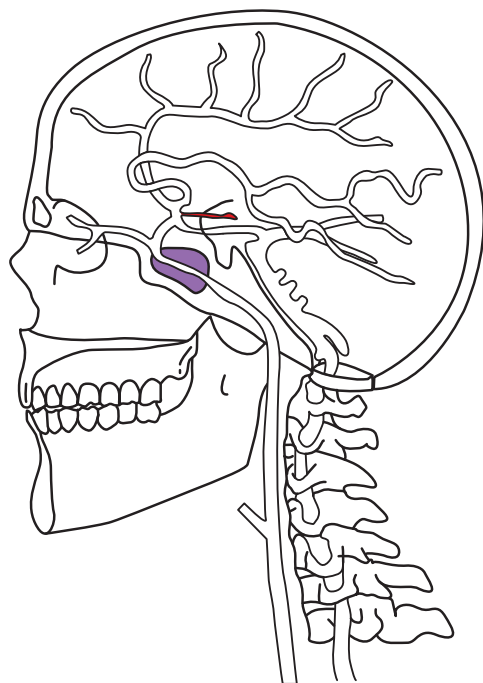


Рис. 1.6. Схематическое изображение ВСА и ее ветвей, красным цветом выделена передняя ворсинчатая артерия.

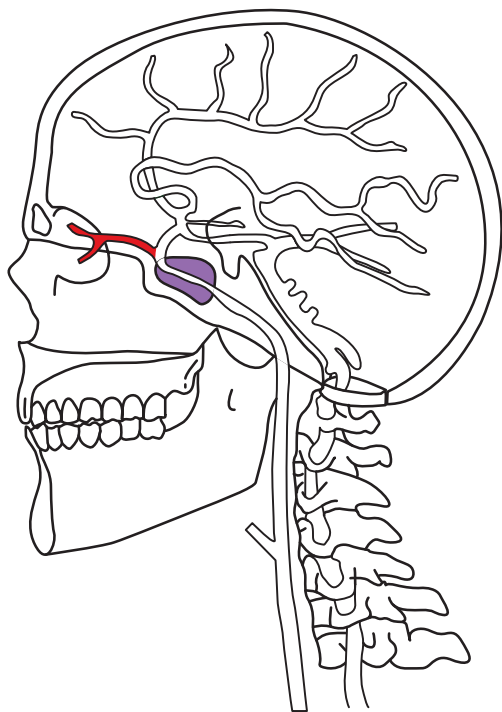


Рис. 1.7. Схематическое изображение ВСА и ее ветвей, красным цветом выделена ГА.

Глазная артерия (ГА, рис. 1.7) через зрительный канал входит в орбиту и у верхне-медиальной ее стенки делится на надблоковую артерию и артерию спинки носа. Обе эти артерии анастомозируют с ветвями НСА.

ВСА делится на 2 конечные ветви: переднюю (ПМА) и среднюю (СМА) мозговые артерии; СМА имеет большие размеры. ГА – первая ветвь церебрального отдела ВСА. Ветви ГА играют важную роль в формировании коллатеральных путей, образующихся при поражении ВСА или НСА.

ЗСА уходит назад и медиально от глазничного отрезка супраклиноидного сегмента ВСА, а затем соединится с ЗМА. Она может быть большой, если имеется гипоплазия сегмента P1 ЗМА, что наблюдается в 15–22% случаев. Когда ЗМА берет начало от ВСА, такой тип кровоснабжения мозга называется «фетальным». Обычно ЗСА не функционирует до тех пор, пока у больного не разовьется выраженный двусторонний субтотальный стеноз экстракраниального отдела сонной артерии или неполный

сброс на другую сторону через переднюю соединительную артерию (ПСА).

