

Допплерография сосудов печени - сделать просто

ЗАДАЧИ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ

Прочитав эту статью и проведя тест, читатель сможет:

Обсудить основные понятия и терминологию сосудистого доплера УЗИ.

Признать характерные проявления нормальных и аномальных доплеровских сигналов печени.

Описать УЗИ проявления как нормально функционирующих, так и неисправных TIPS

Введение

Интерпретация доплеровского ультразвукового исследования (УЗ) может быть источником беспокойства для тех, кто не знаком с основными понятиями и терминологией, и с теми, у кого ограниченный опыт проведения этих исследований. Нормальные и аномальные формы сигналов для каждого из основных сосудов печени (печеночная артерия, печеночная вена и портальная вена) были хорошо описаны (1-6). Хорошей новостью является то, что нормальные формы сигналов имеют характерные проявления, и большинство заболеваний печени вызывают лишь ограниченное число аномальных форм колебаний. Простой организованный подход поможет исключить волнение и повысить качество исследования.

Для качественного проведения доплерографии печени требуется знание принципов базовой гемодинамики и терминов, используемых в доплеровских исследованиях. Затем требуется знакомство с уникальным внешним видом формы волны каждого крупного сосуда, иногда называемой ее «сигнатурой». Чтобы помочь в изучении этих сигнатурных представлений, стоит иметь концептуальную модель кровотока для каждого сосуда.

Каждый процесс заболевания, который поражает печень, имеет свое характерное влияние на картину кровотока и, следовательно, влияет на формы волн для трех основных сосудов печени уникальным образом. Этот факт составляет основу для использования спектральных доплер УЗ в диагностической радиологии. Наличие концептуальной модели для наиболее распространенных процессов заболевания и наиболее часто встречающихся патологических состояний является наилучшим способом понять и интерпретировать патологические формы волн. Мастерство печени УЗ доплерографии достигается, когда человек может плавно переходить между ожидаемым (физиологическим или патологическим) и тем, что наблюдается в спектральном доплерографии США.

В этой статье мы рассмотрим терминологию, используемую в сосудах УЗ доплерографии, и основные концепции динамики течения в сосудах. Кроме того, мы описываем нормальные формы сигналов, а также аномальные формы сигналов и их причины для каждого из трех основных сосудов печени. Мы также кратко обсудим типичные данные, полученные на УЗ доплерографии, при трансъюгулярном внутривенном портосистемном шунте (TIPS).

Концепции терминов и потоков

Модальности УЗ

Термин *Допплер* должен быть капитализирован, потому что это эпоним, названный в честь Кристиана Иоганна Допплера (1803-1853), австрийского физика, который впервые описал «эффект» (Z). Несмотря на то, упоминая это может показаться немного покровительственно к читателю, это не редкость для этого слова быть с опечаткой со строчной «Д» отмечаются обоими - лечащим врачам и радиологом.

Можно выполнить три основных уровня УЗ сканирования (рис. 1), причем каждый уровень добавляет информации к предыдущему уровню. На первом уровне используется традиционный стандартный режим яркости (B-mode), в котором не используется доплер. Второй уровень накладывает на область интереса цветное доплеровское окно. Этот уровень создает изображение, показывающее кровоток в сосудах. Третий уровень накладывает небольшую область опроса, называемую контрольным объемом, над представляющим интерес сосудом. Целевой опрос сосуда создает спектральный доплеровский сигнал.

Номенклатура становится несколько запутанной из-за расхождений между технически правильными терминами и более часто используемыми терминами. Например, строго говоря, термин *дуплексный Допплер* относится к осмотру, состоящему из двух уровней (серого и цветного доплеровского США). Тем не менее, этот термин обычно используется в направлении врачей при назначении обследования со спектральным доплером, который технически будет более точно назван *триплексным доплером*. Чтобы избежать путаницы, вероятно, лучше использовать термины, которые более точно описывают осмотр. Такие термины включают *серо-шкальный, цветной доплер* и *спектральный доплер*.

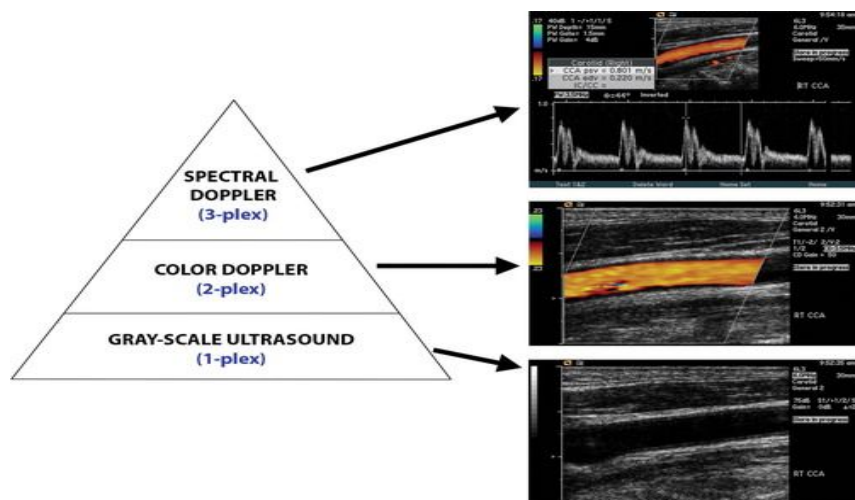


Рисунок 1 Диаграмма показывает наименее двусмысленный способ назвать доплеровское исследование. Термин *дуплексный доплер* может вводить в заблуждение из-за его двойного использования. Иногда этот термин используется для обозначения доплеровских исследований; в других случаях, для спектральных доплеровских исследований. Спектральное доплеровское обследование включает в себя цветной доплер; цветной доплеровский осмотр включает в себя серо-шкальное УЗ изображение (изображение в режиме В).

Компоненты спектрального доплера

УЗ спектральные доплеровские данные отображаются со спектральным сигналом в нижней части экрана и цветным доплеровским изображением сверху (рис. 2). Информация для формы волны получается из небольшого (обычно 2-4 мм) контрольного объема, который помещается в центр сосуда сонографом (т. е. Американским технологом). В идеале контрольный объем должен быть размещен в средней части просвета, а не на периферии, для оптимальной оценки ламинарного потока. Линия указателя угла субъективно помещена параллельно сосуду; однако это размещение может ввести ошибку в окончательный расчет скорости, особенно когда угол Доплера (Θ) - угол между фактическим доплеровским лучом и доплеровской линией допроса - больше 60° .

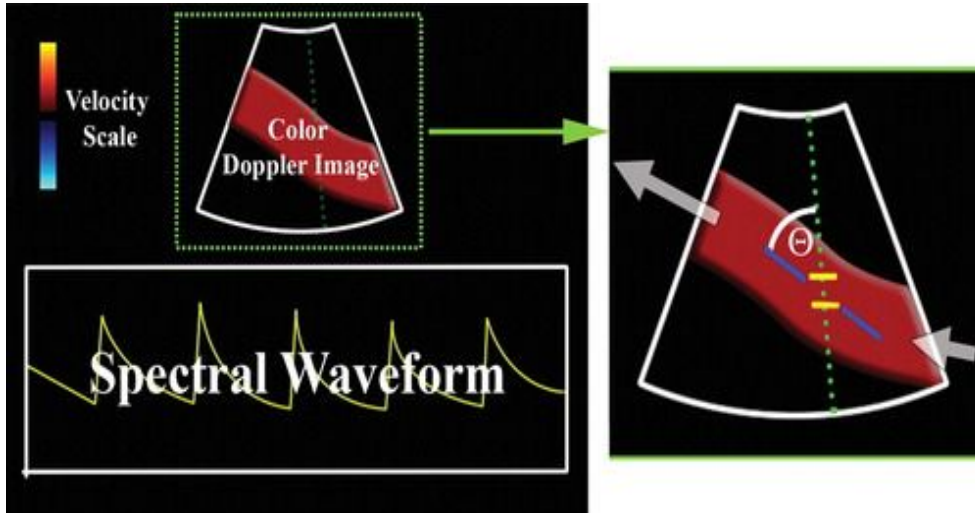


Рисунок 2 Спектральные доплерографические компоненты. На левой диаграмме показана общая схема спектрального доплеровского изображения. Доплера, шкала скорости может отображаться либо на правой, либо на левой стороне (в этом случае верхний левый). Увеличенный вид (справа) области доплеровского опроса показывает компоненты, используемые для получения формы волны: Путь доплеровского луча (зеленый); (синий) луч который ориентирован параллельно длинной оси сосуда; Доплеровский угол (Θ), который должен быть меньше 60° ; и контрольный объем или «ворота» (желтый). Серые стрелки = направление потока.

Чтобы понять, почему Θ должен оставаться менее 60° , нужно знать, как угол используется при вычислении скорости. При увеличении Θ от 0° до 60° , $\cos\Theta$ уменьшается от 1 до 0,5; однако, поскольку Θ увеличивается от 60 до 90° , $\cos\Theta$ уменьшается от 0,5 до 0. Обратите внимание, что при увеличении угла происходит увеличение инкрементного изменения значения \cos increases; это несоразмерное изменение постепенно увеличивается, когда угол приближается к 90° . Поэтому, когда Θ больше 60° , небольшие изменения в размещении линии допроса сонографа увеличиваются в уравнении скорости, так что оценки скорости уже не являются надежными или воспроизводимыми (8).

$$V = \frac{(\Delta F)(C)}{2(Ft)(\cos \Theta)},$$

где C = скорость звука в ткани (1,54 м / с), F - доплеровский сдвиг частоты, Ft - частота преобразователя.

Особенности и информация о форме волны

Каждый спектральный сигнал имеет морфологические особенности, которые предоставляют информацию о направлении, скорости и ускорении (рис. 3). Направленная информация определяется на основе того, лежит ли форма волны выше или ниже базовой линии; информация о скорости определяется на основе расстояния от базовой линии в любой заданной точке кривой; и информация о ускорении получается из наклона кривой (т. е. скорости изменения скорости), причем изменения ускорения отмечаются пиками формы волны или точками перегиба. Эти точки перегиба (изменения ускорения) генерируют характерные слышимые звуки в УЗ Допплере.

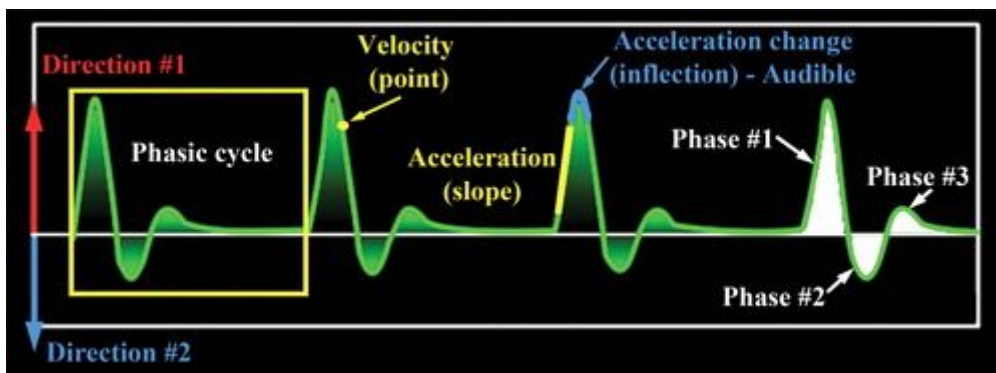


Рисунок 3 Увеличенный вид спектральной формы волн иллюстрирует ее особенности. Сердечная фаза создает фазовый цикл, который состоит из фаз, определяемых количеством потоков крови в каждом направлении. Базовая линия ($x = 0$) отделяет одно направление от другого. Перемещение слева направо вдоль оси X соответствует движению вперед во времени. Переход от линии по вертикали вдоль оси в любом направлении соответствует увеличению скорости.

Соответствующая точка на волне соответствует определенной скорости. Наклон кривой соответствует ускорению (т. е. Изменению скорости в единицу времени). Изгиб кривой или точки перегиба соответствует изменению ускорения. Когда эти повороты круты, они генерируют слышимые звуки в УЗ Допплере.

Направление потока

Антеградное и ретроградное. Направление кровотока может быть описано двумя принципиально различными способами (рис. 4). Первый - описать течение по отношению к системе кровообращения. Термины *antegrade* и *retrograde* используются для описания потока в этом контексте. Второй - описать поток по отношению к УЗ преобразователю. В этом контексте поток описывается как движущийся либо в направлении преобразователя, либо от преобразователя. Цветной доплер произвольно отображает поток крови к преобразователю как красный, кровоток от датчика как синий. При спектральном доплере поток крови к преобразователю отображается над базовой линией, а кровоток от преобразователя отображается ниже базовой линии.

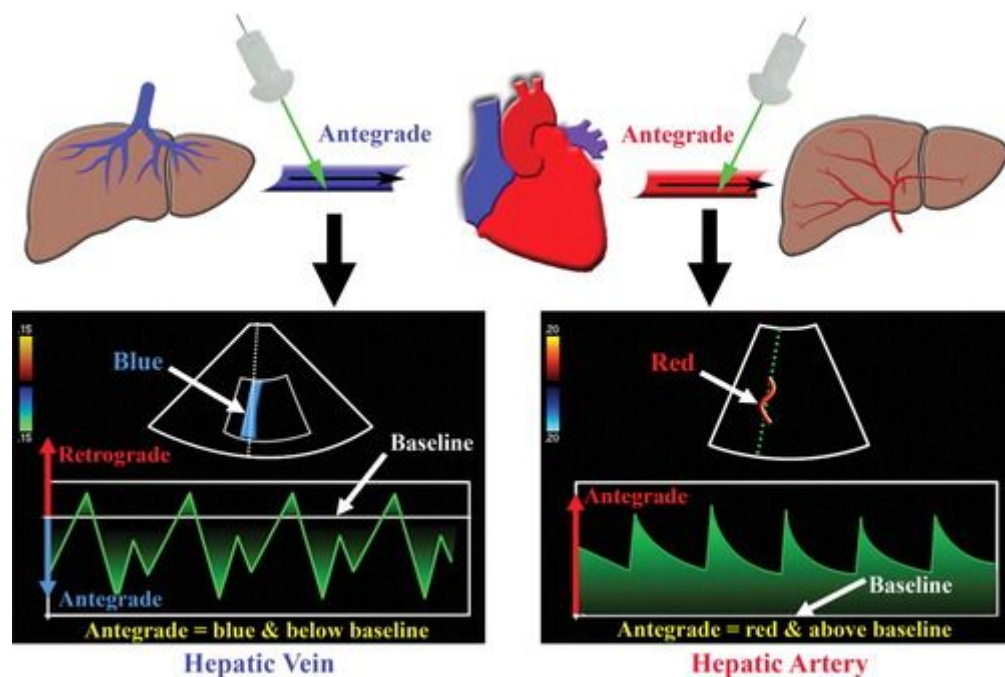


Рисунок 4 Антеградный и ретроградный поток. Чертежи (сверху) показывают преимущественно антеградный поток из печеночных вен (синий) в сердце и в печеночных артериях (красный) в направлении печени. Ретроградный поток будет в противоположном направлении. Диаграммы (внизу) иллюстрируют типичные спектральные доплеровские сигналы в этих сосудах. Обратите внимание, что антеградный поток в печеночных венах ниже линии, тогда как антеградный поток в печеночных артериях отображается выше линии. Антеградный поток может быть либо в направлении преобразователя (печеночной артерии), либо идти от преобразователя (печеночная вена). Точно так же ретроградный поток может быть либо в направлении преобразователя (отображается выше линии), либо идти от преобразователя (отображается ниже по линии).

Термин *антеградный* относится к потоку в прямом направлении относительно его ожидаемого направления в системе кровообращения. Например, антеградный поток отходит от сердца в системных артериях и к сердцу в системных венах. Начинающие специалисты могут ошибочно полагать, что слово *antegrade* описывает поток к преобразователю (отображается выше базовой линии). Однако,

Teaching Point

антеградный поток может быть либо направленным к, либо идти от преобразователя, в зависимости от пространственной связи преобразователя с сосудом; поэтому антеградный поток может отображаться выше или ниже базовой линии, в зависимости от сканирования сосуда.

Пример антеградного потока, идущий от преобразователя (отображается ниже базовой линии), наблюдается в систолической волне (S- волна) и диастолической волне (D- волне) нормального печеночного венозного сигнала.

Термин *ретроградный* относится к потоку в обратном направлении относительно его ожидаемого направления в системе кровообращения. Например, ретроградный поток может наблюдаться при серьезной портальной гипертензии, в которой портальный венозный поток меняет направление (гепатофугальный поток). Начинающие могут ошибочно полагать, что слово *retrograde* описывает отток от преобразователя (отображается ниже базовой линии). Тем не менее, ретроградный поток может быть либо направленным к, либо идти от преобразователя. Пример ретроградного потока по направлению к преобразователю (отображается над базовой линией) рассматривается в *виде* волны нормальной печеночной венозной волны.

