



Технические аспекты ультразвукового исследования сосудов

Основные положения

Получение оптимального изображения достигается за счет:

- применения знаний анатомии и клинической картины заболевания;
- правильного выбора настроек ультразвукового аппарата;
- соблюдения методики сканирования;
- рутинного и неукоснительного выполнения методических приемов.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Оптимизация настроек: изменение заводских предустановок (Presets).

Заводские настройки и предустановки опираются на усредненные анатомо-физиологические данные и позволяют оптимально провести ультразвуковое исследование (УЗИ) пациентов со средним телосложением, зачастую не давая возможности детального рассмотрения и оптимального измерения объекта. Дальнейшей оптимизации и повышения качества изображения и режимов цветной или спектральной доплерографии можно достичь с помощью ручной эмпирической настройки параметров сканера. Знание и уверенное использование настроек аппарата повышают диагностическую ценность исследования и помогают

избежать возникновения множества артефактов.

Знание вариантов анатомической нормы не менее важно, чем знание нормальной анатомии

Артериальная и особенно венозная системы у различных людей могут иметь анатомические варианты строения. Недостаток этих знаний при оценке исследуемой области может затруднить диагностику патологических изменений. Например, в норме поверхностная бедренная вена представлена одним стволом и располагается кзади от поверхностной бедренной артерии. Тем не менее в 30% случаев встречается удвоение (реже — утроение) поверхностной бедренной вены. То же можно сказать и в отношении подколенной вены.

Тромбоз при таких анатомических вариантах зачастую ограничен только одной из ветвей. Трудности визуализации, незнание особенностей строения венозной системы указанной анатомической области могут привести к неточностям диагностики и, как следствие, к неправильной лечебной тактике.

Направление кровотока: определять, а не предполагать

Направление кровотока внутри сосуда всегда должно быть четко определено. При некоторых серьезных патологических состояниях кровотоков внутри артерии может быть обратонаправленным (при критических стенозах и окклюзиях с формированием крупных коллатералей или в результате эндоваскулярных вмешательств), и он должен быть четко определен, так как это важная диагностическая информация. Например, при субтотальной или тотальной окклюзии общей сонной артерии (ОСА) коллатерали от наружной сонной артерии (НСА) восстанавливают кровоток в области бифуркации, поддерживая проходимость внутренней сонной артерии (ВСА).

Возможные технические трудности

Если возникают затруднения при сканировании, необходимо выполнить следующие действия.

- Поменять положение тела или позу пациента.
- Изменить угол сканирования.
- Изменить частоту датчика.
- Обратиться за помощью к коллеге — иногда могут помочь другие руки и глаза.

Если эти действия не помогли улучшить качество изображения, выполните сканирование другого сосуда или сегмента и вернитесь к исследуемой области чуть позже.

Оптимальное расположение врача при ультразвуковом исследовании сонных артерий

При возможности во время всех исследований необходимо использовать

локоть сканирующей руки или ее часть (например, палец) в качестве точки опоры для максимальной стабилизации и снижения мышечного и суставного напряжения. Разминайте кисти и руки ежедневно перед исследованием для минимизации травм от постоянного напряжения. Необходимо уметь проводить сканирование обеими руками и учиться сканировать как со стороны головы, так и со стороны ног пациента. Этот навык полезен при проведении исследования у постели больного.

Сканирование недоминантной рукой

Сканирование недоминантной рукой на самом деле легче, чем кажется на первый взгляд, и ему можно научиться даже за 1 неделю. Распределение нагрузки от постоянного напряжения между верхними конечностями может предотвратить «износ» и повреждения суставов и позвоночника. Умение сканировать обеими руками особенно полезно при работе на портативных аппаратах у постели больного, например в отделении реанимации, где медицинское оборудование расположено вокруг кровати, что не дает врачу ультразвуковой диагностики занять удобное положение для исследования. В таких случаях невозможность занять оптимальную позицию у головы пациента при исследовании сонных артерий вынуждает врача располагаться перед пациентом, работая руками в обратном положении в сравнении с привычным.

Предотвратить избыточное напряжение рук исследователя также позволяет использование треугольной губчатой прокладки или полотенца для поддержки сканирующей конечности.

Оптимальное расположение пациента при сканировании

Комфорт пациента во время сканирования очень важен, поэтому его положение должно быть максимально удобным на протяжении всего исследования.

Пациенты, испытывающие дискомфорт, могут:

- изменять положение тела для устранения дискомфорта и двигаться во время сканирования;
- периодически напрягать мышцы конечностей;
- быть не в состоянии находиться все время исследования в нужной позиции.

Вытягивать шею во время исследования сонных артерий не обязательно и даже иногда нецелесообразно, поскольку вызывает дискомфорт у многих пациентов.