СМА (а. cerebri media) – большая из двух ветвей ВСА. Начальный ее сегмент (M1) идет горизонтально в латеральном направлении к латеральной (сильвиевой) борозде. Сильвиева часть (M2) проходит к передне-нижнему краю островка, где распадается на свои основные ветви. От горизонтального сегмента отходят чечевицеобразно-полосатая артерия (а. lenticulostriatum), глазнично-лобная артерия (а. orbitofrontalis) и передняя височная артерия (а. temporalis anterior). В сильвиевой щели средняя мозговая артерия распадается на основные ветви, число которых колеблется от 5 до 8; они анастомозируют с конечными ветвями ПМА и ЗМА. До бифуркации кпереди и вниз уходит небольшая ветвь – передняя височная артерия. Артерии, на которые распадается средняя мозговая артерия, можно разделить на 2 группы: переднюю и заднюю. Передняя группа включает покрывково-лобную артерию (а. operculofrontalis) и артерию центральной борозды (а. sulci centralis). Задняя группа включает заднюю теменную артерию (а. parietalis posterior), угловую артерию (а. angularis) и заднюю височную артерию (а. temporalis posterior). Очень редким вариантом нормы является удвоение СМА.

Передняя мозговая артерия является меньшей из двух конечных ветвей ВСА. От места отхождения она идет в переднемедиальном направлении к межполушарной щели.

Комплекс передней мозговой артерии состоит из передней мозговой артерии (а. cerebri anterior), передней соединительной артерии (а. communicans anterior), околозозолистозной артерии (а. pericallosa) и их ветвей. Он кровоснабжает медиальные поверхности лобной и теменных долей, включая хвостатые ядра, базальные ганглии, мозолистое тело, а также нижнюю поверхность лобной доли.

Проксимальный горизонтальный сегмент (A1) отходит от бифуркации ВСА. Передняя мозговая артерия тоньше средней мозговой артерии и идет кпереди и медиально в межполушарную щель, проходя над зрительным нервом и его перекрестом. Между собой обе передние мозговые артерии анастомозируют через переднюю соединительную артерию.

III желудочка, окаймленного гиперэхогенными эпендимальными выстилками.

После визуализации перечисленных ориентиров оптимизируют серую шкалу, используя ручки общего усиления (overall gain) и компенсации усиления по времени (times gain compensation).

Идентификация артерии основывается на глубине ее залегания, соотношении между сигналом от нее и от других внутричерепных структур, анатомических взаимоотношениях (терминальный отдел ВСА–СМА–ПМА), протяженности видимого участка артерии до ее разветвления, скорости и направлении кровотока и реакции на компрессию и вибрацию ОСА. Компрессию ОСА осуществляют двумя пальцами на уровне пересечения грудино-ключично-сосцевидной мышцей ключицы, в сторону от трахеи, на протяжении 2–4 пульсовых ударов. Прекращение кровотока, его уменьшение или появление обратного кровотока свидетельствуют о том, что найденный сосуд питается из системы ОСА. Данный прием не рекомендуется выполнять при исследовании пациентов с низким расположением бифуркации ОСА, выраженным стенозом и нестабильными или изъязвленными атеросклеротическими бляшками.

Начинают исследование с визуализации терминального отдела ВСА, в месте, где она проходит около рваного отверстия. Терминальный отдел ВСА расположен на глубине 60–67 мм, средняя скорость в норме

39 ± 9 см/с, а направление кровотока зависит от анатомической конфигурации артерии. Бифуркация ВСА залегает на глубине 60–65 мм и характеризуется раздвоением кровотока.

Затем датчик наклоняют вперед и вверх так, чтобы можно было исследовать оставшиеся сосуды переднего бассейна мозга (СМА и ПМА, рис. 1.18). Крыло клиновидной кости может служить костным ориентиром, рядом с которым проходит СМА. Основной ствол СМА окрашивается красным, так как обычно кровоток бывает направлен к датчику. Глубина залегания артерии составляет 30–67 мм, а средняя скорость в норме 62 ± 2 см/с (рис. 1.19, 1.20). Идентификация СМА не составляет трудностей, так как она регистрируется на меньшей глубине по сравнению с другими артериями, легко прослеживается при небольшом перемещении датчика вверх от бифуркации ВСА и реагирует на компрессию и вибрацию ОСА. На ход СМА влияет возраст, что надо учитывать при ДС. Начинается СМА у медиального края малого крыла клиновидной кости. У детей и молодых людей она затем идет латерально и несколько рострально, причем по ходу может изгибаться в дорзальном направлении (Krejza et al., 2000). У пожилых людей горизонтальный сегмент СМА идет прямо или изгибается в вентральном направлении, что больше соответствует ходу луча в косой аксиальной плоскости. Следовательно, в стандартной