Фазность против фазы

Путаница в терминологии Доплера печени связана с тонкими различиями в значении между словами *фазы* и *фазность*, а также различия во мнениях относительно того что представляет собой фазу. *Фаза* - еще одно слово для *циклического*; его отсутствие или наличие (и степень) могут быть квалифицированы. *Фазность* имеет аналогичное значение как *фазическое*; любой фазовый (или циклический) процесс может быть описан как имеющий фазу. С другой стороны, фаза представляет собой этап или часть фазового процесса; количество фаз может быть количественно определено.

Фазовый кровоток имеет флуктуации скорости и ускорения, которые генерируются циклическими (фазными) колебаниями давления, которые, в свою очередь, генерируются сердечным циклом (сердечная фазность). При анализе фазового кровотока на спектральном доплеровском УЗ, он отображается как фазовый сигнал. Другими словами, форма волны имеет фазу. Это открытие либо присутствует, либо отсутствует, но не поддается количественной оценке числом. Если нет абсолютно никакого потока (т. Е. Нет скорости), фаза отсутствует, а форму волны можно назвать «афазной». Пока существует поток, существует некоторая форма фазности. Когда есть поток (т. Е. Скорость), но нет изменений скорости или ускорения, форма волны является плоской, и нет изменения фазности; это называется «афазной» формой волны. Если есть изменения скорости (наклоны) и ускорения (перегибы), форма волны не может быть описана как несимметричная; вместо этого он является фазной или пульсирующим, в зависимости от степени волнообразного волнения. Если есть мягкая волнистость (мелкие склоны и небольшой вертикальный интервал между перегибами), как и в нормальных венах, форма волны описывается как фазная. Если наблюдается заметная волнистость (крутые склоны и широкий вертикальный диапазон между перегибами), как и в обычных артериях, форма волны описывается как пульсирующая. Концепцию фазности лучше всего изучать путем обзора изображений каждого типа потока (пульсирующего, фазового, нефазного и афазного). (Рис. 5).

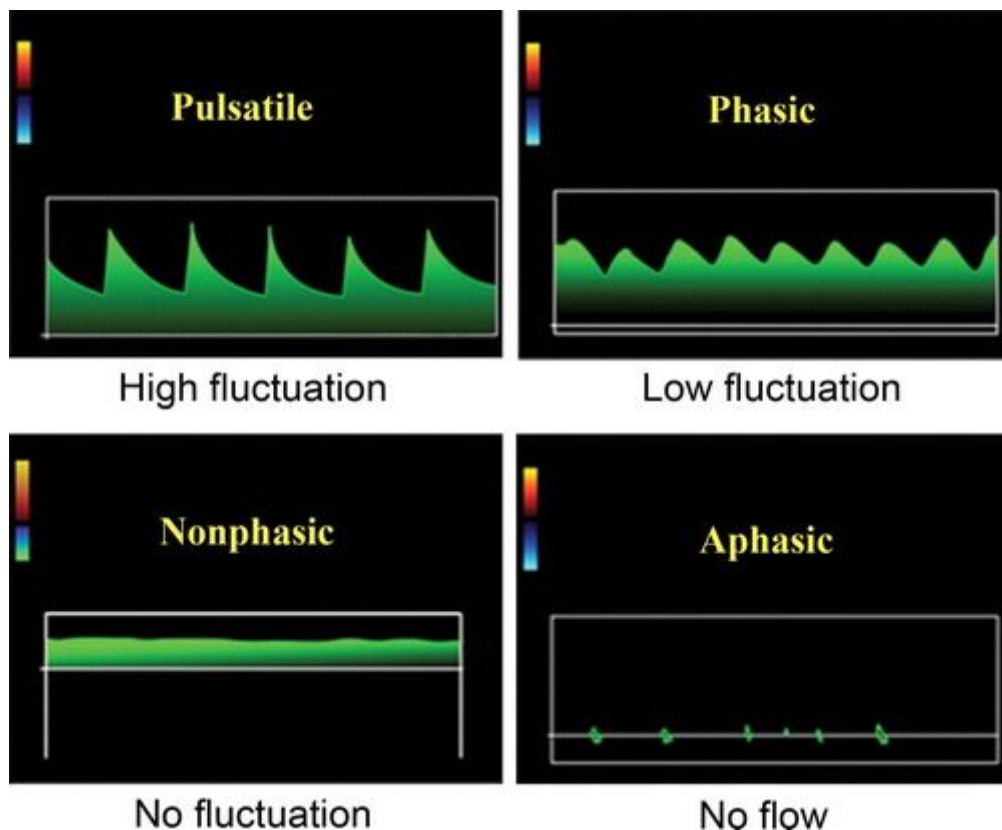


Рисунок 5 Фазность. Диаграммы иллюстрируют различные формы сигналов. Термины, используемые для описания степени волновой волны, эмпирически описывают характеристики скорости и ускорения формы волны. Обратите внимание, что пульсирующие, фазовые и нефазные сигналы потока имеют фазу. Пульсирующее течение представляет собой преувеличенную фазу, которая обычно наблюдается в артериях, но также может наблюдаться в больных венах. Нефазный поток фактически имеет фазу (1); однако фаза не имеет изменения скорости (нефаза может рассматриваться как означающая «невариантность»). Термин афазический буквально означает «без фазы», который имеет место, когда поток отсутствует.

Фазовая квантификация была неоднозначной с момента появления спектрального доплеровского УЗ(рис. 6). Существует явная нехватка консенсуса, даже среди сонологов (т. Е. Радиологов, которые интерпретируют исследование в США), о том, что составляет фазу. Традиционно сонологи определяли фазу с точки зрения изменений ускорения (т. Е. Точек перегиба) (9 , 10), исходя из наблюдения, что точки перегиба генерируют слышимые звуки в УЗ Допплере. Согласно этому подходу картина потока описывается как «двухфазная», если в течение каждого цикла звучат два звука и «трифаз», если слышны три звука. В последнее время сонологи считают, что эта фаза определяется с точки зрения дискретных компонентов потока в любом направлении (то есть, по обе стороны от базовой линии) (8 , 11). Это определение основано на наблюдениях спектральной формы Допплера. DAM предпочитает последнее определение фазы, тогда как ММАУ предпочитает прежнее определение.



Рисунок 6 Неоднозначность интерпретации фаз. Схемы иллюстрируют, как различные интерпретации того, что составляет фазу, могут влиять на характеристики и номенклатуру сигналов. DAM интерпретирует фазу как компонент формы волны по обе стороны от базовой линии; ММАУ интерпретирует фазу как перегиб.

В конце концов, что представляет собой фазу в спектральном доплеровском УЗИ, является произвольным, если фаза является частью или компонентом фазовой формы волны. Несколько точек могут быть приведены в поддержку представления о том, что фаза определяется на основе направления потока, а не точек перегиба. Во-первых, когда кто-то интерпретирует спектральную доплеровскую экспертизу в УЗИ, он или она не «прислушивается» к результатам, а просматривает полученные изображения. Конечно, доплеровское аудио пришло первым, но спектральный доплер более продвинутый. Возможно, когда клиницисты прислушиваются к артериальному пульсу пациента, они должны сказать: «Я слышу нормальный ди-флективный пульс», а не «Я слышу нормальный двухфазный импульс». Во-вторых, если бы правда, что точки перегиба (изменения ускорения) определяли количество фаз в спектральном доплеровском УЗ, так называемые монофазные и трехфазные волны были бы невозможны, так как точки перегиба всегда встречаются парами. Рассмотрим трехфазный поток, учитывая предположение о том, что фаза определена в терминах точек перегиба: никакой цикл никогда не может образоваться, поскольку после третьего перегиба волна просто простирается от верхней или нижней части экрана, что будет означать бесконечное увеличение скорости потока, что физически невозможно. Наконец, традиционная система описывает плоские формы волны, без точек перегиба, как монофазные. В этом случае система относится к числу скоростей потока (один) для количественного определения количества фаз. Это внутренняя несогласованность традиционной системы наименования. Поскольку система описывает трехфазные волны как имеющие три перегиба и двухфазные волны, имеющие два перегиба, можно было бы ожидать, что однофазная волна имеет один перегиб. Однако, эти формы волн фактически не имеют перегибов (т. е. точек нулевого перегиба). Определение фазы имеет последствия для номенклатуры осциллограмм, которые влияют на согласованность. Когда фаза определяется на основе направления, а не перегиба, может быть достигнута систематическая характеристика любой волны, так что слова, используемые для описания волны, могут быть введены в компьютер и воссозданы формы волны.

Независимо от того, хорошо ли известно, что дескрипторы определения количества фазы, такие как *монофазные*, *двухфазные* и *трехфазные*, могут быть двусмысленными, учитывая эту разницу в определении фазы. Еще один момент, который следует иметь в виду, состоит в том, что нефазные волны фактически не имеют фазности; скорее, они имеют одну фазу (т. е. монофазные) без каких-либо перегибов. Лучше всего думать о *не-* в *нефазных* что означает отсутствие колебаний скорости. Единственной волной, которой действительно не хватает фазы, является афазная волна, которая коррелирует с отсутствующим потоком. Точно так же можно подумать, что пульсирующая форма волны не является фазической или что она противоположна фазическому. В действительности, однако, пульсирующие формы волны являются примерами драматической или преувеличенной фазности.

Различные значения *фазическим* и *фазы*, а также различные мнения относительно того, что представляет собой фазу, можно суммировать следующим образом.

Фазность определяется как качество фазного, так же как щедрость - это качество щедрости. *Фазные* и *циклические* являются синонимами: оба термина относятся к процессам с повторяющимися циклами. Поэтому волны с фазой имеют волновые компоненты (наклоны и точки перегиба), которые повторяются через равные промежутки времени. Наличие или отсутствие фазности можно квалифицировать с помощью различных терминов: пульсирующий поток (артерии), фазовый поток (вены), нефазный поток (больные вены) и афазный поток (больные сосуды без потока).

Фаза определяется как повторяющийся компонент или фракция фазового процесса. Количество фаз может быть количественно определено (однофазное, двухфазное, трехфазное или четырехфазное). То, что составляет фазу, является вопросом толкования. DAM интерпретирует фазу как каждый компонент дискретной формы сигнала по обе стороны от базовой линии (направления переменного потока) в течение одного цикла. При такой интерпретации количество фаз (измерения фазы) равно числу составляющих формы сигнала на каждой стороне базовой линии в течение одного цикла. ММАУ интерпретирует фазу как каждую уникальную точку перегиба на волновой форме в течение одного цикла, которая была первоначально описана в терминах и коррелирует с количеством звуков, услышанных в аудио УЗ Допплере. С этой интерпретацией, возможно, в будущем будет достигнуто консенсусное заявление, касающееся того, что представляет собой фазу и соответствующее количественное определение фаз, тем более что оно относится к общей номенклатуре осциллограмм. Тем не менее, в этой статье интерпретация DAM фазы будет использоваться для количественной оценки фаз и последующей номенклатуры сигналов.

Однонаправленный по сравнению с двунаправленной

Термины *однонаправленные* и *двунаправленные* также могут быть использованы для описания направления потока (фиг. 7). Можно сказать, что сосуды с потоком только в одном направлении (независимо от антеградного или ретроградного) имеют однонаправленный поток, который может быть монофазным (обсуждался ранее). Говорят, что сосуды, имеющие поток в двух направлениях, имеют двунаправленный поток, который может быть двухфазным, трехфазным или четырехфазным, в зависимости от того, сколько раз кровь течет в каждом направлении.

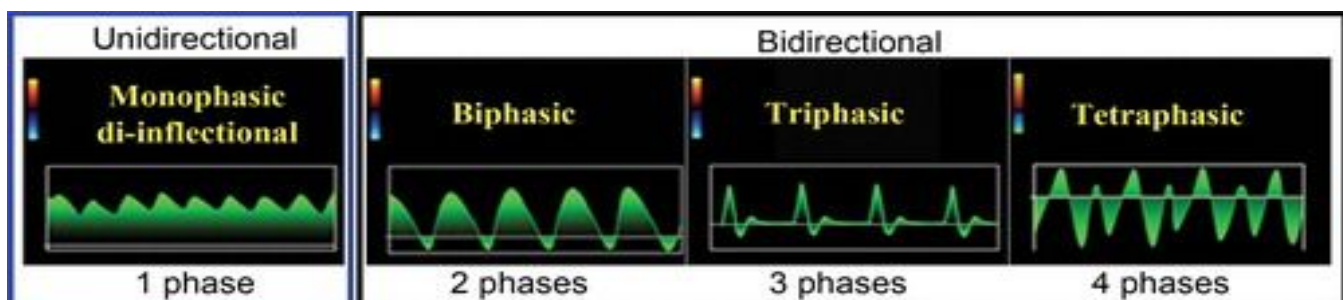


Рисунок 7 Направленность и фазовая квантификация. Когда фаза определяется как компонент направления фазового потока, формы колебаний могут быть в терминах количества фаз. Все однофазные волны однонаправленные; двунаправленные формы волн могут быть двухфазными, трехфазными или четырехфазными.

Количественная оценка.

Как уже упоминалось ранее, любой сигнал может быть охарактеризован в зависимости от количества перегибов в каждом цикле (рис. 8). Инфлексии должны происходить попарно; в противном случае то, что идет вверх, не сходит. Волновые формы без перегиба - неинтегральные; те, у кого есть два перегиба, являются ди-флективными; и те с четырьмя перегибами - максимальное количество перегибов на сердечный цикл - являются тетраинфлективными. Поскольку сонологи (включая ММАУ) традиционно считали каждую точку перегиба в цикле (а не компонентами с каждой стороны формы волны в цикле), чтобы составлять фазу, в номенклатуре формы сигнала существует значительная неоднозначность.



Рисунок 8. Схемы иллюстрируют формы сигналов, которые можно охарактеризовать на основе количества перегибов. Инфлексии текущих параметров. Невозможно иметь нечетное количество перегибов; в противном случае цикл никогда не повторится. Тем не менее, некоторые сонологи (включая ММАУ) могут вызывать форму волны на левой монофазной основе, исходя из того, что она имеет только одну скорость потока. ММАУ вызывает форму волны в среднем двухфазном, исходя из количества точек перегиба (два) на волну.

Артериальное сопротивление.

В физиологическом состоянии артерии способны изменять свое сопротивление отводящему потоку по отношению к органам, которые в ней больше всего нуждаются. В общем, когда орган должен быть «включен», с артериолой расслабляется, сигнал принимает низкое сопротивление, и орган надлежащим образом перфузируется. Когда орган переходит в режим энергосбережения, его артериолы сжимаются, форма волны переключается на высокое сопротивление, и поток отводится на другие органы.

Во время стандартных доплеровских исследований в УЗИ артерии имеют физиологическую тенденцию к благоприятствующему состоянию с низким или высоким сопротивлением. Артерии, которые обычно имеют низкое сопротивление в находящемся в покое пациентах (т.е. неактивных), включают внутренние сонные артерии (мозг всегда включен), печеночные артерии (печень в состоянии), почечные артерии (почки включены) и тестикулярные артерии (таблица 1). Постпрандиальные (nonfasting) брыжеечные сосуды (верхние и нижние брыжеечные артерии) также имеют низкое сопротивление; однако стандартная спектральная доплерография УЗИ этих сосудов выполняется у пациентов натошак. Артерии, которые обычно имеют высокую резистентность у отдыхающих пациентов, включают в себя внешние сонные артерии (мышцы лица и головы), сосуды конечностей (мышцы отдыхают), а также брыжеечные артерии натошак (желудочно-кишечный тракт отдыхает) (таблица 2).

Internal carotid arteries
Hepatic arteries
Renal arteries
Testicular arteries

Таблица 1 Низкорезистентные артерии (с низким сопротивлением) (нормальный $RI = 0,55-0,7$)

Примечание. RI = резистивный индекс.

External carotid arteries
Extremity arteries (eg, external iliac arteries, axillary arteries)
Fasting mesenteric arteries (superior and inferior mesenteric arteries)

Таблица 2 Высокореистентные артерии (с высоким сопротивлением) (нормальный $RI > 0,7$)

Примечание. RI = резистивный индекс.

Сопротивление или полное сопротивление потоку могут быть описаны эмпирически или количественно (рис. 9). Эмпирические данные получены с визуальным контролем и характеристикой формы волны. Если самая низкая точка (прогиб) формы волны на конце диастолы высока, во время диастолы наблюдается относительно большой поток, что указывает на сосуд с низким сопротивлением. Если выемка низкая, во время диастолы относительно меньше потока, что указывает на сосуд с высоким сопротивлением.