Аналогичным образом отведение ноги (для исследования подколенной ямки) у пожилых и пациентов с заболеваниями тазобедренного сустава или другой патологией нижних конечностей часто вызывает дискомфорт и потому не обязательно, поскольку дистальные поверхностные и подколенные сосуды могут быть исследованы из заднелатеральной проекции.

Внутренняя согласованность результатов исследования

Добивайтесь понимания общей картины, то есть оценивайте то, насколько полученная при обследовании информация соответствует (или не соответствует) клиническим проявлениям. Например, если исследование артерий нижних конечностей включает регистрацию лодыжечно-плечевых индексов (ЛПИ) и дуплексное сканирование, результаты двух исследований могут не соответствовать друг другу.

- Повторить один из этапов исследования.
- Оценить патологическое состояние, которое может быть причиной несоответствия.
- Определить целесообразность дальнейшего дообследования.

Стандартизация алгоритмов ультразвукового исследования и основных критериев его оценки

В медицинском учреждении следует использовать стандартный диагностический алгоритм при данной патологии. Также важно, чтобы все диагностические критерии были стандартизованы. Стандартные, но адаптированные, диагностические алгоритмы и критерии помогают сохранить преемственность и воспроизводимость результатов обследования как индивидуально, так и в общей массе пациентов.

Клинический контекст и дополнительные данные

Обзор доступной клинической информации и сбор необходимого анамнеза болезни позволяют установить и понять клинический профиль случая. В любом случае следует по возможности узнавать результаты других методов обследования.

Сканирование сосуда на всем его протяжении

Для максимально точной диагностики патологического процесса внутри артерии или вены по возможности необходимо исследовать сосуд на всем его протяжении — от устья до терминального отдела.

Несмотря на то что сканирование наиболее проксимальных и дистальных отделов сосуда зачастую осуществить труднее, их оценка особенно

важна. Например, атеросклероз в некоторых случаях поражает начальный отдел ОСА, в других случаях он развивается в устьях позвоночных и брахиоцефальных артерий. Поражение устья часто, но не всегда можно заподозрить по наличию турбулентного кровотока в расположенных ниже и более четко визуализируемых частях сосуда, если при этом объяснить происхождение этого турбулентного потока можно лишь следствием более проксимального поражения. При поражении устья, вызывающем увеличение скорости кровотока, оценить наличие более дистально расположенных стенозов трудно, если только скорость кровотока над ними не восстанавливается до нормальных значений.

Как избежать ограничения фокуса и спектра обнаруживаемых данных

Не следует фокусировать внимание только на одной области поражения, так как возможно наличие и других. Это особенно вероятно при затрудненной визуализации. Наиболее часто встречаются следующие ситуации.

- Выявление одного участка эндоподтекания (эндолика) после установки стент-графта в аневризму брюшной аорты, но пропуск других.
- При обнаружении ятрогенной псевдоаневризмы может остаться не выявленной сопутствующая артериовенозная фистула (АВФ).
- При выявлении обширного тромбоза глубоких вен не обнаруживается сопутствующий тромбоз подкожных вен.

Определение локализации поражений по анатомическим ориентирам

Использование анатомических образований в качестве ориентира не-

обходимо для сравнения результатов с данными рентгенографических методов исследования.

Например, место поражения поверхностной бедренной артерии оценивают относительно паховой связки/складки и нижней границы надколенника (коленного сустава) или место поражения ВСА относительно угла нижней челюсти, что может облегчить сравнение результатов с данными ангиографии, компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ). Сопоставление характеристик места поражения по поверхностным и глубоким анатомическим ориентирам облегчает сравнение данных до и после вмешательства.

Как избежать получения ошибочных результатов: отличия коллатералей и магистральных сосудов

При исследовании периферических артерий необходимо стараться не перепутать магистральный сосуд со стенозом и коллатералью или эфферентной артерией, которая является первым обходным путем вокруг зоны значительной окклюзии. Обычно кровоток в месте разветвления имеет ускоренный и турбулентный характер потому, что поток в ветви оценивается вне оси, при этом угол зачастую неизвестен, и скорость кровотока может быть выше в результате компенсации из-за наличия стеноза или окклюзии дистальнее по потоку. Кровоток в ветвях также нельзя оценить в центре сосуда из-за малого диаметра.

Аналогичным образом при сканировании поверхностной бедренной артерии можно перепутать прямой сегмент сформированных коллатералей с предполагаемым нативным сосудом, особенно если коллатерали пролегают

рядом или параллельно окклюзированному сосуду, что ведет к возникновению так называемой ошибки узнавания. Сеть коллатералей может быть дифференцирована от пораженного извитого проходимого нативного сосуда с помощью низкочастотного датчика, который формирует более широкое поле зрения и зачастую позволяет визуализировать и коллатерали, и проходимые сегменты нативного сосуда в одной и той же плоскости. Идентификация вены, которая сопровождает артерию, и знание расположения сосудов могут помочь в дифференцировке параллельных коллатералей от окклюзированной магистральной артерии, так как коллатерали часто проходят довольно изолированно от вены.