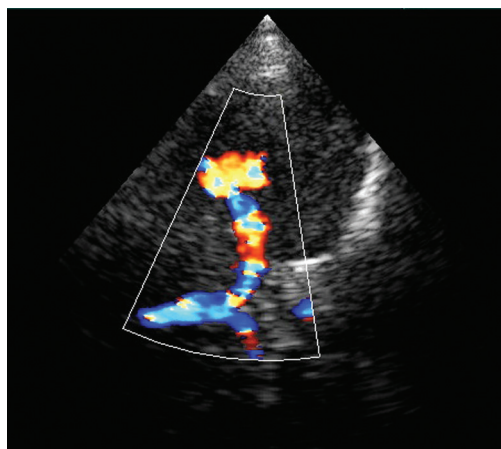


Рис. 1.18. Передние отделы виллизиева круга при ЦДК.

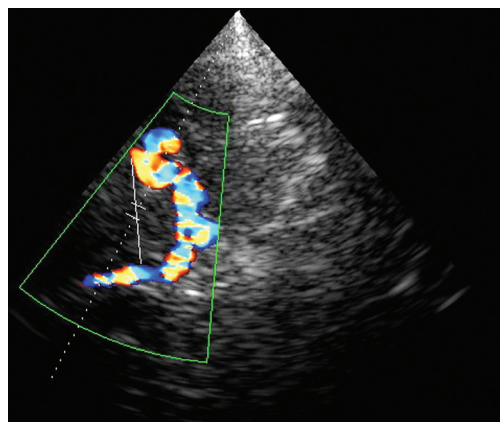


Рис. 1.19. Извитой ход СМА.