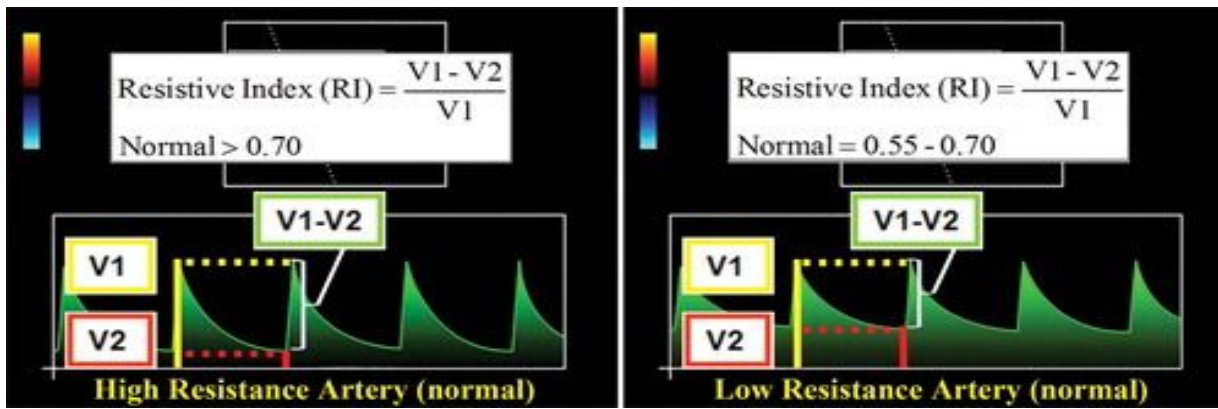


Рисунок 9 *Высокорезистентные артерии. Схема показывает, что высокорезистентная артерия (слева) поставляет меньше кровотока во время конца диастолы (выемка ниже), чем артерия с низкой сопротивляемостью (справа). Эти визуальные результаты подтверждаются вычислением RI. Высокорезистентные артерии обычно имеют RI более 0,7, тогда как артерии с низким сопротивлением имеют RI в диапазоне от 0,55 до 0,7. Печеночная артерия является артерией с низкой сопротивляемостью (низкорезистентной).*

Артериальная устойчивость исторически характеризовалась количественно с использованием трех разных показателей: резистивного индекса (RI), систолического / диастолического отношения и индекса пульсации (PI). Следует иметь в виду, что PI в артериях (среднее значение $(V_1 - V_2) / V_1$, где V_1 = пиковая систолическая скорость и V_2 = конечная диастолическая скорость) рассчитывается иначе, чем PI в воротной вене (V_2 / V_1). Наиболее часто используемым показателем в печеночных артериях является RI, который рассчитывается как

$$RI = \frac{(PSV - EDV)}{(PSV)} = \frac{(V_1 - V_2)}{V_1},$$

где PSV = пиковая систолическая скорость и EDV = конечная диастолическая скорость. Расчет RI, вероятно, является самой легкой частью измерения и отчетности артериального импеданса; большинство американских поставщиков предоставляют программное обеспечение, которое автоматически выполняет этот расчет. Что делать с результатом гораздо менее понятно. Это связано с тем, что нормальный диапазон варьируется от одной артерии, учреждения и опубликованной статьи к следующей. Кроме того, значение аномального результата не всегда ясно. Поэтому разумно не полагаться исключительно на эти измерения; скорее, они должны использоваться в качестве вспомогательных данных.

Как правило, низкоорезистентные артерии обычно имеют RI 0,55-0,7. Печеночная артерия представляет собой сосуд с низким сопротивлением; Тем не менее, более широкие диапазоны нормальных 0,55-0,81 были зарегистрированы для этого сосуда (12 - 14). Любой измеренный RI выше или ниже нормального диапазона может представлять собой заболевание. Высокорезистентные артерии физиологически имеют RI более 0,7; любой RI ниже этого может представлять собой заболевание. Как упоминалось ранее, болезнь может влиять на артериальную резистентность. Чтобы определить, является ли артериальное сопротивление ненормальным (т.е. слишком высоким или слишком низким), необходимо учитывать ожидаемое сопротивление в этом конкретном сосуде. Например, RI 0,8 во внешней сонной артерии является совершенно нормальным, поскольку эта артерия является сосудом с высокой сопротивляемостью; однако тот же RI в сосуде с низким сопротивлением (например, печеночная артерия) является ненормальным и может представлять собой заболевание.

В контексте доплеровской дозы в УЗИ следующие пункты обеспечивают упрощенный, но, тем не менее, полезный способ понять болезнь, влияющую на RI печеночной артерии.

1. **Teaching Point** Высокий RI не специфичен для заболевания печени; поэтому он менее значим как изолированный вывод, чем низкий RI.
2. **Teaching Point** RI, который является слишком высоким, может быть результатом постпрандиального(после еды) состояния, расширенного возраста пациента или диффузного дистального микрососудистого заболевания, которое имеет множество причин, включая хроническое заболевание печени из-за цирроза или хронического гепатита.
3. **Teaching Point** RI, который является слишком низким, может быть результатом проксимального стеноза или дистального сосудистого шунтирования (артериовенозные или артериопортальные фистулы), как видно при тяжелом циррозе; травма (включая ятрогенную травму); или синдрома Ослера-Вебера-Ренду.

Образцы потоков и выходы формы

Существуют три основные схемы кровотока: **ПОТОК ВКЛЮЧЕНИЯ** (нормальный), ламинарный поток (нормальный) и турбулентный поток (нормальный или ненормальный) (рис. 10) (15). Влияние размера сосуда на его спектральный сигнал лучше всего понять, учитывая, что происходит на границе между стенкой сосудов и течением крови. Стена оказывает эффект «торможения» на движущуюся кровь, так что скорость на периферии просвета ниже, чем в центре. В больших сосудах этот эффект сопротивления относительно минимален, причем большая часть крови движется с одинаковой скоростью, и лишь небольшая часть движется медленнее на периферии. Контрольный объем легче помещать в эту равномерно движущуюся колонну крови. **Поток включения** - это максимальный эффект большого сосуда, описанный только в грудной аорте. Такая картина потока создает четкую спектральную форму волны, которую можно нарисовать карандашом или маркером. В небольших сосудах с ламинарным потоком эффект сопротивления более значителен, с более широким диапазоном скоростей от центра к периферии; этот диапазон часто описывается как имеющий параболическое распределение. Турбулентный поток представляет собой неорганизованный поток, с карманами потока, движущимися с разной скоростью и в разных направлениях. Он представляет собой обычное обнаружение при бифуркациях и аномальное обнаружение в сразу постстенотической части больного сосуда.

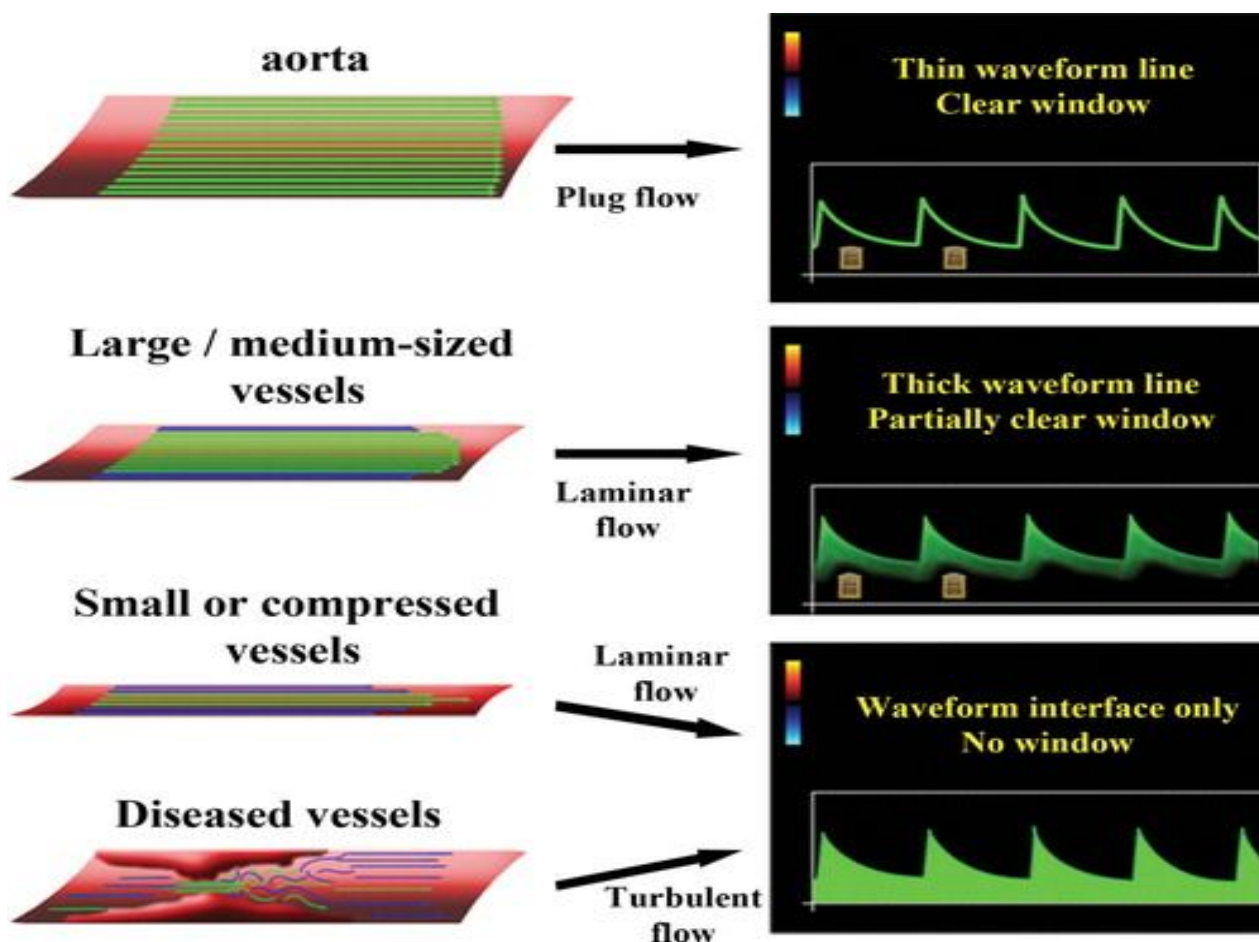


Рисунок 10 Диаграммы иллюстрируют «спектральное окно» и спектральное расширение. В проксимальной аорте (вверху слева) **поток включения** приводит к тонкой форме волны и прозрачному спектральному окну (вверху справа). Обратите внимание на фактические окна (желтые), наложенные на первые два спектральных окна. В сосудах, меньших, чем аорта, кровоток является ламинарным. В больших и средних сосудах (слева, второй сверху) форма волны толстая, но по-прежнему есть спектральное окно (среднее справа). В небольших или сжатых сосудах (слева, второй снизу) имеется значительное спектральное расширение, которое скрывает спектральное окно (внизу справа). Болезненные сосуды с турбулентным потоком (внизу слева) также вызывают спектральное расширение (внизу справа).

Спектральное расширение наблюдается, когда форма волны больше не отслеживается карандашом или маркером. Другими словами, спектральное окно начинает заполняться. Спектральное расширение может создаваться искусственно, физиологически (в небольших сосудах) или патологически (табл. 3) (16). Искусственное расширение генерируется либо (а) увеличением размера контрольного объема, тем самым увеличивая диапазон скоростей, отобранных в параболическом распределении потока; или (б) увеличивая доплеровское усиление. Последний метод аналогичен тому, как может быть сделана любая простая киста, чтобы показать внутренние эхо-сигналы, если коэффициент усиления достаточно высок. Физиологическое спектральное расширение происходит в небольших кровеносных сосудах, таких как печеночная или позвоночная артерии. В целом, чем меньше емкость, тем больше спектральное расширение можно ожидать, так как более широкий диапазон скоростей отбирается от центра к периферии сосуда. Другой причиной физиологического спектрального расширения является турбулентный поток при бифуркациях, например, в сонных артериях. В таких случаях расширенный внешний вид обусловлен широким диапазоном скоростей, отобранных в модели неорганизованного турбулентного течения. Патологическое спектральное расширение происходит в результате аномально сжатых (суженных) сосудов.

Artificial
Large sample volume
High gain
Physiologic
Normal small vessels (hepatic arteries)
Normal turbulence (bifurcations)
Pathologic
Compressed vessels (eg, hepatic veins in cirrhosis)
Turbulent flow (poststenotic flow)

Причины спектрального расширения

Номенклатура сигналов

Любая форма сигнала может быть систематически описана или может быть названа обычными терминами. Систематическая характеристика всех осциллограмм включает в себя функции, описанные ранее. В частности, эти особенности включают преобладающее направление течения (антеградное и ретроградное), фазность (пульсирующая, фазическая, нефазальная или афазная), фазовая квантификация (однофазная, двухфазная, трехфазная или четырехфазная) и количественная оценка перегиба (аниффебрационная, ди-флективная или tetrainflectional). Дополнительные особенности включают наличие или отсутствие спектрального расширения, а в артериях - уровень сопротивления (высокий или низкий). Прагматически объем работы и временные ограничения ограничивают полезность рутинной систематической характеристики для всех спектральных доплеровских исследований. Однако обычные системы именования, предназначенные для краткости, помогут преодолеть эти ограничения. Эти концепции сигналов лучше всего просматривать, просматривая несколько нормальных (Рис. 11) и аномальным (рис. 12), каждая с соответствующими характеристиками идентификации и условным названием.

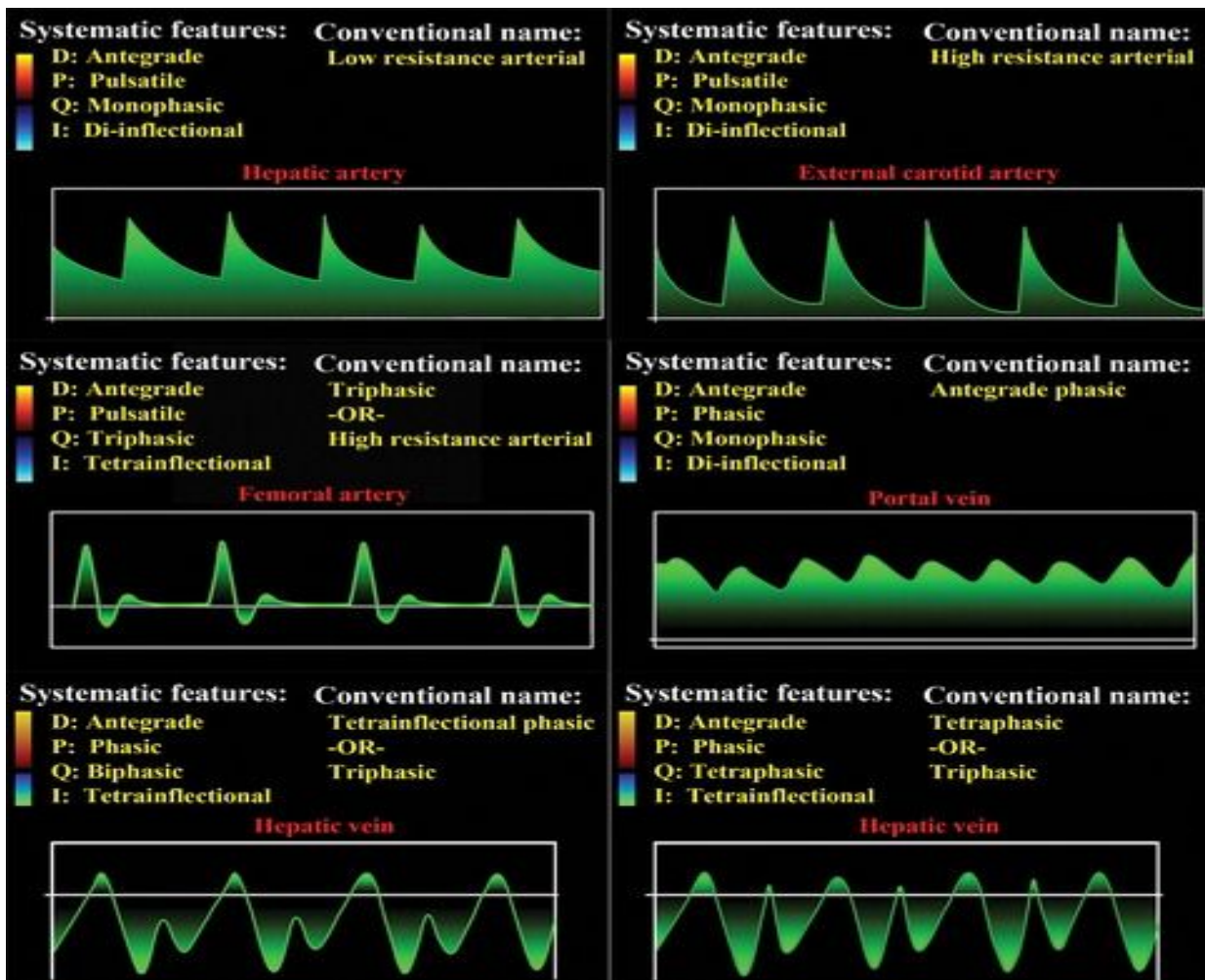


Рисунок 11 Номенклатура формы волн (нормальные формы волны). Диаграммы иллюстрируют, как нормальные формы сигналов могут быть политически различаться на основе направлений (D), фазности (P), определения количества фазы (Q)

и количественного определения перегиба (I). Артерии могут быть дополнительно охарактеризованы на основе их уровня сопротивления (высокого или низкого). Бедренная артерия имеет действительно трехфазный поток. Нормальный печеночный венозный поток исторически назывался трехфазным; в действительности, однако, это двухфазный с преимущественно антеградным потоком и четырьмя точками перегиба.