Всегда необходимо стремиться проследить ход сосуда от его начала, чтобы быть уверенным в его происхождении.

Это уменьшает риск диагностических ошибок в сложных и очень важных клинических ситуациях.

Например, при дистальной непроходимости аорты, как и для непроходимости нижней брыжечной артерии, характерны увеличенные сформированные коллатерали вокруг места окклюзии, которые всегда располагаются параллельно, имитируя проходимую подвздошную артерию.

Вопросы сканирования в режиме серой шкалы (В-режим)

Настройки серой шкалы

Для оптимизации изображений в режиме серой шкалы и улучшения управления необходимо изучить вопросы коррекции следующих настроек/параметров.

- **Задержка изображения** (англ. Persistence). Регулирует сглаживание

изображение и снижает зернистость.

- **Гармоника**. Регулировка частоты гармонических колебаний улучшает отображение глубоких структур, а также улучшает контрастность изображения в режиме серой шкалы (при этом увеличение заданной частоты гармонических колебаний снижает частоту кадров и в некоторых случаях может использоваться для визуализации плохо дифференцируемой ВСА перед применением датчика с более глубокой проникающей способностью).
- **Окрашивание тканей** (позволяет рассмотреть детали, ранее не обнаруженные в режиме серой шкалы).
- В первую очередь необходимо провести сканирование без режима цветного дуплексного картирования (ЦДК) для оценки деталей в режиме серой шкалы, потому что некоторые тонкие особенности могут быть закраснены цветом (как правило, режим ЦДК применяют после того, как изображение было получено и оптимизировано в режиме серой шкалы).

Изображения, полученные в режиме серой шкалы, показаны на рис. 1.1–1.5.

Выявление артефактов

В режиме серой шкалы необходимо различать истинные внутрипросветные образования и артефакты. Для этого следует тщательно оценивать перемещение подозреваемого артефакта в зависимости от движения сосуда, а также определять, выходит ли он за пределы просвета сосуда, что невозможно для внутрипросветных поражений, как при тромбозе или атеросклерозе.

Аспекты режима цветового доплеровского картирования: настройки цветовой доплерографии

Для оптимизации режима ЦДК с целью улучшения насыщенности изображения необходимо отрегулировать следующие настройки.

■ **Запись цвета (англ. Color write).**

При сочетанном применении режима ЦДК и режима серой шкалы происходит распределение большего количества цветных пикселей цветовой доплерографии в пропорции с фоновой серой шкалой.

■ **Цветовое кодирование.**

■ **Выбор различных схем цветового кодирования.** Эти визуальные изменения позволяют определять некоторые детали (например, использование цветной маркировки в зоне стеноза окрашивает высокоскоростной стенотический поток без необходимости прибегать к сглаживанию изображения для уточнения локализации процесса).

При значительной окклюзии или венозном тромбозе высока вероятность появления сложной картины кровотока и изменения направления движения как в основном сосуде, так и в его ветвях. Чтобы снизить вероятность ошибочной диагностики, с самого начала важно ясно понимать, как использовать наклон цветового окна и оценивать направление кровотока в режиме ЦДК.

Изображения, полученные в режиме ЦДК, показаны на рис. 1.6–1.14.

Спектральная доплерография и вопросы визуализации

Настройки спектральной доплерографии

С помощью спектральной доплерографии (СД) можно определить природу неясных волновых сигналов в виде добавления деталей и повышения спектрального усиления без нежелательных помех в виде «снега» или внешних помех, приводящих к преувеличению размеров. К тому же существует разница в субъективном восприятии спектральных профилей на различных цветных дисплеях. Как бы то ни было, любой дисплей обеспечивает оптимальное восприятие и удобство при визуальной оценке и сделан так, чтобы избежать появления бликов и искажений изображения.

Несмотря на то что использование режима ЦДК, среди всего прочего, является полезным ориентиром для проведения СД, существует потенциальная вероятность затруднения визуализации доплеровского курсора и локализации контрольного объема. Измерение незначительно различающихся между собой зон поражения при повторных сканированиях может приводить к неправильной оценке степени повреждения. ЦДК следует использовать для настройки контрольного объема. Кроме того, для получения изображения, точно устанавливающего локализацию и ориентацию контрольного объема перпендикулярно к сосудистой стенке, очень удобно использовать режим серой шкалы с настройкой на основании данных режима ЦДК. Это же является

методом контроля качества получаемой информации.