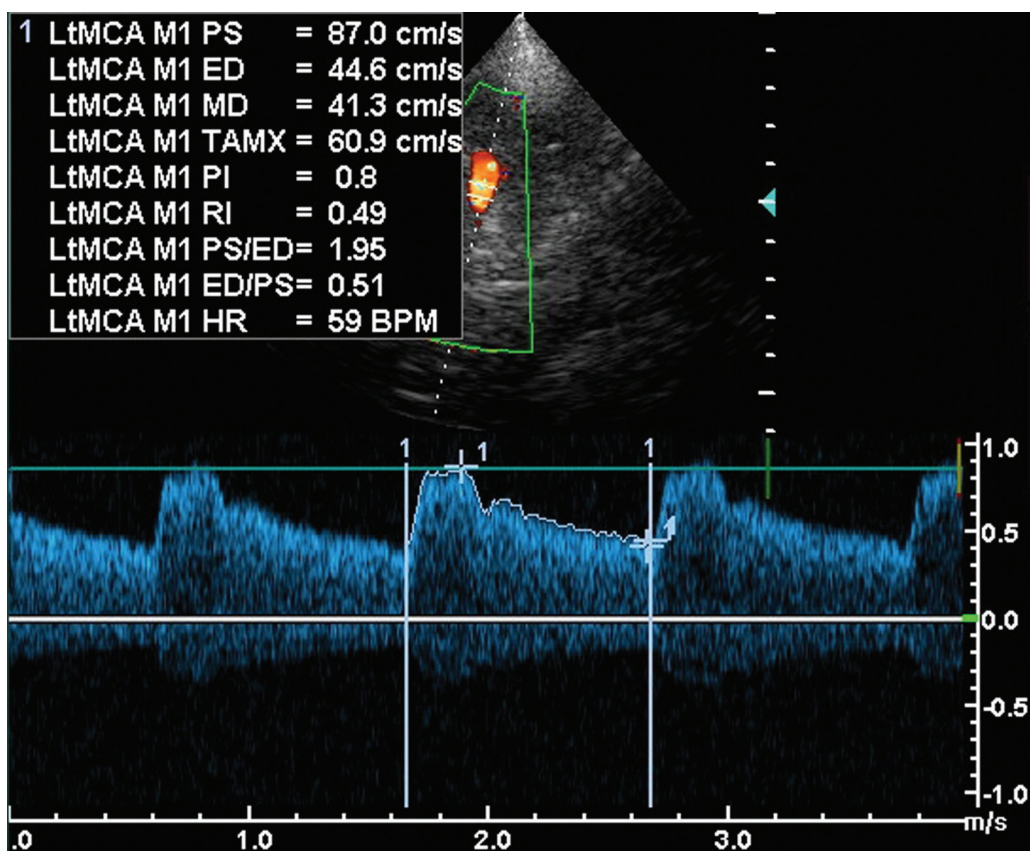


Рис. 1.20. Кровоток в правой СМА, зарегистрированный транстемпоральным доступом. ЦДК и СДСЧ.

плоскости не всегда возможно проследить сегмент М1 СМА на всем протяжении и требуется индивидуальная коррекция направления ультразвукового луча.

Ветви, составляющие сегмент М2 СМА, также обычно окрашиваются красным, хотя могут иметь и синий цвет, так как по ходу этого сегмента в местах искривления кровотока может быть направлен от датчика (см. рис. 1.19).

Передняя мозговая артерия при ДС отображается в оттенках синего цвета (см. рис. 1.21), так как кровоток в ней направлен от датчика. Для визуализации ПМА датчик бывает необходимо слегка наклонить вперед и вверх. Обычно глубина залегания составляет 60–80 мм; а средняя скорость в норме равна 50 ± 11 см/с, частоту повторения импульсов (PRF) можно убавить, так как скорость кровотока в ПМА меньше. Дистальный фрагмент сегмента А1 ПМА

часто не попадает в плоскость сканирования и не виден. Хотя исследование сегмента А2 ПМА не является рутинным, он обычно виден в межполушарной щели, идет вперед по средней линии и окрашен в синий цвет. Встречаются случаи, особенно у пожилых пациентов, ошибочной диагностики гипоплазии сегмента А1. Это связано с тем, что ультразвуковой луч поглощается малым крылом клиновидной кости, и артерия не прокрашивается. Чтобы избежать такой ситуации, надо сначала найти бифуркацию ВСА, затем сегмент А2 ПМА, после чего расположить контрольный объем между ними и получить полосу спектра.

Несмотря на то что сосуды переднего и заднего бассейна могут визуализироваться одновременно, исследовать их надо порознь. Даже небольшое изменение расположения датчика на коже или изменение угла наклона его позволяет визуализировать