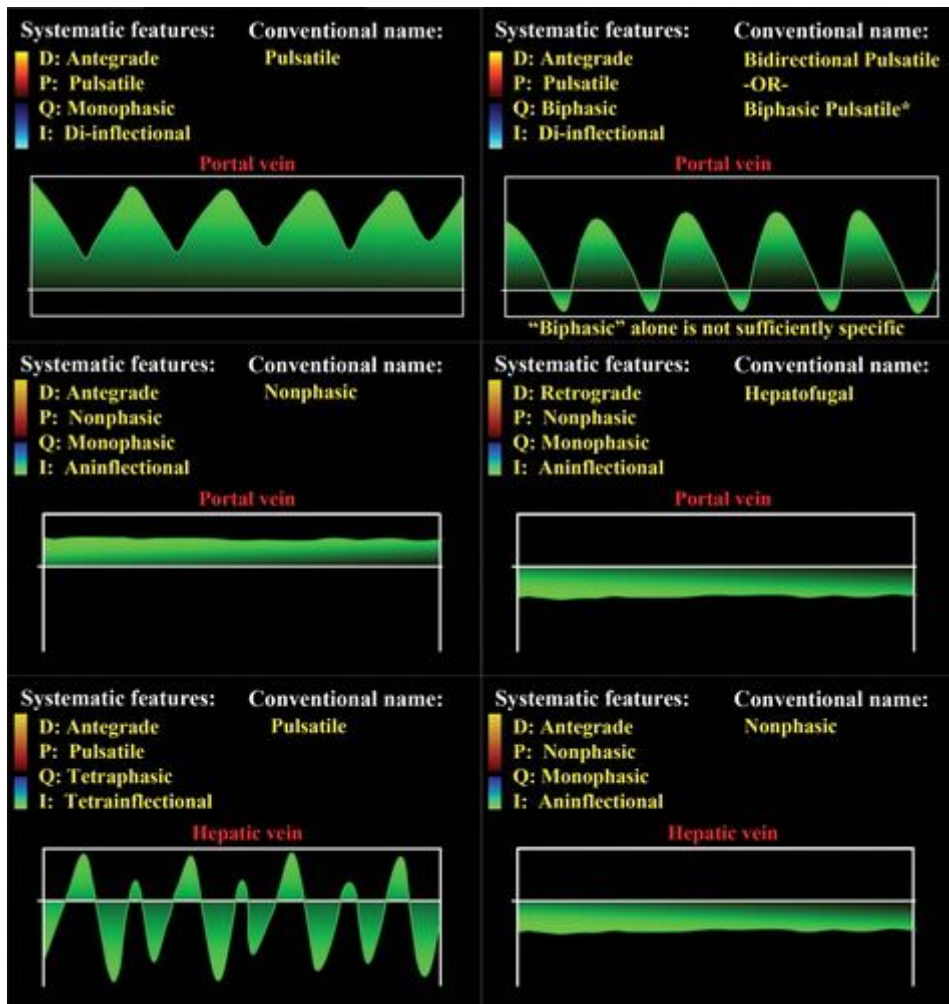


Рисунок 12 Номенклатура формы волн (аномальные формы сигнала). Диаграммы иллюстрируют, как аномальные формы сигналов, такие как нормальные формы волн, могут систематически характеризоваться на основе направлений (D), фазности (P), определения количества фазы (Q) и определения количества перегиба (I).

Динамика потока стеноза

Следует помнить, что существует вероятность путаницы при использовании терминов *вверх* и *вниз по течению* в зависимости от того, выбран ли УЗ датчик или точка заболевания (например, стеноз) в качестве контрольной точки (рис. 13). По этой причине всегда целесообразно квалифицировать слова *вверх* и *вниз по потоку* с помощью дескриптора, который указывает, что на самом деле находится вверх или вниз по течению, имея в виду, что текущая кровь определяет направление «потока». Фраза *восходящего стеноза* означает, что преобразователь измеряет скорость из контрольного объема проб из крови, которая ранее проходила через стенозическую часть сосуда. В таком случае, при стенозе в качестве контрольной точки, преобразователь фактически находится ниже по течению. Точно так же фраза *нисходящего стеноза* означает, что преобразователь представляет собой скорость отбора проб из крови, которая еще не прошла через стеноз. В этом случае преобразователь фактически находится вверх по течению от стеноза.

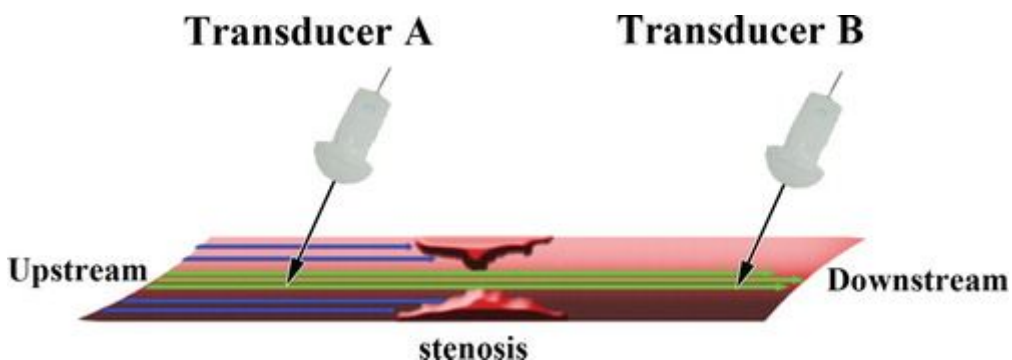


Рисунок 13 Диаграмма показывает, как направление «поток» определяет перенаправление потока. восходящий относится к крови, которая еще не прошла контрольную точку, тогда как нисходящий поток относится к крови, которая уже прошла контрольную точку. С точки зрения стеноза преобразователь А расположен вверх по течению. В положении

преобразователя А обнаружен стеноз нижнего потока. С точки зрения стеноза преобразователь В ближайшем по течению. В положении преобразователя В воспринимается восходящий стеноз.

Признаки стеноза могут быть либо прямыми, либо косвенными (рис. 14). Прямыми признаками являются те, которые обнаруживаются при стенозе, тогда как косвенными признаками являются те, которые обнаружены выше или ниже по течению от стеноза. Прямые признаки включают повышенную систолическую скорость пика и конечную диастолическую скорость или спектральное расширение из-за турбулентного потока в сразу постстенотической части (8, 17).

Косвенные находки стеноза можно разделить на субъективные и объективные результаты.

Субъективные доказательства стеноза восходящего потока обычно рассматриваются как форма волны *tardus-parvus*.

Это описание основано на эмпирических наблюдениях пика формы волны; в частности, речь идет о позднем (латинском, *tardus*, «медленном» или «позднем») и низком (латинском, *parvus*, «малом») появлении пика (рис. 15).

Термин *tardus-parvus* чаще всего применяется в случаях стеноза аорты и стеноза почечной артерии; однако это обнаружение может наблюдаться в постстенотической нисходящей части любой сосудистой территории. Форма сигнала *tardus-parvus* может быть объективно подтверждена на основе расчетов, таких как значения ускорения (нормальные, $> 5 \text{ м / с}^2$), время до пика (нормальное, $< 70 \text{ мс}$) и RI. RI является низким в настройке восходящего стеноза, потому что пиковая систолическая скорость уменьшается непропорционально больше, чем конечная диастолическая скорость. Если измерять нисходящий стеноз (измерение вверх по течению от стеноза), конечная диастолическая скорость уменьшается непропорционально больше, чем пиковая систолическая скорость; поэтому RI выше нормы. Следует помнить, что это открытие не является специфическим для нисходящего стеноза, поскольку диффузное микрососудистое заболевание среди других лиц также может повысить устойчивость.

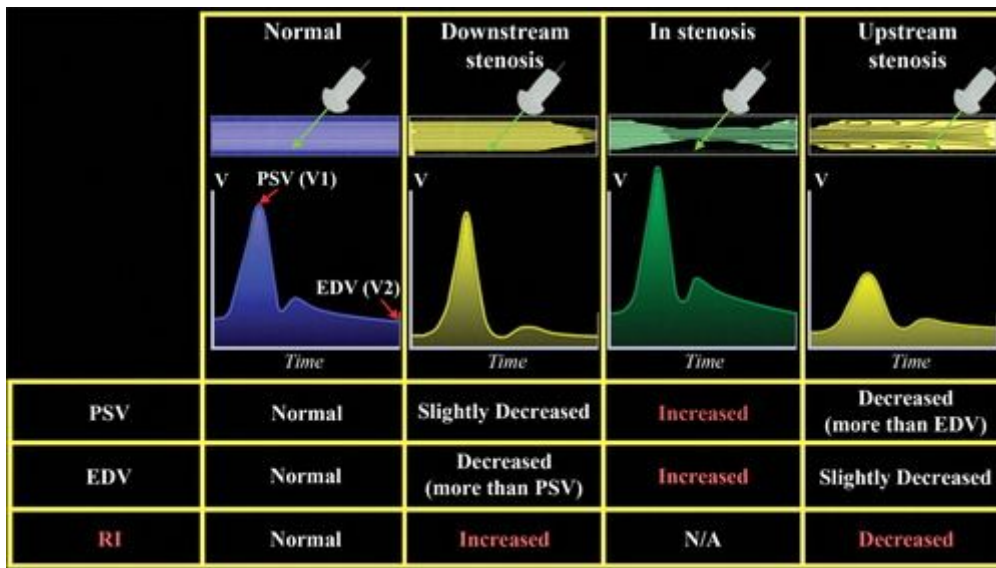


Рисунок 14 Динамика потока при высокопроцентном стенозе. Диаграмма иллюстрирует влияние стеноза на контурные спектральные сигналы и измеренные параметры, такие как пиковая систолическая скорость (ПСВ), конечная диастолическая скорость (EDV) и RI. Синий = нормальный контур сосуда и формы волны, желтый = престенотические и постстенотические сосуды и контуры формы волны, зеленый = в стенозированной области и контур формы волны. Обратите внимание, что скорость увеличивается в стенозированной части сосуда и что RI увеличивается, когда стеноз находится ниже по течению, но уменьшается, когда стеноз находится выше по течению. Форма сигнала, на контур которой влияет верхний стеноз, часто описывается как форма волны *tardus-parvus*.

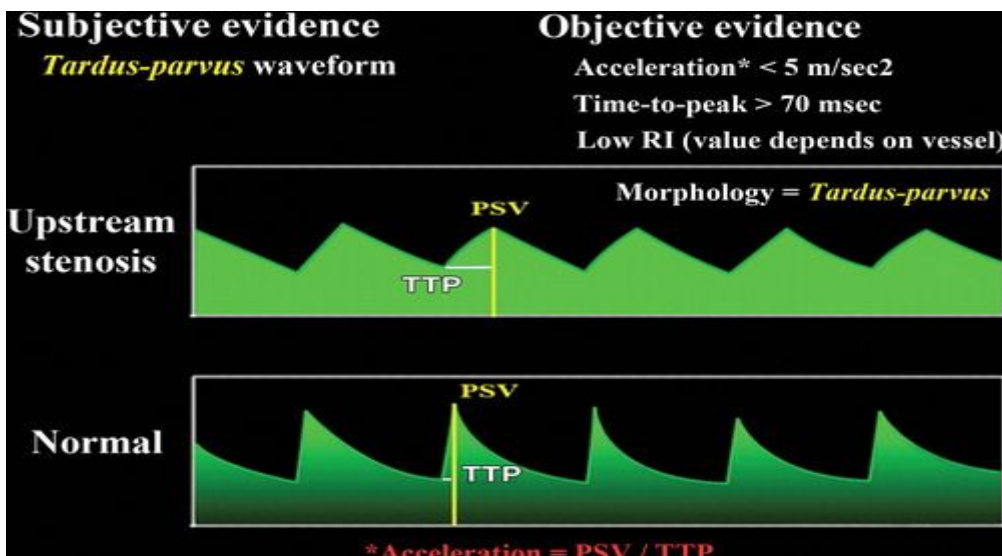


Рисунок 15 Диаграмма иллюстрирует восходящий стеноз (форма волны *tardus-parvus*). Использование термина *ardus-parvus* не требует измерения или расчета; скорее, он основан на субъективных наблюдениях пика формы волн. Когда очевидно, что пик слишком поздний (*tardus*) и слишком низкий (*parvus*), использование этого слова является подходящим. Это открытие происходит только ниже по течению от стеноза (т. Е. Из-за восходящего стеноза). Это обычно наблюдается при постановке стеноза почечной артерии или стеноза аорты. Однако это также можно увидеть при постановке стеноза печеночной артерии (восходящий стеноз). PSV = максимальная систолическая скорость, TTP = время до пика.

Доплеровские волны печени

Три крупных сосуда, сканируемых в доплеровском режиме в печени, - это печеночные артерии, печеночные вены и портальные вены.

Teaching Point Характерная сигнальная форма сигнала, которая коррелирует с уникальной картиной потока рассматриваемого сосуда, диктуется анатомическим положением сосуда в системе кровообращения (системная артериальная сторона, системная венозная сторона или портальное венозное положение) и генерируемые циклические изменения давления по сердечной деятельности.

Термин *запись сигнала* часто используется в УЗ Doppler печени, так как форма волна каждого крупного сосуда настолько специфична, что он может быть использован для идентификации сосуда, даже тогда, когда серые или цветные УЗ доплеровские проявления являются неоднозначным. Фактически, сонографы часто используют форму волны для идентификации или подтверждения изображенного сосуда.

Печеночные артерии

Нормальная печеночная артериальная форма сигнала легче всего понять, вероятно, потому, что можно интуитивно представить волну давления, генерируемую в левом желудочке, а затем распространиться на системные артерии. Простая пальпация собственного импульса дает модель для понимания пульсирующего внешнего вида волны данной артерии.

Как упоминалось ранее, нормальная печеночная артериальная волна может быть описана как пульсирующая. Его пиковая высота соответствует пиковой систолической величине (V_1), а ее желоб соответствует конечной диастолической скорости (V_2) (рис. 16). Поток является антеградным на протяжении всего сердечного цикла и отображается выше базовой линии. Поскольку печень требует непрерывного кровотока, печеночная артерия представляет собой сосуд с низким сопротивлением, ожидаемый RI составляет от 0,55 до 0,7. Таким образом, печеночная артериальная форма обычно пульсирует с низким сопротивлением.

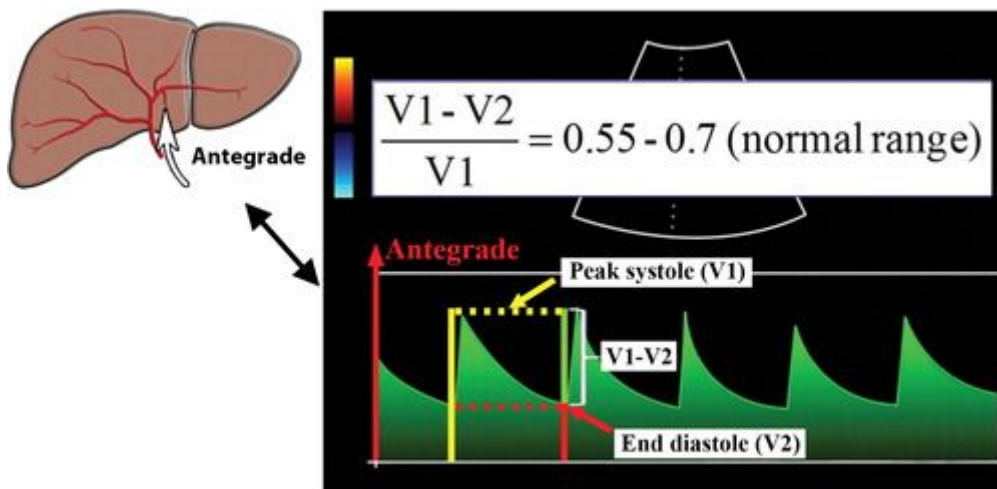


Рисунок 16 Диаграмма показывает нормальное направление печеночного артериального потока и форму волны. Направление течения в любой момент печеночной артерии является антеградным (слева), что соответствует форме волны выше базовой линии на спектральном доплеровском (справа). Печеночная артерия обычно представляет собой сосуд с низким сопротивлением, то есть он должен иметь RI от 0,55 до 0,7.

Болезнь печени может проявляться в печеночной артерии как аномально повышенная ($RI > 0,7$) или снижение ($RI < 0,55$) сопротивления (рис. 17). Высокое сопротивление - это неспецифическое изменение, которое может наблюдаться в постпрандиальном состоянии, у пациентов пожилого возраста и диффузном периферическом микрососудистом (артериолярном) компрессии или заболевании, как это видно при хроническом гепатоцеллюлярном заболевании (включая цирроз), венозный застой печени, сосудистая ишемия (посттрансплантация) и любой стадии отторжения трансплантата (таблица 4) (18).