Несмотря на обоснованные споры относительно оптимального доплеровского угла (параллельно стенкам или потоку), следует отметить, что при использовании любого способа воспроизводимость результатов может быть достигнута только в том случае, если в ходе всех исследований и для каждого случая используется один и тот же метод. Например, определение отношения пиковой систолической скорости (ПСС) кровотока во внутренней и общей сонных артериях требует регистрации скоростей кровотока с использованием одного и того же метода коррекции угла. Должен быть одинаковым и угол падения как для общей сонной, так и для внутренней сонной артерии.

Влияние толщины среза на показания спектральной доплерографии

Толщина среза играет более важную роль в СД, чем может показаться. Например, при окклюзии ВСА и расположении контрольного объема внутри ее просвета (окклюзированной) достаточно часто можно также зафиксировать устойчивый сигнал от прилежащей внутренней яремной

вены (ВЯВ). Незначительное отклонение зоны сканирования от выбранной зоны интереса может привести к ошибке определения локализации поражения. Более того, в некоторых случаях кровотока в ВЯВ может ввести в заблуждение и быть неправильно интерпретирован. Например, в случае выраженной трикуспидальной регургитации кровотока в ВЯВ бывает пульсирующим и с элементами, расположенными выше и ниже исходной линии. Для сохранения зоны сканирования в заданном месте необходимо проводить доплерографию одновременно со сканированием в режиме серой шкалы с целью стабилизации получения изображения из выбранной зоны исследования, несмотря на снижение частоты кадров при доплерографии и снижение качества изображения в режиме серой шкалы. Ряд приемов, которые приводят к изменению венозного кровотока, например когда пациент производит глубокий вдох (что вначале ведет к ускорению, а затем к прекращению кровотока), может показать, что кровоток является венозным, а не артериальным.

Примеры изображений, полученных в режиме СД, показаны на рис. 1.15–1.33.

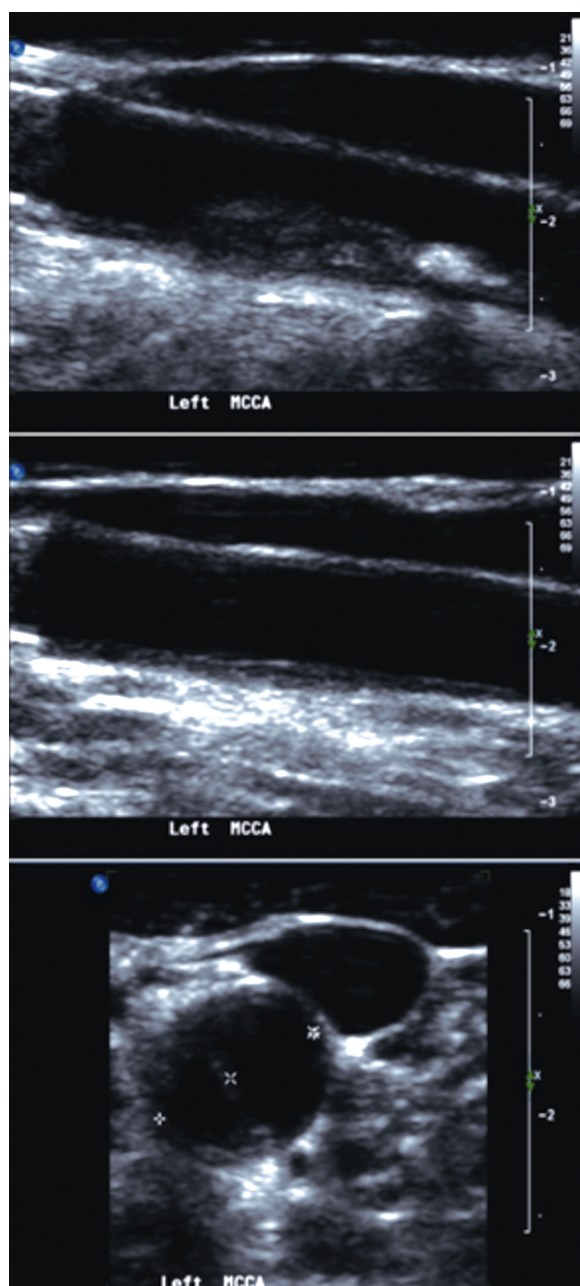


Рис. 1.1. Влияние выбора угла сканирования при работе в режиме серой шкалы. Сверху: визуализируется крупная бляшка в общей сонной артерии. Посередине: бляшка четко не визуализируется, хотя изображение получено на том же уровне сканирования. Снизу: в короткоосевой проекции наблюдается эксцентричная бляшка в общей сонной артерии, которая соответствует бляшке на среднем изображении; данный снимок подтверждает диагностическую ценность сканирования в короткоосевой проекции