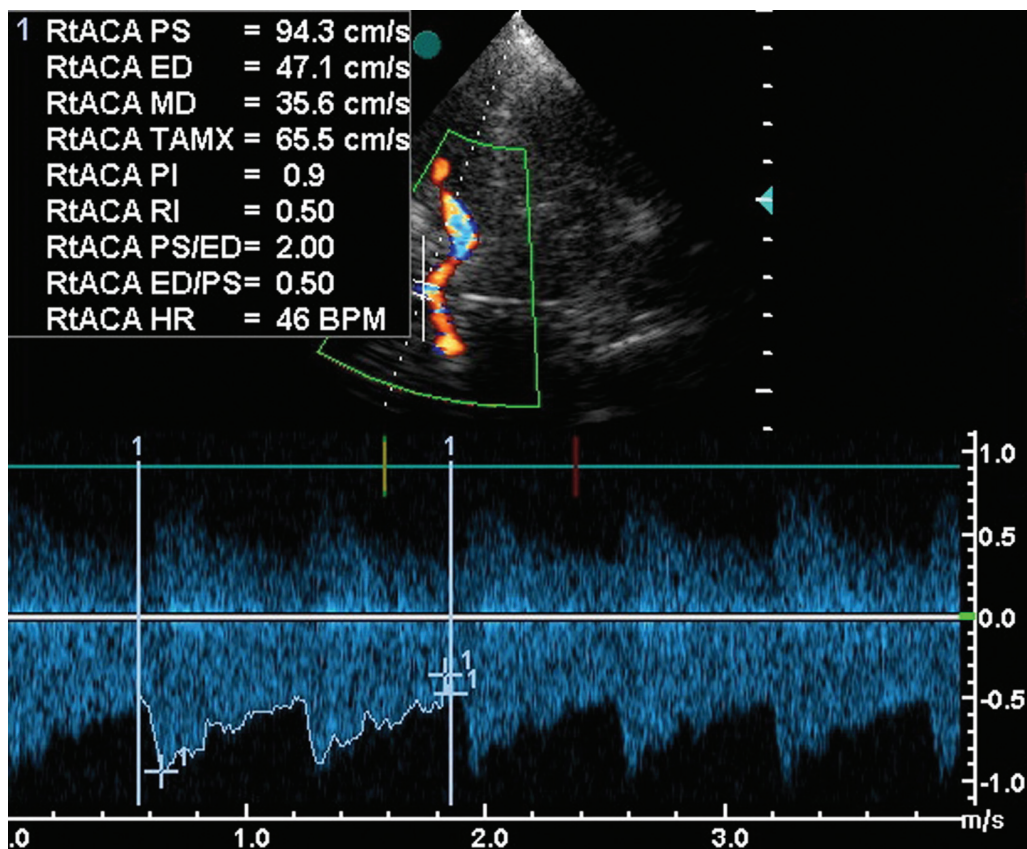


Рис. 1.21. Кровоток в ПМА, зарегистрированный трансемпоральным доступом. ЦДК и СДСЧ.

передний и задний сосудистый бассейны независимо. Для визуализации заднего отдела сосудистого бассейна датчик слегка наклоняют назад и вниз, используя ножки мозга в качестве анатомического ориентира. Обычно обе ножки мозга одинаковы по размерам и форме и имеют промежуточную экзогенность.

Задняя мозговая артерия окружает ножку мозга. Сегмент P1 ЗМА окрашивается в красный цвет (рис. 1.22), поскольку кровоток направлен к датчику. Для визуализации ЗМА цветность, возможно, придется уменьшить, так как скорость кровотока в ней меньше. Глубина залегания этой артерии обычно равна 55–80 мм, а средняя скорость кровотока в ней 39 ± 10 см/с. Сегмент P2 ЗМА непосредственно дистальнее отхождения ЗСА может также окрашиваться в красный цвет (кредиток направлен к датчику), но еще дистальнее, когда эта артерия окружает ножку

мозга, окрашивается в синий цвет. Такая вариабельность связана с искривленным ходом артерии и изменением направления кровотока по отношению к датчику. Обычно ипсилатеральный сегменты P1 видны в месте отхождения за бифуркацией ОА. Ипсилатеральный сегмент P1 окрашивается в красный цвет, а контралатеральный – в оттенки синего. Сегмент P1 нередко гипопластичен, поэтому часто проще начинать визуализацию ЗМА с сегмента P2.

Передняя соединительная артерия не визуализируется, так как она короткая. В то же время ЗСА длиннее и видна. Линейная скорость кровотока в ЗСА составляет 36 ± 15 см/с, и он может быть направлен как к датчику, так и от него. Для визуализации ЗСА частоту повторения импульсов, возможно, придется уменьшить. Использование энергетического доплеровского исследования может быть полезно в лоцировании

Исследование кровотока в артериях нижних конечностей

2.1. Анатомия сосудистого русла и типы кровотока в нижних конечностях в норме

Бедренная артерия условно разделяется на два сегмента: общую бедренную артерию – от паховой связки до места отхождения глубокой артерии бедра и (поверхностную) бедренную артерию дистальнее отхождения глубокой артерии бедра. Глубокая артерия бедра представляет собой крупный сосуд, ветви которой кровоснабжают мышцы бедра и бедренную кость. Поверхностная бедренная артерия дает лишь ряд мелких ветвей, в том числе нисходящую артерию колена, участвующую в образовании артериальной сети колена. В нижней трети поверхностная бедренная артерия отклоняется кзади, входя в бедренно-подколенный канал, образованный мышцами и связками приводящих мышц бедра. После выхода из канала бедренная артерия непосредственно продолжается в подколенную артерию. Диаметр бедренной артерии составляет 8–9 мм. Подколенная артерия находится в подколенной ямке и с помощью анастомозирующих между собой мелких ветвей образует артериальную сеть колена. Она заканчивается на уровне отхождения передней большеберцовой артерии и непосредственно продолжается в заднюю большеберцовую артерию. Диаметр подколенной артерии 6–8 мм. От задней большеберцовой артерии отходит малоберцовая артерия. Передняя большеберцовая артерия в нижней трети голени имеет поверхностное расположение и непосредственно продолжается в тыльную артерию стопы. Диаметр большеберцовых артерий варьирует от 1 до 4 мм.