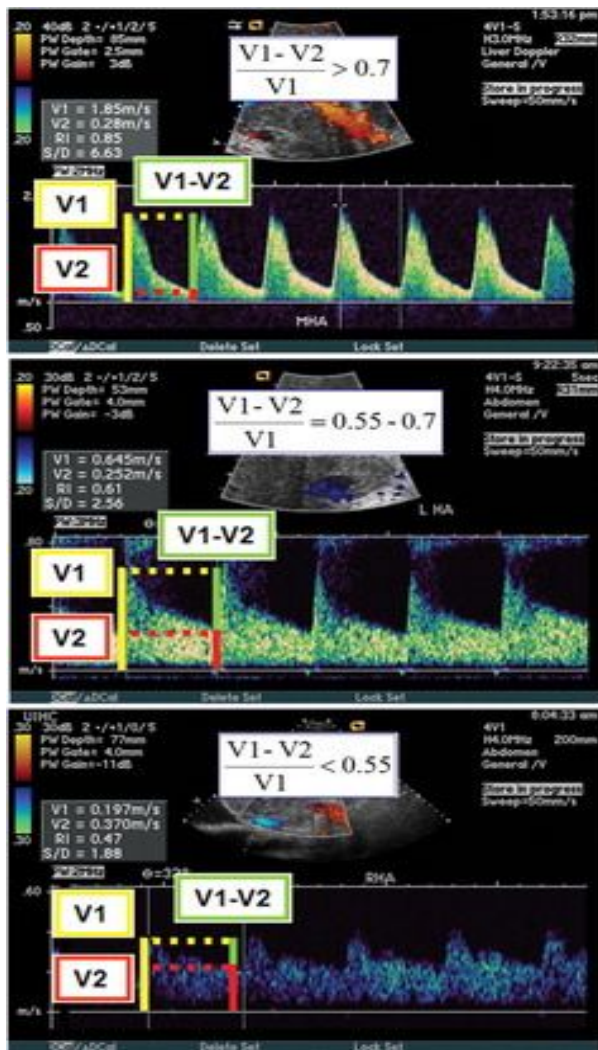


Рисунок 17 Схема показывает спектр увеличения артериального сопротивления печени (снизу вверх). Печеночная артерия обычно имеет низкое сопротивление ($RI = 0,55-0,7$) (среднее). Сопротивление ниже этого диапазона (внизу) является ненормальным. Точно так же любое сопротивление выше этого диапазона (сверху) также может быть ненормальным. Высокое сопротивление менее специфично для болезни, чем низкая устойчивость.

Pathologic (microvascular compression or disease)
Chronic hepatocellular disease (including cirrhosis)
Hepatic venous congestion
Acute congestion → diffuse peripheral vasoconstriction
Chronic congestion → fibrosis with diffuse peripheral compression (cardiac cirrhosis)
Transplant rejection (any stage)
Any other disease that causes diffuse compression or narrowing of peripheral arterioles
Physiologic
Postprandial state
Advanced patient age

Таблица 4 Причины повышенного артериального сопротивления печени ($RI > 0,7$)

Низкое артериальное сопротивление печени более специфично для болезни и имеет более ограниченную дифференциальную диагностику, включая условия, связанные с сужением проксимальных артерий (трансплантация стеноза печеночной артерии [анастомоз], атеросклеротическое заболевание (брюшнополостная или печеночная), синдром дуговидной связки) и дистальные

(периферический) сосудистые шунты (посттравматические или ятрогенные артериовенозные свищи, цирроз с портальной гипертензией и ассоциированными артериовенозными или артериопортальными шунтами, синдром Ослера-Вебера-Ренду с артериовенозными свищами) (таблица 5) (18).

Proximal arterial narrowing
Transplant stenosis (anastomosis)
Atherosclerotic disease (celiac or hepatic)
Arcuate ligament syndrome (relatively less common than transplant stenosis or atherosclerotic disease)
Distal (peripheral) vascular shunts (arteriovenous or arterioportal fistulas)
Cirrhosis with portal hypertension
Posttraumatic or iatrogenic causes
Hereditary hemorrhagic telangiectasia (Osler-Weber-Rendu syndrome)

Таблица 5 Причины снижения артериального сопротивления печени (RI <0,55)

Эффект цирроза на печеночную артериальную микроциркуляцию является сложным и переменным. Было показано, что артериальное сопротивление снижается, нормализуется или увеличивается у пациентов с циррозом (19). Считалось, что некоторые аспекты процесса заболевания, такие как воспалительный отек, артериальное сжатие регенеративными конкрециями и артериальное сжатие жесткой несовместимой (фиброзной) паренхимой, повышают устойчивость (20,21). Считается, что другие аспекты, такие как «ответ на печеночный артериальный буфер» (компенсаторная пролиферация малых артерий и увеличенное количество артериолярных слоев) и артериовенозное шунтирование, уменьшают сопротивление (22). Общий баланс этих факторов, по-видимому, диктует наблюдаемое сопротивление, и было показано, что печеночная артериальная RI не полезна для диагностики цирроза или прогнозирования его тяжести (9,19).

Печеночные вены

Печеночная венозная форма волны, хотя она хорошо описана в литературе, гораздо сложнее понять, чем печеночная артериальная форма, благодаря ее многочисленным компонентам, генерируемым сложными чередующимися антеградно-ретроградными давлениями или изменениями потока, которые, в свою очередь, создаются изменениями давления к сердечному циклу (1).

Модель для понимания этого сложного сигнала требует принятия двух частей информации. Во-первых, основная часть печеночного венозного потока является антеградом (рис. 18). Хотя есть моменты ретроградного течения, большинство кровотока должно быть антеградным, чтобы вернуться к сердцу. Антеградный поток идет от печени и к сердцу; таким образом, он также будет идти от преобразователя и, следовательно, отображается ниже базовой линии. Во-вторых, так же, как изменения давления в левом желудочке передаются системным артериям, изменения давления в правом предсердии будут передаваться непосредственно в печеночные вены. Просмотр себя, как фактически сидящего внутри правого предсердия, поможет предсказать, каким путем и насколько быстро кровь течет в каждый момент сердечного цикла. Хотя эта модель работает для понимания физиологического кровотока и повышенных состояний пульсации (застойной сердечной недостаточности [CHF] и трикуспидальной регургитации), она не применима в случаях цирроза.

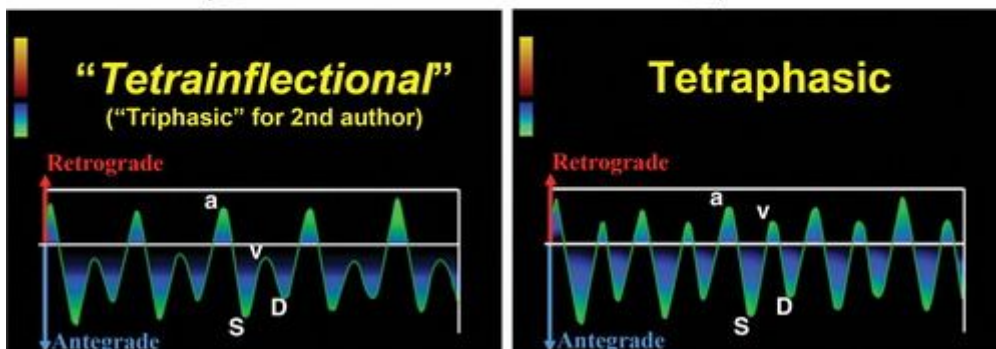
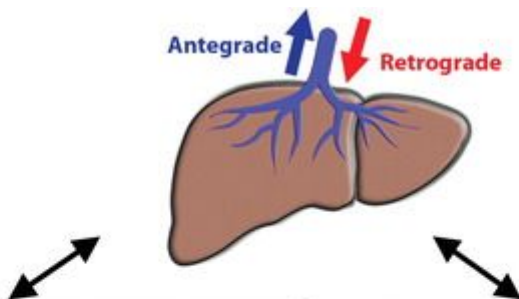


Рисунок 18 Диаграмма показывает нормальное направление венозного потока и форму волны. Направление нормального течения преимущественно антеградное, что соответствует форме волны, которая в основном ниже линии в спектральном доплеровском режиме. Термин трехфазный, который относится к точкам перегиба a, S и D, обычно используется для описания формы этой формы волны; в соответствии с DAM, однако этот термин является неправильным, а tetrainflectional более точным, поскольку он включает в себя v-волну и избегает неточной количественной оценки фазы. Нормальные печеночные венозные формы могут быть двухфазными (внизу слева) или тетрафазными (внизу справа).

Как упоминалось ранее, можно «декодировать» печеночную венозную форму, воображая себя внутри правого предсердия, «ощущая» изменения давления и сопоставляя эти изменения с сердечным циклом, как это видно при электрокардиографии (рис. 19). Все, что увеличивает давление правого предсердия (сокращение предсердий к конечной диастоле, позднее систолическое предсердное заполнение на закрытом трехстворчатом клапане), вызовет волну наклон вверх. Все, что уменьшает давление правого предсердия (нисходящее раннее систолическое атриовентрикулярное перегородочное движение, раннее диастолическое заполнение правого желудочка), вызывает скачек волны вниз.

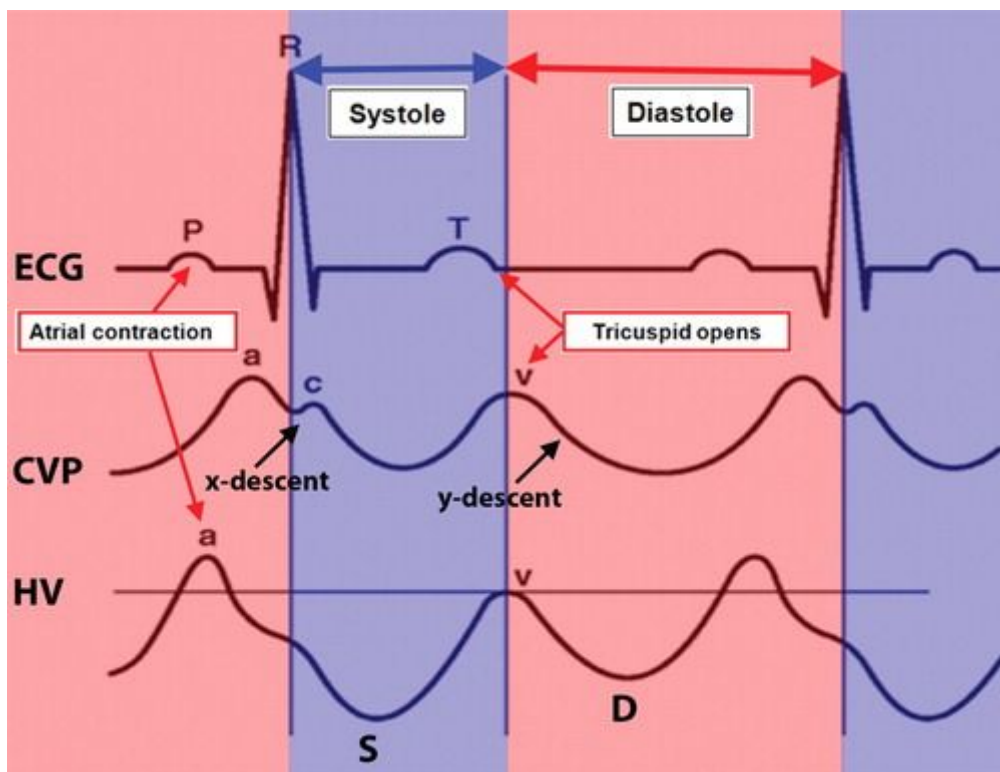


Рисунок 19 Результаты электрокардиографического (ЭКГ) корреляции с нормальным временем, центральное венозное давление (CVP) и печеночная венозная (HV) форма волны (4). Пик ретроградной на волне соответствует в пробном сжатии, которое происходит на конце диастолы. Впадина антеградная S волны коррелирует с пиком отрицательного давления, создаваемого при движении вниз атриовентрикулярной перегородки во время начала и до середины сестры. Пик v-волны, направленной вверх, коррелирует с открытием трикуспиды v что означает переход от систолы к диастоле. Пик этой волны может пересекать базовую линию (ретроградный поток) или может оставаться ниже соответствующих линий (т. Е. Остаться антеградной). Впадина антеградной D волны коррелирует с быстрым ранним диастолическим наполнением правого желудочка. Затем цикл повторяется. Обратите внимание на общую W-форму печеночной венозной формы, которая может запомнить, используя слово «форма волны» в качестве мнемонического устройства.

Волна первая волна встречается на форме волны. Он генерируется повышенным давлением правого предсердия, возникающим в результате сокращения предсердий, которое происходит к концу диастолы. Волна является вверх-указательной волной с пиком, который соответствует максимальному ретроградному венозному потоку. В физиологических состояниях, пик на волне выше базовой линии, а волна шире и выше, чем об волне (другая потенциально ретроградная волне). Даже в патологических состояниях волна a больше ширины v волна, которая представляет собой лучший способ изначально ориентироваться на форме волны. Единственный раз, когда это правило ломается в случаях тяжелой трикуспидальной регургитации, когда S волна становится ретроградной и сливается с через и V волн в одну большую ретроградную - S - V комплекса.

S волна следующая волна встречается на форме волны. Его начальная нисходящая часть снижается, уменьшая давление правого предсердия, в результате эффекта «сосания», создаваемого нисходящим движением атриовентрикулярной перегородки, когда она опускается к верхней части сердца в раннем периоде до середины мидистолы. Обратите внимание, что трехстворчатый клапан остается закрытым. Если бы он был открытым (трикуспидальная регургитация), результатом был бы патологический ретроградный поток. S волна соответствует антеградному печеночному венозному потоку и является самой большой нисходящей волной в цикле. Самая низкая точка встречается в мидистоле и является точкой, в которой отрицательное давление минимально противоположно и максимальная скорость антеграда. После этой низкой точки волна снова поднимается, когда давление в правом предсердии происходит из-за продолжающегося системного венозного возврата.

Против волны третьей волны встречаются на волны. Наклонная часть возрастает за счет увеличения давления правого предсердия в результате продолжения системного венозного возврата против все еще закрытого трехстворчатого клапана, все из которого происходит к концу систолы. Пик волны отмечает открытие трехстворчатого клапана и переход от систолы к диастоле. После этого волна скатывается вниз, потому что давление правого предсердия снижается во время быстрой ранней диастолической инъекции правого желудочка. Положение пика v-волны изменяется от выше до ниже базовой линии в

нормальных состояниях. Следует помнить, что если *v* волна никогда не поднимается выше базовой линии, ее нельзя назвать ретроградной, поскольку базовая линия обозначает переход от антеградного к ретроградному.

D волна является четвертой и последней волной встречается на волнах. Его первоначальная нисходящая часть снижается из-за уменьшения давления правого предсердия в результате быстрого раннего диастолического заполнения правого желудочка. *D* волна соответствует антеградному печеночному венозному потоку и является меньшим из двух направленных вниз волн.

Самая низкая точка возникает, когда максимальная диастолическая скорость антеград. Последующая возрастающая часть является результатом увеличения давления правого предсердия, вызванного увеличением объема крови в правом желудочке. Почти невозможно описать течение в печеночных венах как гепатофугальное, так как этот термин зарезервирован для описания состояния патологического течения в портальных венах. Однако важно помнить, что физиологический поток в печеночных венах гепатофугальный (т. Е. Вдали от печени и к сердцу). Таким образом, печеночная венозная форма обычно является фазической и преимущественно антеградной.

Аномальный (патологический) печеночный венозный поток может проявляться одним из нескольких основных способов.

1. Повышенная пульсация (пульсирующая форма волны). Поток в печеночных венах описывается как пульсирующий, когда и антеградная, и ретроградная скорости увеличиваются по сравнению с теми, которые наблюдаются в физиологических состояниях. Это создает форму волны с резкими колебаниями между аномально высокими ретроградными волнами и аномально глубокими антеградными волнами. Существует два условия, которые могут создать пульсирующий печеночный венозный сигнал, оба из которых также связаны с пульсирующим венозным форматом портала (3): трикуспидальная регургитация и правосторонняя сердечная недостаточность без трикуспидальной регургитации (2). Эти два субъекта можно отличить, тщательно наблюдая печеночную венозную форму (Таблица 6).