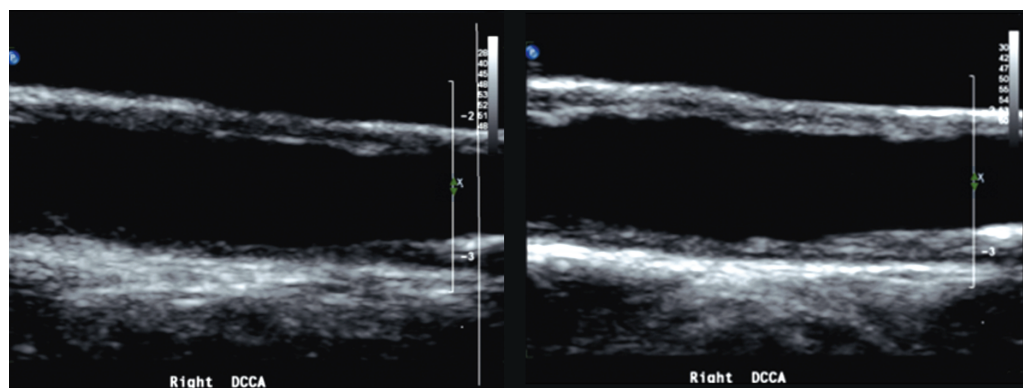


Рис. 1.2. Влияние настроек режима серой шкалы при сканировании сосудов и просветов сосудов. Слева: из-за слабого усиления режима серой шкалы стенка просвета сосуда визуализируется нечетко. Справа: изображение с оптимальным усилением режима серой шкалы, непрерывной визуализацией границы и более качественным отображением внутренней топографии и содержимого просвета сосуда

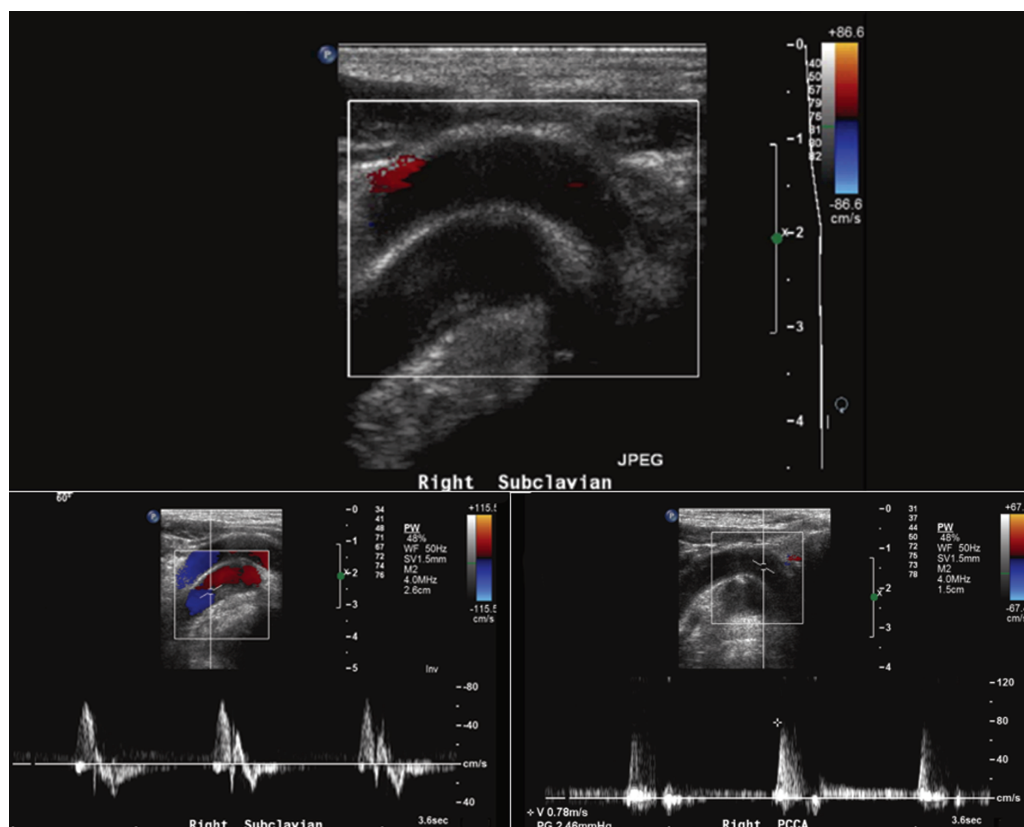


Рис. 1.3. Нефантомное изображение. Сверху: данное изображение в режиме серой шкалы формирует фантомное изображение сосуда, что характерно для подключичной артерии из-за отражения ультразвукового луча от поверхностных структур (например, ключицы). Снизу: на изображениях показаны различные виды реального кровотока в сосудах — общей сонной и правой подключичной артерий