Кровоток в нижних конечностях типично трехфазный (см. табл. 2.1, рис. 2.1). В систолическую фазу происходит характерное быстрое ускорение кровотока. В раннюю диастолическую фазу направление кровотока меняется. В период диастолы наблюдается антеградный кровоток низкой амплитуды. В позднюю диастолическую фазу кровоток может снижаться за счет сокращения сосудов в ответ на холод или, наоборот, возрастать за счет расширения сосудов в ответ на физическую нагрузку. Максимальная систолическая скорость кровотока (МСС) уменьшается в среднем со 120 см/с (но не более 150 см/с) в подвздошной и общей бедренной артерии до 70 см/с в подколенной артерии. Спектральная кайма в норме четкая, без спектрального расширения и локального ускорения кровотока. При лоцировании парных сосудов не должно наблюдаться существенной асимметрии пиковой систолической скорости.

На рисунке 2.1 показаны основные артерии нижней конечности. Допплеровская кривая в норме изображена слева. Справа изображены кривые типичные для окклюзии подколенной артерии.

В норме при исследовании в В-режиме асимметрия в диаметре парных сосудов отсутствует или незначительная и не должно быть выпячиваний стенки. Стенка сосуда имеет вид однородной непрерывной равномерной полоски на всем протяжении сосуда.

Таблица 2.1 Типы артериального кровотока и их корреляция с патологическими изменениями в артериальном сегменте

Тип кровотока	Состояние артериального сегмента
Трехфазный	Нормальный сигнал в покое с ранним обратным систолическим током, указывающим на податливость дистального артериального русла и достаточный отток
Двухфазный с отсутствием диастолического тока	Спазм артерии дистальнее места измерения; острая артериальная обструкция дистальнее места измерения
Монофазный без обратного систолического тока, но с антеградным систолическим и диастолическим потоком («медленно-мало»)	Расширение артерии дистальнее окклюзии
Монофазный прерывистый ток («стаккато»)	Окклюзия артерии (скорее острая или быстро нарастающая) дистальнее места измерения
Монофазный непрерывный ток	Наблюдается в артериовенозных фистулах
Кровоток, направленный антеградно в систолу и ретроградно в диастолу («туда и обратно»)	Обратный ток в шейке псевдоаневризмы в связи с ее податливостью