Tricuspid regurgitation
Decreased or reversed <i>S</i> wave
Tall <i>a</i> and <i>v</i> waves
Right-sided CHF
Maintained <i>S</i> wave/ <i>D</i> wave relationship
Tall <i>a</i> and <i>v</i> waves

Таблица 6 Причины пульсирующей печеночной венозной формы

При трикуспидальной регургитации некомпетентный клапан ограничивает или даже отменяет антеградный поток во время раннего систолического сокращения и позволяет ретроградный поток во время поздней систолы. В ранней систоле, когда атриоventрикулярная перегородка спускается и обычно создает большой всплеск отрицательного давления правого предсердия, создавая самую глубокую антеградную волну (*S*- волну), некомпетентный клапан вместо этого снимает весь или часть вакуумного эффекта. В результате получается *S*- волна, которая уже не столь глубока, как *D*- волна. Этот вывод был назван уменьшенной *S*- волной (рис. 20a). Когда трикуспидальная некомпетентность является достаточно серьезной, поток может перейти к ретроградному, в результате чего *S* волны, которая выше базовой линии, сливание с *через* и *V* волн в одну больших ретроградном - *S* - *V* комплекс. Этот вывод был назван обращенной волной *S* (рис. 20b) и рассматривается при клиническом исследовании как очень пульсирующая яремная вена. Во время поздней систолы, когда обычно следует продолжать системный венозный возврат против закрытого трехстворчатого клапана (возрастающая часть волны *v*), некомпетентный клапан допускает большие количества ретроградного потока. Это приводит к другому выводу в трикуспидальной регургитации, а именно аномально высокой *v*- волне. К конечному диастолы, когда право контрактов предсердия, существует гораздо больший объем крови (и , таким образом, давление) , чем обычно, что приводит к высокой *v* волне. Таким образом, существенные находки в трикуспидальной регургитации представляют собой пульсирующую форму волны с высокими *a* и *v*- волнами и либо уменьшенную, либо обратную *S*- волну.

(а) Трикуспидальная регургитация. Спектральное изображение Допплера четко отображает увеличенную пульсацию (т. Е. Широкую вариацию между пиками и впадинами). Тщательное наблюдение показывает закономерность, характерную для трикуспидальной регургитации. *Против* волны очень высока, и *S* волны не столь глубоко , как *D* волны. Последнее обнаружение можно также назвать «уменьшенной *S*- волной» и специфично для трикуспидальной регургитации. Когда трикуспидальная регургитация становится серьезной, то *S* волна будет больше не опускается ниже базовая линии, и там будет один большой ретроградным - *S* - *v* комплекса, или «обратный *S* волны»; когда это происходит, *D* - единственное проявление антеградного потока. (б) Реверсивная волна *S*. Изображение спектрального доплера показывает пульсирующую форму волны с обратной волной *S*.

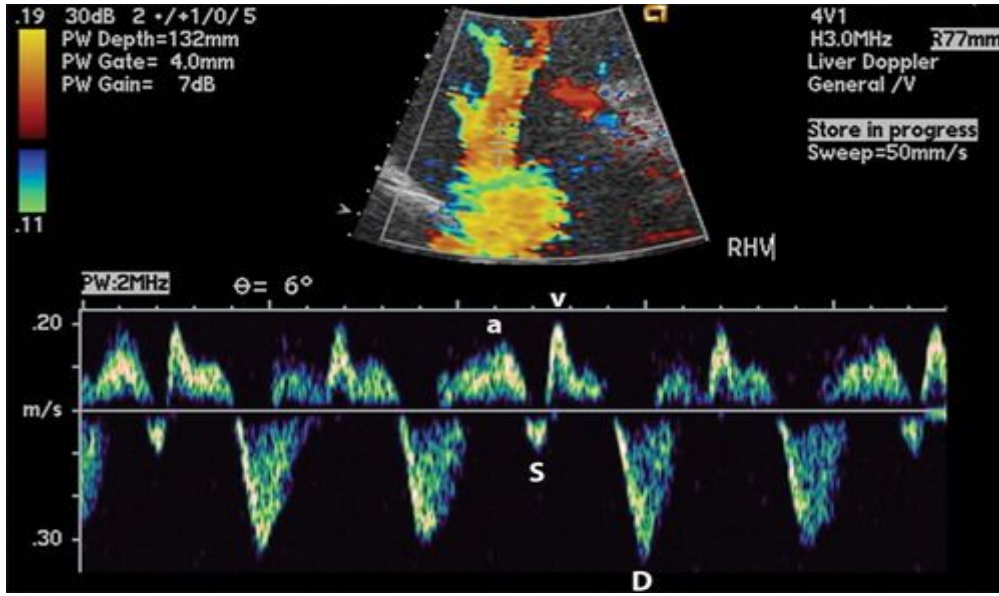


Рисунок 20а

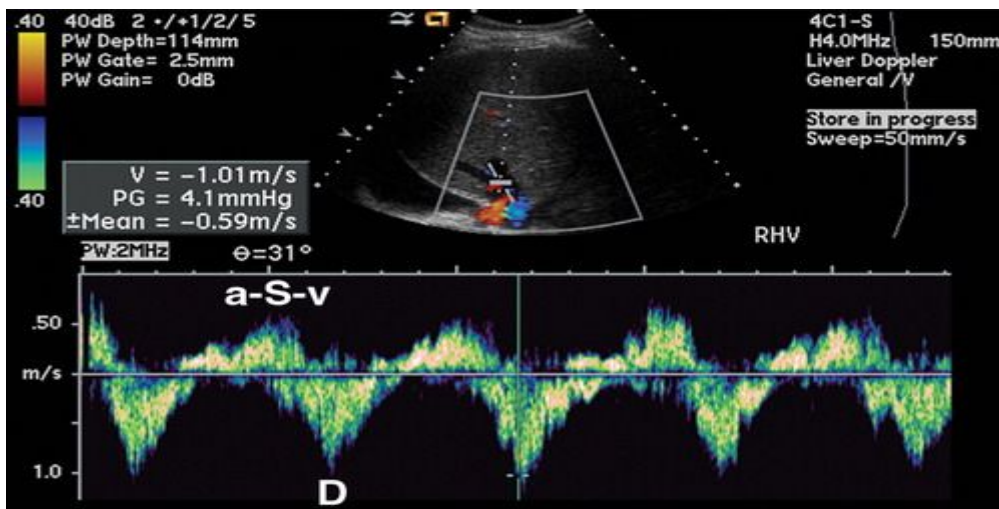


Рисунок 20в

В правостороннем СНФ ([фиг. 21](#)), пока трехстворчатый клапан остается компетентным, первичная аномалия представляет собой слишком большой объем крови на системной венозной стороне сердечно-сосудистой системы (включая правый атриум). При клиническом обследовании это патологическое состояние проявляется как отек, особенно в нижних конечностях. В спектральном УЗ Дупплере он проявляется как аномально высокие волны *a* и *v*. Это открытие имеет смысл в контексте нашей модели для понимания этих два волн: Высокие волны происходят из - за повышенное давление в правом предсердии в стороне конца диастолы, порожденном большим, чем обычно, объемом содержащегося в правом предсердии, как она сжимается. Высокий волна также обусловлена увеличением давления правого предсердия до конечной систолы, из-за большего, чем обычно, объема, в котором находится правое предсердие, все еще пытаюсь приспособиться к продолжительному системному венозному возвращению. Поскольку трехстворчатый клапан остается компетентным, волны *S* и *D* сохраняют свои нормальные конфигурации относительно друг друга. Таким образом, существенные находки в правостороннем СНФ представляют собой пульсирующую форму волны с высокими *a* и *v*- волнами и нормальную связь между *S* и *D*- волнами.

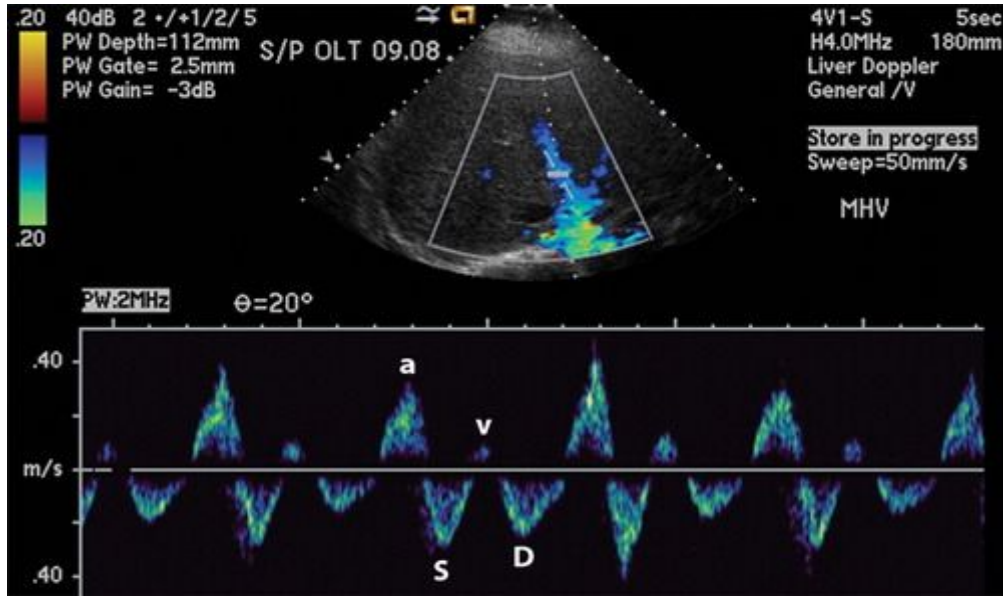


Рисунок 21 Правосторонний ХСН без трикуспидальной регургитации. Изображение спектрального доплера ясно показывает повышенную пульсацию. Тщательное наблюдение показывает образец, который специфичен для правостороннего ХСН без трикуспидальной регургитации. Волны очень высоки, и нормальное соотношение между S и D волн сохраняются (S [систола] глубже, чем D [диастола]).

2. Снижение фазности (снижение пульсативности) и спектральное расширение. Эти два вывода идут рука об руку; они сосуществуют и представляют один и тот же спектр заболеваний. Оба являются результатом сжатия печени.

Форма волны уменьшенной фазовой венозной волны была хорошо описана в литературе (5). Когда оценивается печеночная венозная фаза, внимание к изменениям дыхания и срокам является критическим элементом надлежащей УЗ техники. Это связано с тем, что на волну влияет не только сердечный цикл, но и дыхательная вариация. Было показано, что вдох и выдох влияют на систолическое / диастолическое соотношение, и что маневр Вальсальвы может заметно уменьшить пульсацию, вплоть до нефазы (1). Идеальное время для получения спектрального сигнала - во время небольшого (неполного) вдоха выдоха. После подтверждения правильной техники могут быть рассмотрены патологические причины нефазы, включая цирроз, тромбоз печеночной вены (синдром Бадд-Киари), печеночно-вено-окклюзионное заболевание и препятствие венозной венозной недостаточности по любой причине (таблица 7). По мере прогрессирования тяжести заболевания и вены становятся более сжатыми фиброзным сужением или паренхимным отеком, они теряют способность учитывать ретроградный поток.

Это тот случай, когда наша модель для понимания печеночной венозной формы с точки зрения давления правого предсердия ломается. Снижение венозного соответствия рассматривается как форма волны с пропорциональной потерей фазильности. Быстрый и надежный способ степени тяжести пониженной phasicity, чтобы визуально оценить форму сигнала, сосредоточив внимание на том, насколько волна падает ниже базовой линии (рис 22). До тех пор пока волна остается выше базовой линии, существует нормальная фазность; после того, как волна проходит ниже базовой линии, существует, по крайней мере, слегка уменьшилось фазность, который наблюдается менее чем у 10% здоровых пациентов (1). Как только пик a- волны находится по крайней мере на полпути между базовой линией и пиковым отрицательным отклонением формы волны, существует, по меньшей мере, умеренно уменьшенная фазность. Эта степень пониженной фазильности никогда не бывает нормальной. Когда волновая форма теряет всю фазовую вариацию (т. Е. Становится нефазной) и никакие составляющие волны не могут быть выделены, фаза резко уменьшается.

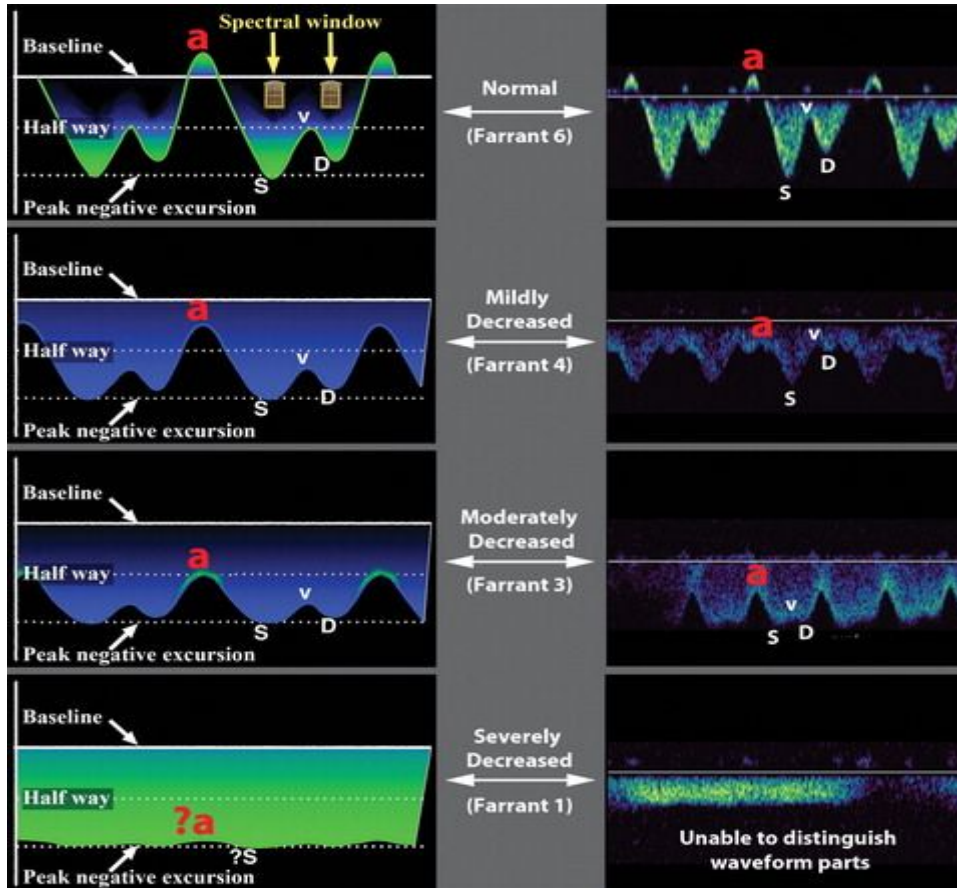


Рисунок 22 Снижение фазности венозной печени. Диаграммы иллюстрируют различную степень тяжести пониженной фазности в печеночной вене. Фарант и Мейр (5) впервые описали конкретную шкалу для количественной оценки аномально-ослабленной фазности в печеночных венах, что наиболее часто встречается при циррозе. К пониманию, ключом этой шкалы является наблюдение ПОЛОЖЕНИЯ волны относительно базовой и пиковой отрицательной S - волновой экскурсии. Так как расстояние между волной и пиком отрицательной экскурсии уменьшаются, фазность более резко уменьшилась.

Cirrhosis
Hepatic vein thrombosis (Budd-Chiari syndrome)
Hepatic veno-occlusive disease
Hepatic venous outflow obstruction from any cause

Таблица 7 Причины снижения печеночной венозной фазности

Спектральное расширение обусловлено суженным калибром сжатых печеночных вен, например, при циррозе. Печеночные вены достаточно велики, чтобы их осциллограммы обычно имели тонкое спектральное окно. Рисунок 22 демонстрирует спектральное расширение в каждом случае уменьшенной фазности.

3. Отсутствие (афазное) венозного потока в печени. Хотя этот вывод является диагностическим для обструкции венозного оттока (синдром Бадд-Киари), следует помнить, что этот синдром может также проявляться с (а) неполной обструкцией, которая может иметь спектральный сигнал со сниженной фазой (например, нефазальность); или (б) увеличение скоростей потока и турбулентности на уровне стеноза. Другим важным наблюдением является относительно сильная ассоциация тромбоза воротной вены с синдромом Бадд-Киари. В предыдущей литературе показано, что около 25% пациентов с синдромом Бадда-Киари также имеют тромбоз воротной вены (23).

Синдром Бадда-Киари обычно классифицируется на один из трех типов на основе местоположения препятствия. Тип 3, также называемый печеночной вено-окклюзионной болезнью, встречается редко и включает диффузное сужение на уровне венулы. Типы 1 и 2 являются наиболее распространенными и включают обструкцию на уровне печеночной вены или полной вены. Обструкция обычно является вторичной по отношению к мягкому тромбу, связанному с гиперкоагуляционным состоянием; однако список причин окклюзии печеночной вены длительный и традиционно делится на первичные (например, врожденные полотна) и вторичные (например, доброкачественные или злокачественные тромбозы).

В целом, тромбоз печеночной вены значительно реже, чем тромбоз воротной вены. Злокачественный тромбоз печени (т. Е. Опухолевый тромб) обычно является результатом прямой инвазии из соседней паренхиматозной гепатоцеллюлярной карциномы; однако любой другой злокачественный тромбоз полной вены, такой как карцинома почек, карцинома коры надпочечников или первичная лиомиосаркома нижней поллой вены (IVC), также может вызывать синдром Бадд-Киари. Подобно тромбозу воротной вены, как доброкачественный, так и злокачественный тромбоз венозной вены может проявляться в серо-шкальном УЗИ в качестве экзогенного внутрипросветного дефекта заполнения. Кроме того, как тромбоз воротной вены, тромбоз опухоли классически увеличивает вовлеченную печеночную вену; однако острый мягкий тромб может также вызвать это увеличение. Таким образом, расширение вен не является надежным отличительным признаком.