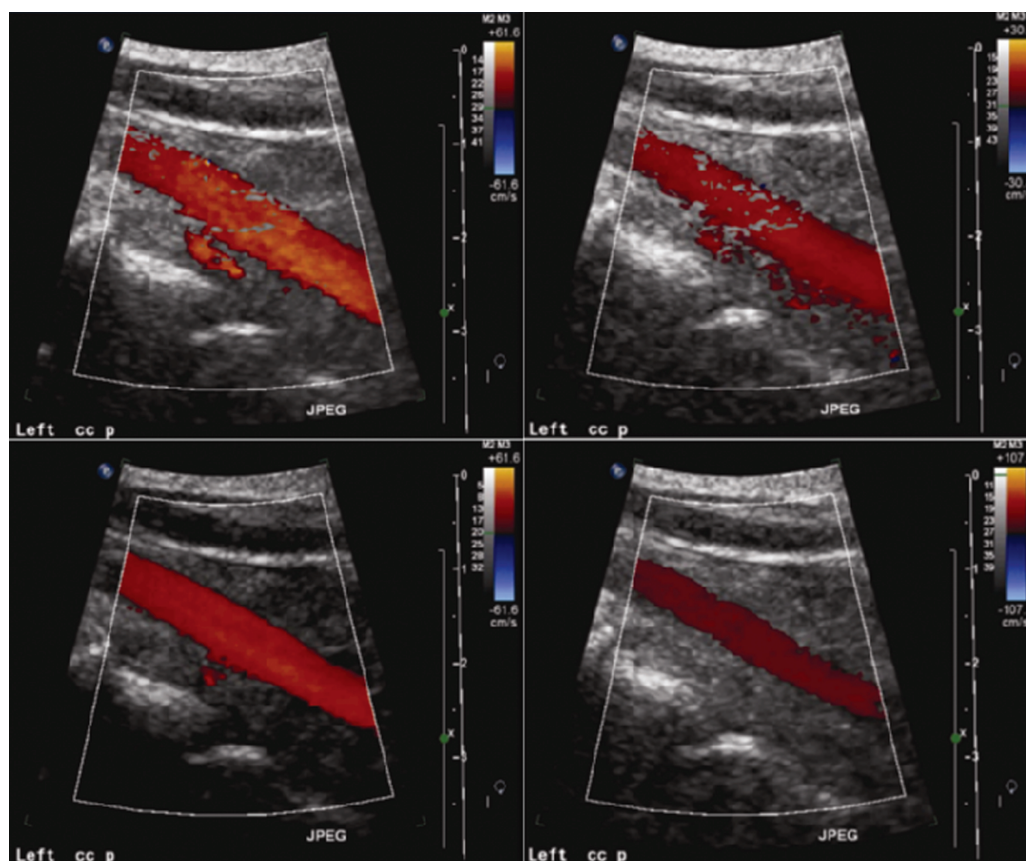


Рис. 1.4. Эффект усиления сигнала при цветной доплерографии, частоты повторения импульсов, усиления серой шкалы и настроек цветного окрашивания на разных оптимизированных изображениях в режиме серой шкалы и цветного дуплексного картирования. Сверху слева: усиление в режиме серой шкалы и цветного дуплексного картирования слишком высокое, что приводит к окрашиванию близлежащих тканей и проникновению компонентов изображения в режиме серой шкалы в изображение цветного дуплексного картирования. Сверху справа: попытка оптимизировать режим цветного дуплексного картирования и уменьшить артефакты усиления серой шкалы путем снижения частоты повторения импульсов в цветной доплерографии; качество изображения по-прежнему недостаточное с нормальным окрашиванием потока, но более сильным окрашиванием окружающих тканей. Снизу слева: усиление в режиме серой шкалы оптимизировано (снижено), проникновение компонентов изображения в режиме серой шкалы в соседние участки устранено. Кроме того, окрашивание соседних тканей в режиме цветного дуплексного картирования уменьшено без изменения частоты повторения импульсов или усиления цветного дуплексного картирования. Также улучшена насыщенность в режиме цветного дуплексного картирования. Снизу справа: заводские настройки режимов серой шкалы и цветного дуплексного картирования с коррекцией цветового окрашивания/частоты повторения импульсов. Режим цветного дуплексного картирования дает хорошее представление об однородности потока и различных особенностях внутренней поверхности сосуда. Трудно определить, какое из двух нижних изображений дает более реальное представление о поверхности интимы, но они показывают совпадающие особенности кровотока