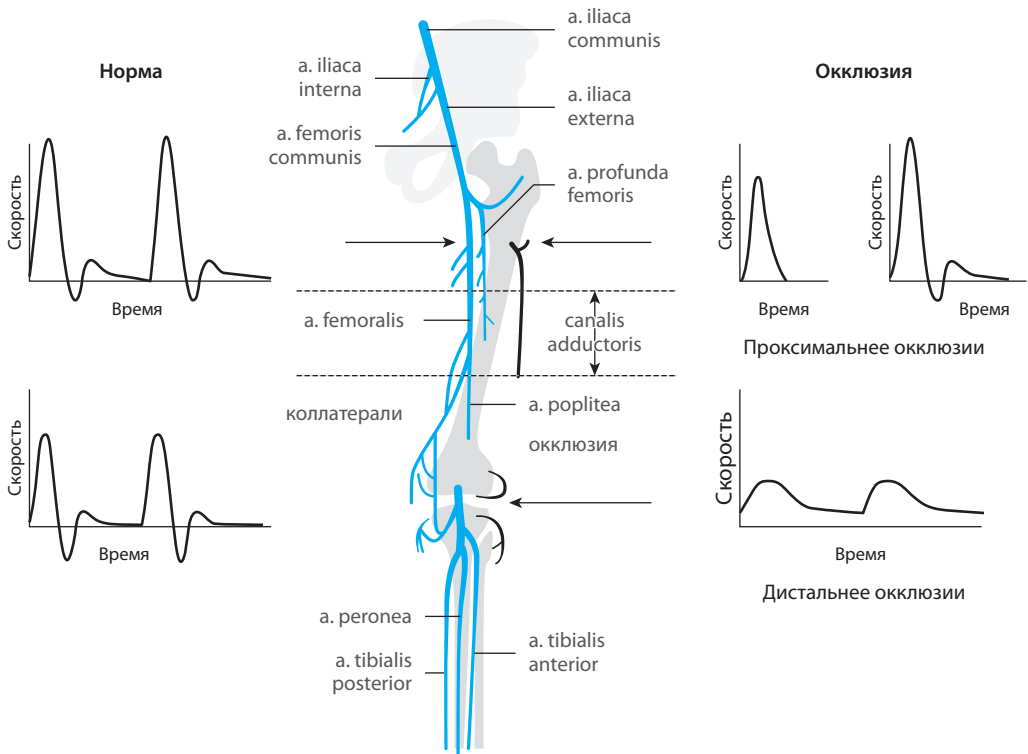


Рис. 2.1. Сосуды нижней конечности в норме. Нормальная доплеровская кривая показана слева. Справа показана доплеровская кривая, типичная для окклюзии подколенной артерии.

2.2. Окклюзия и стеноз артерий

Отсутствие цветовых и пульсовых доплеровских сигналов кровотока от артериального сегмента подтверждает его окклюзию (табл. 2.2, 2.3; см. рис. 2.2–2.4). Стеноз на 50% диаметра и более считается гемодинамически значимым (см. рис. 2.5–2.7). При стенозе менее 50% диаметра может наблюдаться некоторое расширение спектра доплеровской кривой. При стенозе более

50% увеличивается пиковая систолическая скорость кровотока, что хорошо видно при ЦДК в точке наибольшего сужения. Дистальнее участка стеноза при ЦДК отчетливо видна струя на протяжении 2–4 см. В зоне 50% стеноза скорость кровотока возрастает на 100% по сравнению с нормальным участком, в зоне 75% стеноза – на 370%.

Таблица 2.2 Корреляция между результатами ДС и состоянием артериального сегмента: выявление стеноза

Результаты ДС	Состояние артериального сегмента
Увеличение МСС свыше 200 см/с	Стеноз более 50% (для подколенной артерии ближе к 75%)
Увеличение МСС на 100% (индекс МСС равен 2 и более)	Автоматическая калибровка диаметра артерии нормирования по ближайшему нормальному артериальному сегменту
Уменьшение МСС по двухфазному (высокое сопротивление) или монофазному (высокое сопротивление) типу	Стеноз расположен дистальнее основной коллатеральной ветви, кровотоки измеряют дистальнее коллатерали, но проксимальнее или на уровне стеноза
Сигналы отсутствия потока (ложноположительные для окклюзии и ложноотрицательные для стеноза)	1. Кальцификация 2. Низкая чувствительность в связи с неправильной настройкой 3. Субтотальная окклюзия
Повышенные сигналы тока (ложноположительные для стеноза)	1. Для подколенной артерии могут быть связаны с внешней компрессией 2. Петли

Таблица 2.3 Корреляции между результатом ДС и состоянием артериального сегмента: выявление окклюзии

Результаты ДС	Состояние артериального сегмента
Цветовой и пульсовой доплеровский сигнал кровотока отсутствует	Кровотока нет
Эхогенный сигнал в артерии	Тромбоз в связи с окклюзией, обычно на протяжении артерии между двумя крупными коллатеральями
При ЦДК видна крупная коллатеральная ветвь	Высокая вероятность дистальной окклюзии
Низкоамплитудный и постоянный антеградный ток в систолу и диастолу	Окклюзия, вероятно, проксимально месту измерения
Низкоамплитудный систолический сигнал в окклюзированном сегменте (ложноотрицательный)	Сигнал связан с движением тромба в окклюзированном сегменте
Сигналы кровотока на уровне окклюзии (ложноотрицательные)	В область измерения попала коллатераль
Не удается получить сигналы из открытого артериального сегмента (ложноположительный результат)	1. Низкая чувствительность в связи с неправильной настройкой 2. Кальцификация 3. Субтотальная окклюзия с перенаправлением потока от стеноза по коллатеральям