Характерный цветной доплер, обнаруженный в УЗИ при синдроме Бадд-Киари, является двуцветным, изгибающим сосудоды

сосуды венозного сосуда. Эти два цвета генерируются различными дренажными путями в этих коллатеральных сосудах, поскольку они передают кровь любой другой патентной вены, системной или портальной. Потенциальные системные пути дренажа являются внутривенными (то есть к другим печеночным венам или к хвостовой доле, которая обычно имеет свой собственный венозный дренаж в ВПК) или внепеченочные (то есть к субкапсулярным дренажным венам) (24 , 25). Если есть злокачественный тромб, могут быть оценены сигналы внутриопухолевого цвета. Спектральный УЗ доплер мягкого тромба не проявит заметной формы волны, кроме шума; однако, как и при злокачественном тромбозе воротной вены, артериальные формы могут наблюдаться при опухолевом тромбозе. Недавние исследования показывают, что контрастные вещества, улучшенные в УЗ, могут предложить диагностическое преимущество при выявлении злокачественного тромбоза печени и воротной вены по сравнению с обычным серо-масштабным, цветным доплером и спектральным доплером УЗ (26).

Портальные вены

С точки зрения сложности портал венозного сигнала находится где-то между печеночной артерией и печеночными венами. Модель для понимания портального венозного потока требует принятия двух частей информации. Во-первых, физиологический поток всегда должен быть антеградным, который направлен на преобразователь и, следовательно, создает форму сигнала, которая находится выше базовой линии. Во-вторых, печеночная венозная пульсация частично передается в портальные вены через печеночные синусоиды, что объясняет изменчивость сердца, наблюдаемую в этой форме волны. Следует также иметь в виду, что скорость потока в этом сосуде относительно низкая (16-40 см / сек) по сравнению с той, что находится в сосуде, курсирующем рядом с ним, а именно печеночной артерией.

Нормальный входной венозный сигнал (рис. 23) должны аккуратно колебаться и всегда оставаться выше базовой линии. Пиковая скорость порта (V_1) соответствует систоле, а скорость выемки (V_2) соответствует концевой диастоле. Сначала можно ошибочно утверждать, что систола должна вызвать противодействие и создать выемку однако, это не так. Первичное влияние на вариабельность венозного давления в портале - сокращение предсердий, которое происходит на конце диастоле. Сокращение предсердий, по направлению к концевой диастоле, передает противодействие, сначала через печеночные вены, затем в печеночные синусоиды и, в конечном счете, в портальную циркуляцию, где, следовательно, скорость венозного потока (скорости) в прямом направлении уменьшается (корыто). Фактически, предшествующие исследования пациентов с увеличенной портальной венозной пульсацией, вторичной по отношению к трикуспидальной регургитации, отметили, что портал венозного сигнала напоминает перевернутый печеночный венозный сигнал (1). Поэтому на конце диастоле атриум сжимается, а вентральная форма портала достигает нижней точки (корыта). Степень волнения сильно варьируется, но может быть определена количественно с помощью PI (рис. 24). Важно отметить, что расчет PI для воротной вены отличается от расчета для печеночных артерий (среднее артериальное значение $PI = (V_1 - V_2) / V_1$). В портальных венах PI рассчитывается как V_2 / V_1 , причем V_1 обычно больше 0,5.

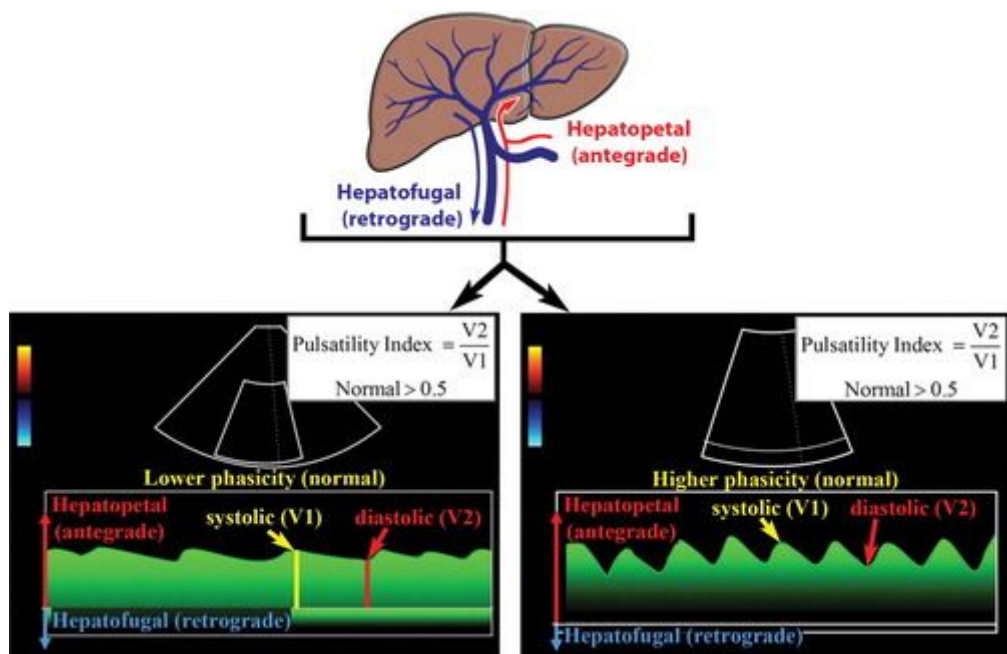


Рисунок 23 Нормальное направление венозного потока и форма сигнала. Рисунок сверху показывает, что направление потока в нормальных портальных венах является антеградным или гепатопетальным, что соответствует форме волны выше по прямой линии в спектральном доплерографии УЗ. Нормальная фазировка может варьироваться от низкого (нижнего левого) до высокого (внизу справа). Аномально низкая фазность приводит к несимметричной форме волны, тогда как аномально высокая фазность приводит к пульсирующей форме волны. PI используется для количественной оценки пульсации. Нормальная фазность приводит к увеличению PI более 0,5.

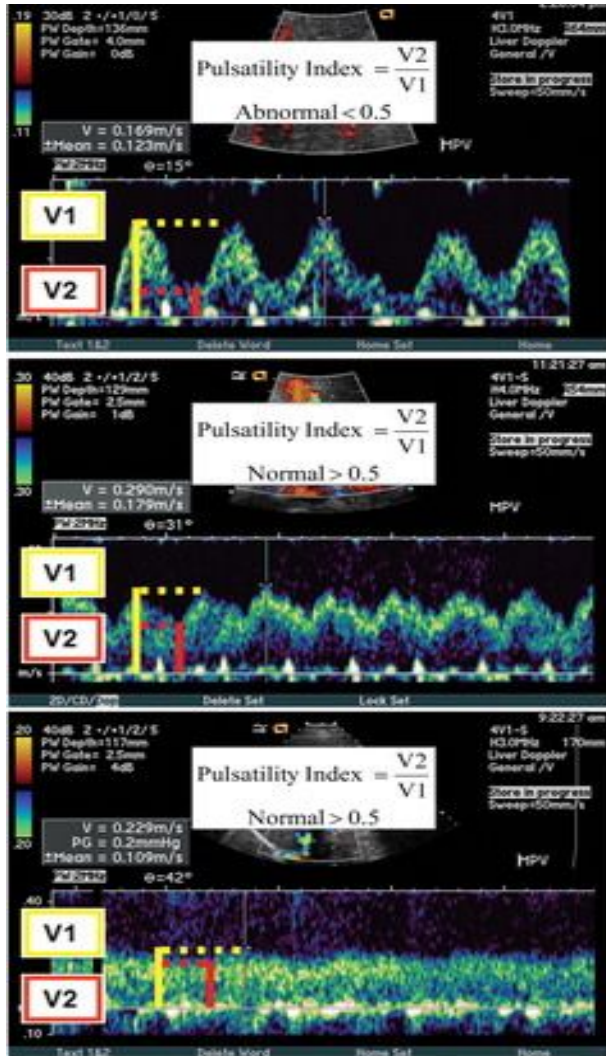


Рисунок 24 *Нормальная и аномальная портальная венозная фаза. Изображения показывают спектр увеличения пульсации (снизу вверх). Отметим, что увеличение пульсации соответствует уменьшению вычисленного PI. Хотя нормальная фазность широко варьируется в портальных венах, PI должен быть больше 0,5 (средний и нижний). Когда PI меньше 0,5 (верхний), форму волны можно назвать пульсирующей; это ненормальное открытие.*

Еще один момент, который стоит подчеркнуть, заключается в том, что более низкие расчетные PI соответствуют более высокой пульсации.

Физиологический портальный венозный поток описан многими способами. Что касается направления потока, термины *антеград* и *гепатопетал* являются синонимами в этом сосуде. На практике портальная вена является единственным сосудом, в котором термины *гепатопетальный* (физиологические) или *гепатофугальный* (патологические) используются для описания направления потока. У ранних учеников часто возникают трудности с сохранением этих двух сроков, возможно, потому, что они неправильно считают, что *гепатопетальный* означает «от печени и до ног»; однако, если бы это было так, это слово было бы *гепатопедальный*, который не использовался в медицинской литературе. Способ сохранить *гепатопетальный* и *гепатофугальный* прямо следует помнить, что - *петаль* и - *фугаль* имеют латинское происхождение, с - *петаль*, описывающий движение или силу по отношению к чему-то, и - *фугаль*, описывающий движение или силу от чего-то.

Что касается его морфологических признаков, многие из них описали портальную венозную форму как мягко волнистую. Как упоминалось ранее, лучше избегать использования путаных дескрипторов, например *двухфазных*. Таким образом, венозный сигнал портала обычно является антеградным и фазическим.

Аномальный (патологический) портальный венозный поток обычно проявляется одним из четырех способов.

1. Повышенная пульсация (пульсирующая форма волны) (рис. 25). Как уже упоминалось ранее, нормальный входной венозный сигнал описывается как фазовый; поэтому слово *пульсирующее* зарезервировано для описания патологического течения в портальных венах. Пульсирующий портальный венозный поток возникает, когда имеется большая разница между скоростью потока в пиковой систоле и концевой диастолы. Модель для понимания процессов, которые могут увеличить пульсативность, заключается в запоминании того, что печеночные синусоиды соединяют портальные вены с печеночными артериями и венами. В нормальном состоянии артерии не вносят существенного вклада в пульсацию, тогда как вены печени вносят вклад, как описано ранее. Все, что аномально передает давление на синусоиды, приведет к пульсирующему входному венозному сигналу. На печеночной венозной стороне трикуспидальная регургитация и правостороннее ХСН передают давление и увеличивают пульсативность. На артериальной стороне, Таблица 8).

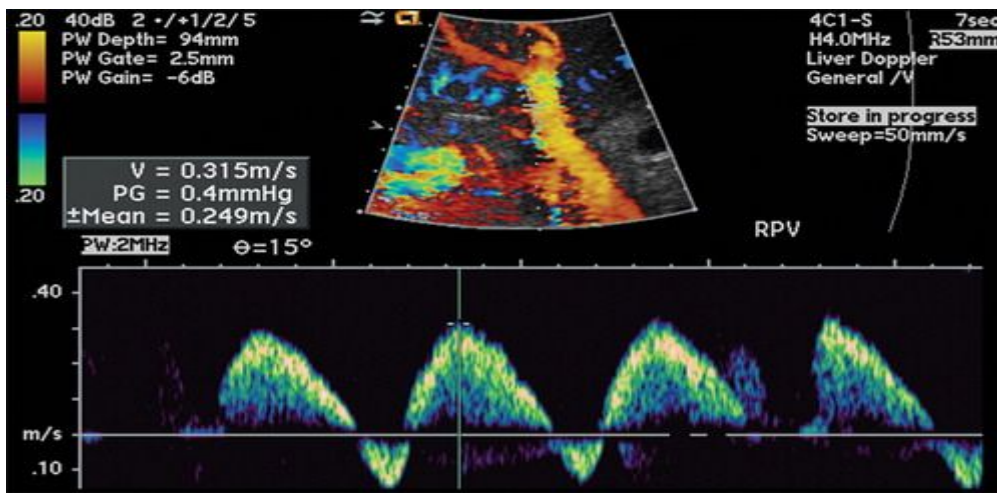


Рисунок 25 Спектральное доплеровское изображение в УЗ показывает пульсирующую форму волны с изменением потока в правой воротной вене. Форма волны может систематически характеризоваться как преимущественно антеградная, пульсирующая, двухфазно-двунаправленная и ди-флективная.

Tricuspid regurgitation
Right-sided CHF
Cirrhosis with vascular arterioportal shunting
Hereditary hemorrhagic telangiectasia–arteriovenous fistulas

Таблица 8 Причины пульсационного формы волны вены портальной

На практике нетрудно различать причины повышенной пульсации. Наследственная геморрагическая телеангиэктазия встречается редко и обычно клинически очевидна. Трикуспидальную регургитацию и правостороннюю ХСН можно дифференцировать, анализируя печеночную венозную форму и легко отличить от цирроза, поскольку они проявляются в виде расширенных печеночных вен в серошкальном УЗИ, тогда как цирроз проявляется как сжатые печеночные вены.

2. Медленный портальный венозный поток (рис. 26). Аномально медленный поток происходит, когда обратное давление ограничивает скорость движения вперед. Медленный поток является диагностическим для портальной гипертензии, которая диагностируется, когда пиковая скорость меньше 16 см / сек (таблица 9). Портальная гипертензия вызвана циррозом в подавляющем большинстве случаев; однако исчерпывающий список причин обычно делят на предпеченочные (например, тромбоз воротной вены), внутрипеченочные (например, цирроз по любой причине) и постпеченочный (правосторонняя сердечная недостаточность, трикуспидальная регургитация, синдром Бадд-Киари) вызывает (9). Наиболее специфическими данными для портальной гипертензии являются развитие портосистемных шунтов (например, реканализованная пупочная вена) и медленный или обратный (гепатофугальный) поток. Спленомегалия и асцит неспецифичны и могут наблюдаться в других патологических состояниях.

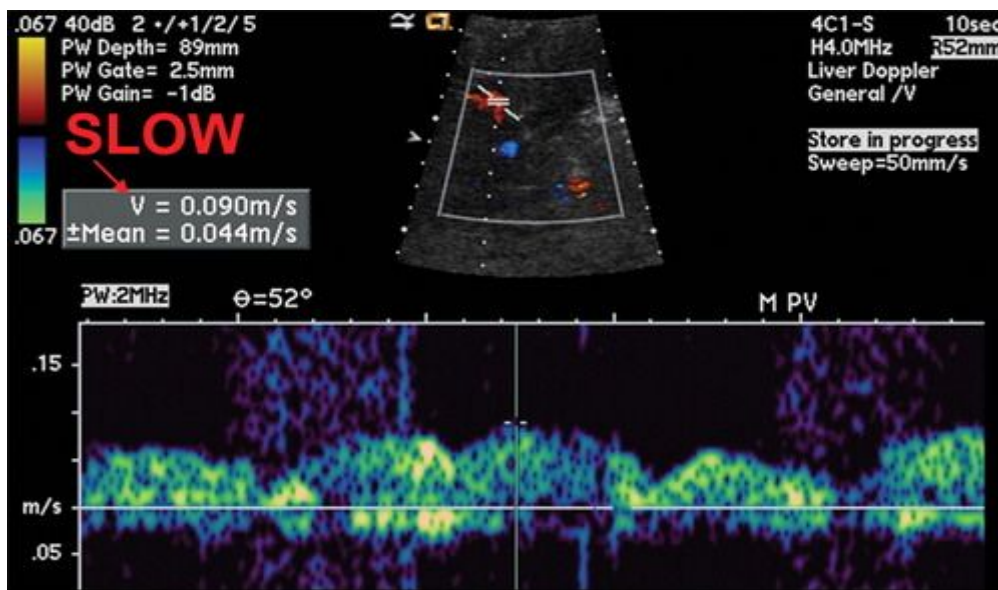


Рисунок 26 Медленный портальный венозный поток. Спектральное изображение Допплера УЗ показывает медленный поток в главной воротной вене. Медленный портальный венозный поток является следствием портальной гипертензии. В этом случае максимальная скорость составляет 9,0 см / с, что значительно ниже нижнего предела нормы (16-40 см / сек). Хотя портальная гипертензия может вызвать появление пульсирующего пояса, как видно в этом случае, медленный поток помогает дифференцировать это состояние от гиперпульсирующих высокоскоростных состояний, таких как ХСН и трикуспидальная регургитация.

Low portal venous velocity (<16 cm/sec)
 Hepatofugal portal venous flow
 Portosystemic shunts (including a recanalized umbilical vein)
 Dilated portal vein

Таблица 9 Результаты диагностики диагноза портальной гипертензии

3. Гепатофугальный (ретроградный) поток (Рис. 27). Гепатофугальный поток возникает, когда противодавление превышает прямое давление, с последующим обратным направлением потока. Это приводит к форме сигнала, которая ниже базовой линии. Как и при медленном течении, это открытие является диагностическим для портальной гипертензии по любой причине.