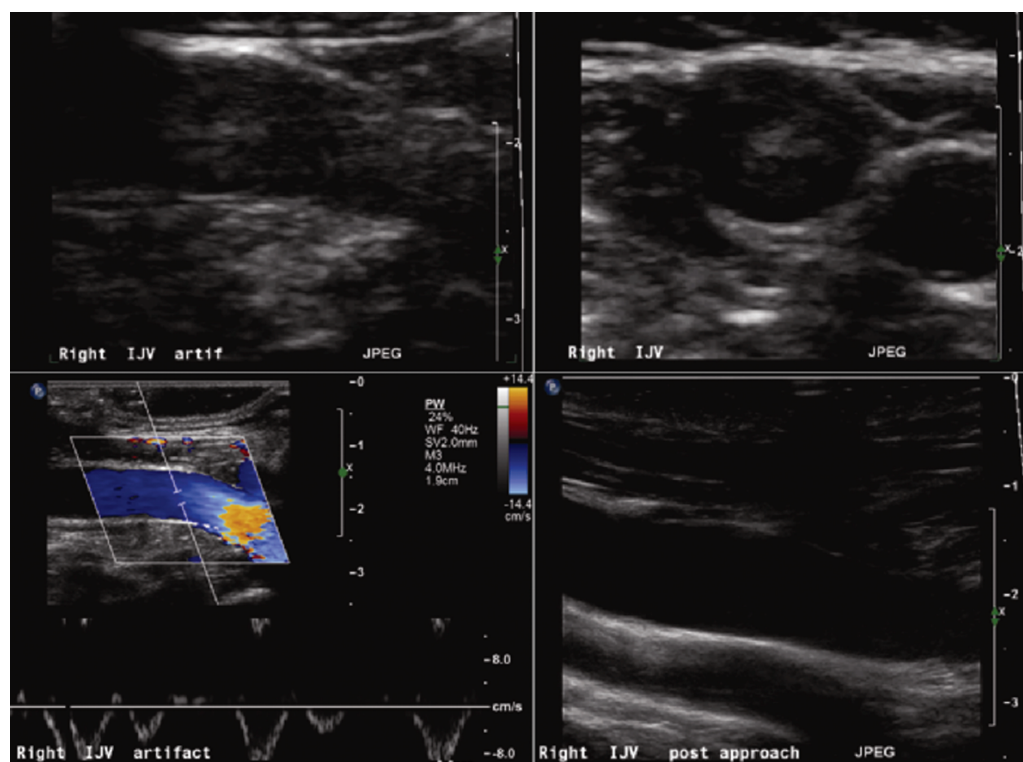
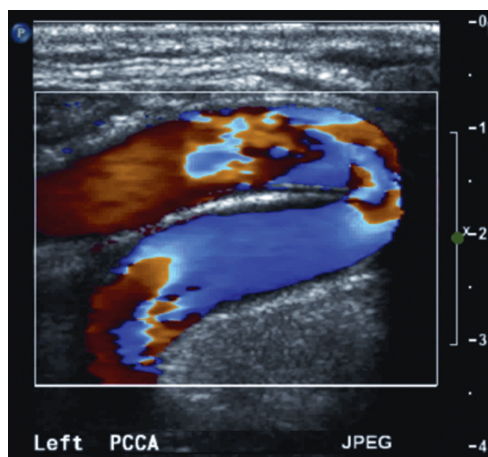


Рис. 1.5. Артефакты в режиме серой шкалы, имитирующие внутрипросветные структуры. Сверху слева и справа: на рисунках изображены артефакты мягких тканей внутри просвета внутренней яремной вены. Снизу слева: изображение в режиме цветного дуплексного картирования и данные спектральной доплерографии, которые не подтверждают наличие внутрипросветных структур. Снизу справа: изображения, полученные из более заднего доступа, позволяют исключить появление артефактов

Рис. 1.6. Влияние извитости и различного угла падения ультразвукового луча в режиме цветного дуплексного картирования. В области искривления на правой стороне изображения визуализируется конвергенция (изоскоростные зоны) потока. Это может быть результатом практически идеального выравнивания области сканирования, отражая высокий частотный сдвиг, или возникать на фоне наличия изгибов или реального сужения. Сложный кровоток в верхнем сегменте может быть аналогичным образом обусловлен либо дистальным турбулентным кровотоком в месте сужения, либо настолько близким к 90 градусам выравниванием, что небольшие изменения направления выглядят в виде кровотока в разных направлениях. Для поддержания угла коррекции на значении 60 градусов и параллельности со стенками сосудов может использоваться импульсно-волновая доплерография в месте изгиба. Большинство заболеваний, сопровождаемых атеросклерозом сонных артерий, поражают первые 1–3 см внутренней сонной артерии, причем характерна проксимальная или дистальная извитость