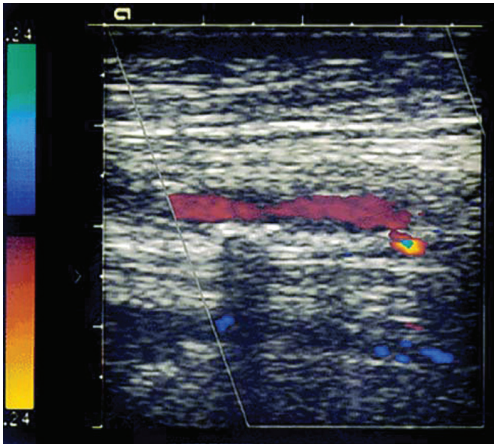


Рис. 2.2. Продольное ДС среднего отдела (поверхностной) бедренной артерии. Справа кровоток отсутствует (окклюзия). Непосредственно ниже участка окклюзии синим цветом отображается коллатераль.

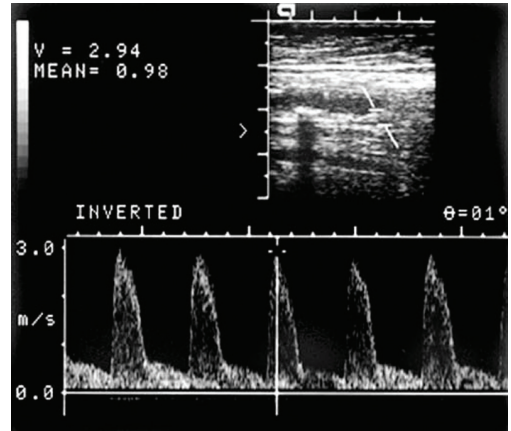


Рис. 2.4. Коллатеральный кровоток (см. рис. 2.2). Типичная пульсовая доплеровская кривая с низким сопротивлением и высокой скоростью.

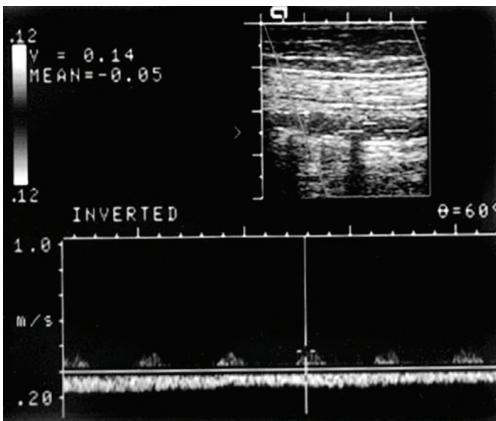


Рис. 2.3. Бедренная артерия проксимальнее участка отсутствия сигнала (см. рис. 2.2). Типичная пульсовая доплеровская кривая с низкой амплитудой и высоким сопротивлением.

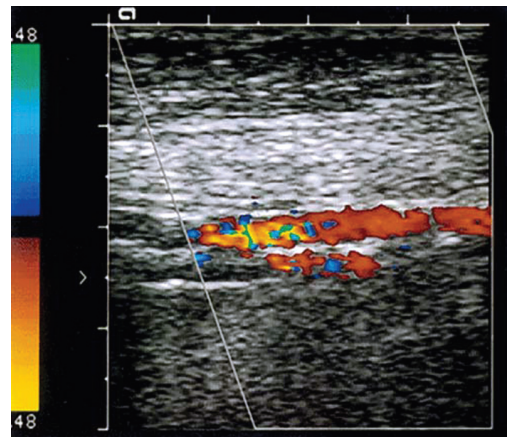


Рис. 2.5. Продольное сканирование среднего отдела (поверхностной) бедренной артерии с ЦДК. Увеличенный кровоток в стенозированном участке.