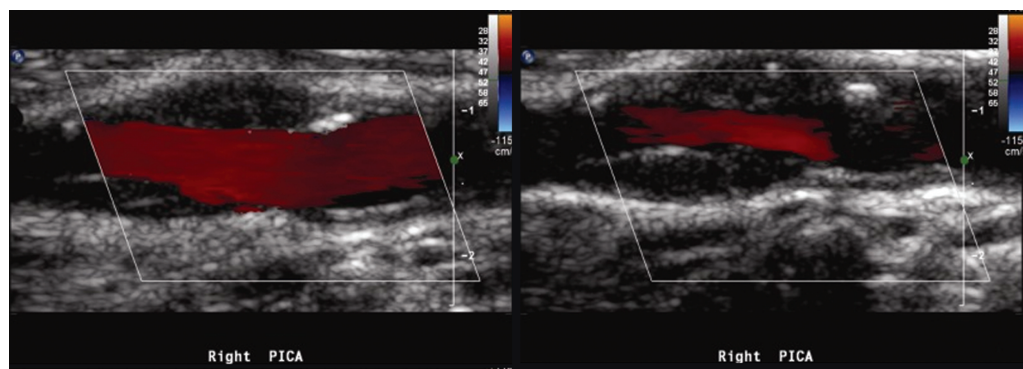


Рис. 1.7. На данных изображениях внутренней сонной артерии показано влияние усиления в режиме цветного дуплексного картирования. Слева: усиление слишком высокое, и отображение цвета выходит за пределы реального просвета и распространяется через бляшку, преувеличивая ширину просвета. Справа: усиление в режиме цветного дуплексного картирования было отрегулировано в соответствии с реальным просветом

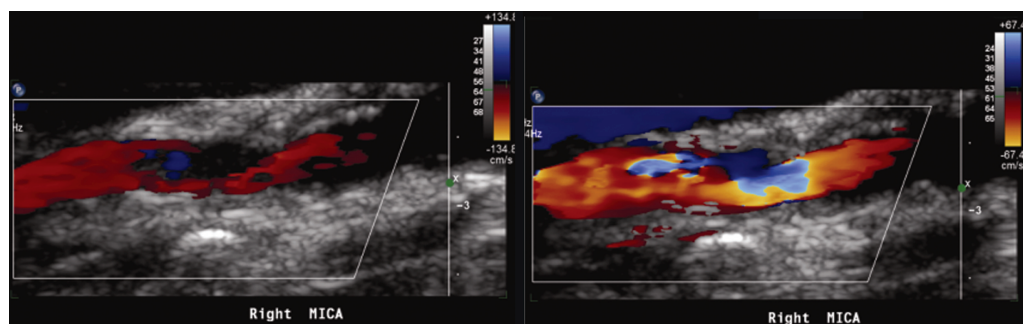


Рис. 1.8. Влияние введения настроек частоты повторения импульса при изображении кровотока, отображении просвета и степени выраженности стеноза. Слева: качественное изображение кровотока в сосуде без артефактов распространения кровотока на соседние ткани; имеются цветные пустоты внутри сосуда. Некоторое проникновение элементов режима серой шкалы в центре пустот в кровотоке имитирует гипоэхогенные образования. Справа: частота повторения импульсов снижена, чтобы уловить изменение пикселей при низкоскоростной потоке/низком доплеровском сдвиге. Сниженная частота повторения импульсов позволила отобразить кровотоки в близлежащей яремной вене, что привело к просачиванию цветных элементов цветного дуплексного картирования на структуры, расположенные вне просвета сосуда

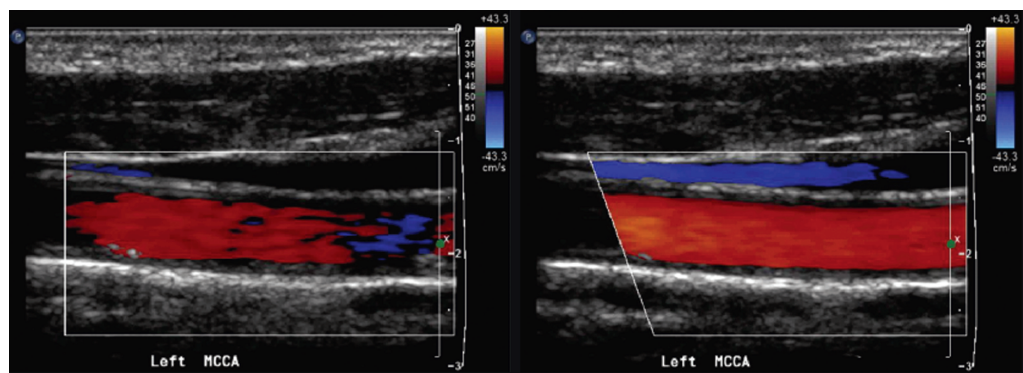


Рис. 1.9. Влияние наклона зоны сканирования в режиме цветного дуплексного картирования. Слева: изображение в режиме цветного дуплексного картирования без право-левого наклона. Справа: наклон зоны сканирования позволил оптимизировать отображение кровотока