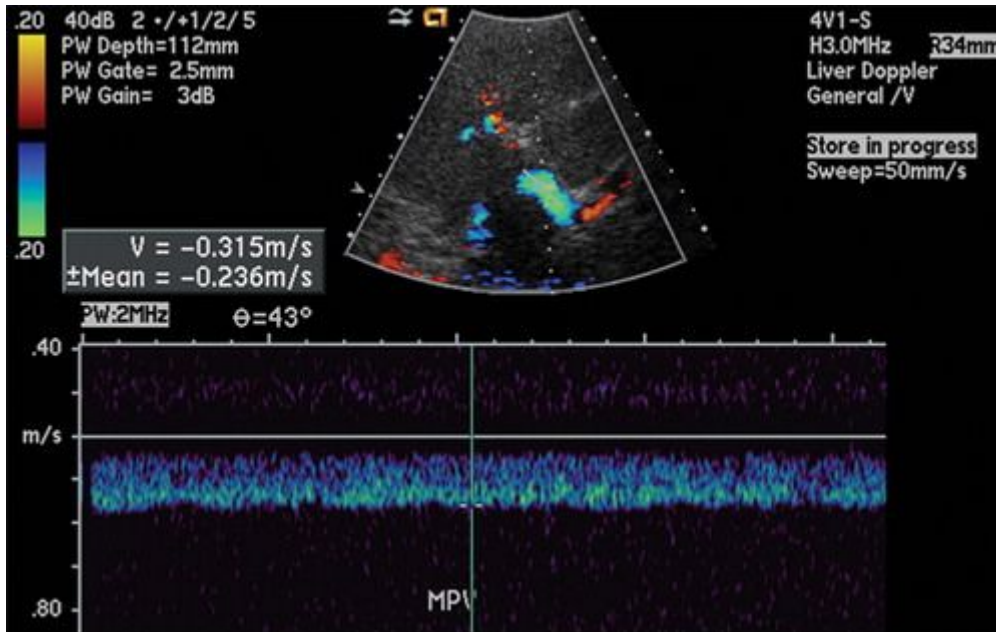


Рисунок 27 Венозный поток гепатофугального порта. Спектральное изображение Допплера УЗИ показывает ретроградный (гепатофугальный) поток в главной воротной вене, вывод, который появляется синим на цветном доплеровском изображении УЗИ и отображается ниже по линии по спектральной форме волны. Поток гепатофугальный обусловлен серьезной портальной гипертензией по любой причине.

4. Отсутствует (афазный) портальный венозный поток (Рис. 28, Таблица 10). Отсутствие потока в воротной вене может быть связано с застойным потоком (портальная гипертензия) или окклюзионным заболеванием, обычно вызванным мягким или злокачественным тромбозом. Хотя отсутствующий портальный венозный поток является неперенным условием отсутствия окклюзионного тромбоза воротной вены, следует помнить, что внутрисосудистые дефекты наполнения также могут быть неосмысленными, если они не занимают весь просвет. В таких случаях будет определенная степень течения, которая может быть увеличена при стенозе, турбулентность непосредственно за пределами стеноза, или уменьшаться дальше по течению в постстенотической части сосуда.

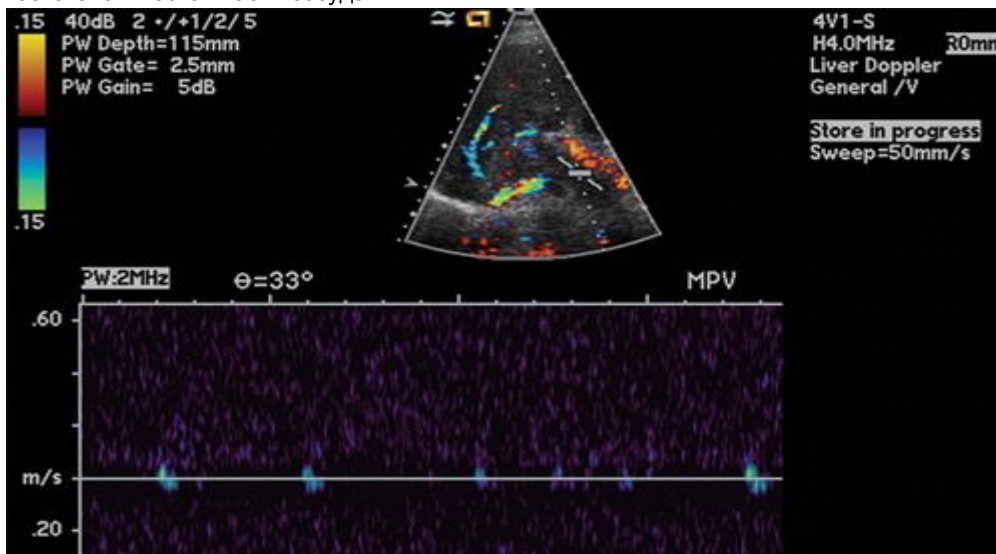


Рисунок 28 Тромбоз воротной вены (острый мягкий тромб). На спектральном изображении Допплера УЗИ зона опроса не показывает цветового потока в главной воротной вене. Спектральная форма волны является афазной, что на наличие потока. Афазная форма волны может быть вызвана либо обструктивной, либо непротиститионной болезнью.

Stagnant flow (severe portal hypertension)
Portal vein thrombosis (bland thrombus)
Tumor invasion

Таблица 10 Причины отсутствия портального венозного потока

Как упоминалось ранее, не все случаи отсутствия потока представляют собой окклюзионное заболевание. При тяжелой портальной гипертензии во время курса болезни существует период времени, когда поток не является гепатопатогенным или гепатофугальным, а застойным. Это приводит к отсутствию портального венозного кровотока (заметного в доплерографии УЗИ) и ставит пациента на повышенный риск развития тромбоза воротной вены. Эти же пациенты (т. Е. С циррозом) также подвержены риску развития гепатоцеллюлярной карциномы и опухолевого тромба. Гепатоцеллюлярная карцинома является наиболее распространенной причиной злокачественного тромбоза (опухолевого тромба), хотя другие возможные причины включают панкреатическую карциному, холангиокарциному, метастатическое заболевание и первичную портальную венозную лейомиосаркому.

Отделение доброкачественных злокачественных тромбозов воротной вены является обычной задачей для радиологов. В литературе полно советов и методов для проведения этого различия в УЗИ, а также при компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии. В серой шкале УЗ как доброкачественные, так и злокачественные формы обычно проявляются в виде эхогенного внутрипросветного дефекта заполнения. Эхогенность дефекта заполнения не может быть использована, чтобы отличить доброкачественный от злокачественного тромбоза, так как дефект эхогенного заполнения наблюдается с одинаковой частотой в обоих условиях (27). Еще одна слабость, связанная с дефектом эхогенного заполнения для выявления тромбоза воротной вены, заключается в том, что эхогенность сгустка может варьироваться в зависимости от возраста: новые сгустки могут быть гипозоактивными или даже безэховыми. Этот последний момент подчеркивает полезность цветных и спектральных доплеровских частей исследования в УЗИ(28). В дополнение к эхогенности тромба, расширение воротной вены было описано как черная функция УЗИ злокачественного тромбоза. Тем не менее, опухолевый тромб можно увидеть при настройке портальной вены нормального размера, а мягкий тромб, когда острый, иногда может увеличить воротную вену; поэтому диаметр портальной вены не считается надежным отличительным признаком (27). Наиболее надежной отличительной чертой УЗИ в отношении злокачественного тромбоза является сочетание дефекта эхогенного наполнения со смежной массой печени.

Как упоминалось ранее, при окклюзионном тромбозе цветной Допплер УЗ продемонстрирует отсутствие потока. Как и ожидалось, в спектральной доплеровской части исследования не будет нормального портального венозного сигнала. В некоторых случаях злокачественного тромбоза могут быть цветные сигналы внутри тромба; этот вывод был назван «нитью и штриховым знаком» как при ангиографии КТ, так и в цветовой доплерографии УЗ (29). При выборке для спектральной оценки эти цветные сигналы показывают артериальные (пульсирующие) формы волны, которые являются специфическим признаком опухолевого тромба (рис. 29) (26). Еще одна особенность окклюзионного тромбоза воротной вены (особенно неосложненного сорта) - это развитие коллатеральных сосудов в окклюзированной воротной вены или вокруг нее; это условие называется *кавернозной трансформацией* (30). Кавернозное превращение, как правило, является маркером для мягкого тромба, поскольку эти коллатеральные сосуды обычно длительное время (от нескольких месяцев до нескольких лет) развиваются, а когда у пациентов есть опухолевый тромб, они обычно не живут достаточно долго, чтобы это произошло. Тем не менее, кавернозная трансформация была зарегистрирована как происходящее в течение нескольких недель при окклюзионном злокачественном тромбозе воротной вены (31).

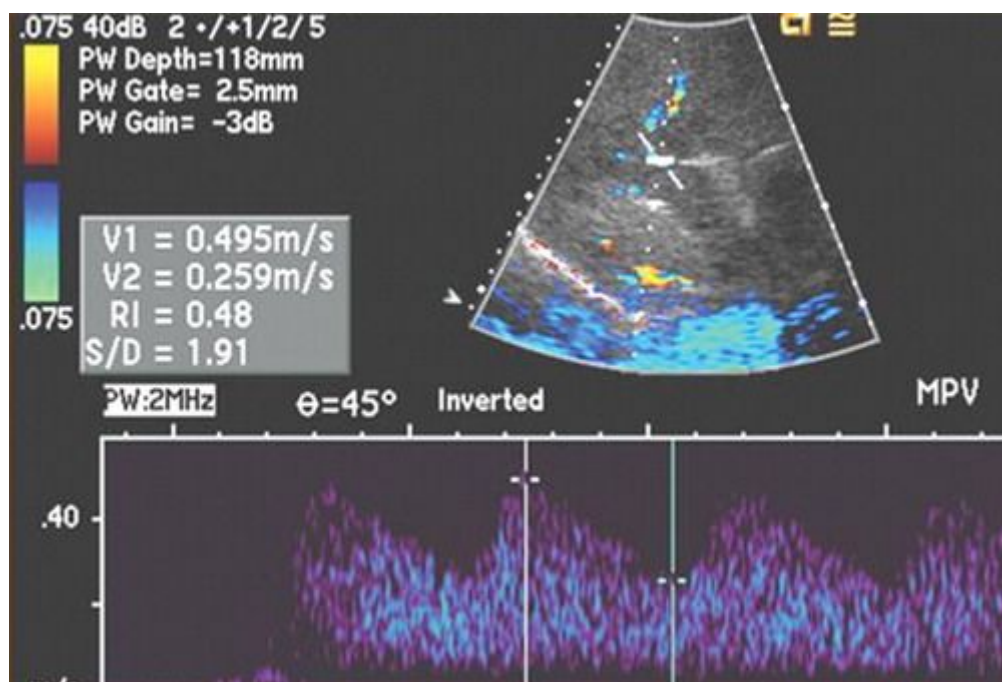
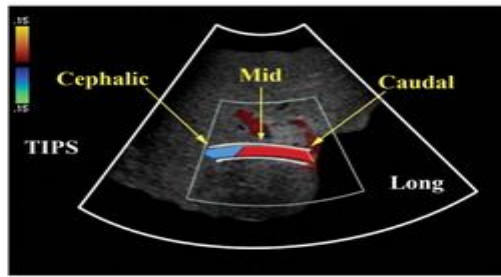
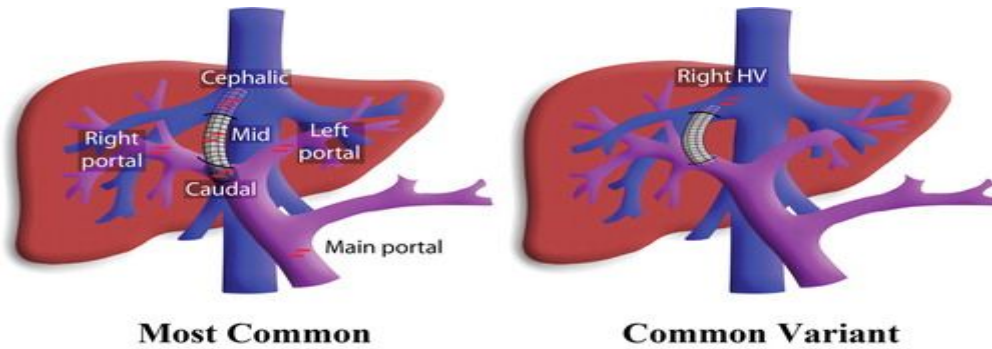


Рисунок 29 Тромбоз воротной вены (злокачественный тромбоз опухоли). На спектральном изображении Допплера УЗ цветное изображение Допплера показывает эхогенный материал в растянутой главной воротной вене без цветового потока. Тромбоз опухоли имеет тенденцию к увеличению вены; однако острый тромб может это сделать. Спектральная форма волны пульсирующая, обнаружение, которое является ненормальным в воротной вене. Фактически, пульсативность этой формы волны напоминает наблюдаемую в артериях; пример, термин артериализация (входной венозной формы). Этот вывод специфичен для злокачественного опухолевого тромба.

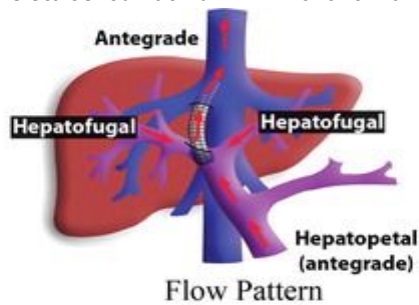
Трансъюгулярные внутривенные портосистемные шунты

СОВЕТЫ наиболее часто используются для лечения тяжелой портальной гипертензии с рефрактерным варикозным кровотечением или асцитом. Другие признаки включают гепаторенальный синдром, печеночную гидроторакс и окклюзию печеночной вены (синдром Бадд-Киари) (8). Допплер УЗИ имеет долгий послужной список, который надежно помогает выявить неисправность TIPS (32 - 40). Ключом к успешной оценке TIPS является знание наиболее распространенных анатомических положений этих шунтов и то, как размещение шунта влияет на кровоток (рис. 30, 31). Анатомия может меняться, но основополагающие принципы водопровода не имеют. Основная идея заключается в том, что шунт является относительно низкоомным путем по сравнению с родной сосудистой сетью, которая имеет патологически высокую резистентность, чаще всего от цирроза (компрессия малых сосудов). Кровь предпочтительно втекает в недавно размещенный низкоомный шунт примерно у двух третей пациентов (41). В терминах анатомии головной конец шунта наиболее часто расположен непосредственно на соединении правой печеночной вены с IVC, а хвостовой конец расположен в правой воротной вене. Однако головная часть может соединяться с переменной длиной или сегментом правой печеночной вены между шунтом и IVC. Альтернативно, шунт может соединять левую печеночную и левую портальные вены.

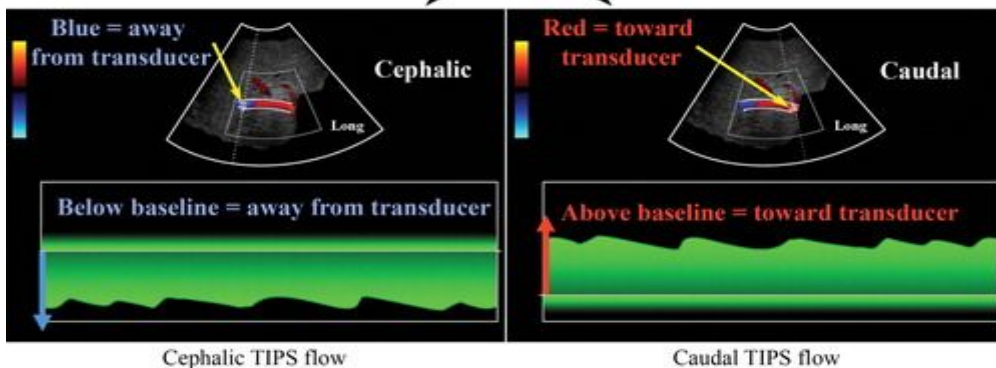


Color US Anatomy

Рисунок 30 Анатомия СОВЕТЫ. Чертежи сверху иллюстрируют самые распространенные положения СОВЕТЫ ОН НА СТРАТЕГИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Цветное изображение Допплера УЗИ внизу показывает вид СОВЕТЫ. Обратите внимание, что шунт лучше всего видно на длинном изображении, и нормальный поток начинается в направлении датчика (красный, выше соответствует линии) в хвостовой части шунта, а затем удаляется от преобразователя (синий, ниже соответствует линии) в головной части. HV = печеночная вена.



Flow Pattern



Cephalic TIPS flow

Caudal TIPS flow

Рисунок 31 Модель потока СОВЕТЫ. Рисунок сверху иллюстрирует ожидаемую картину потока в TIPS и окружающих сосудах, когда TIPS находится в наиболее общем состоянии. Обратите внимание, что любой сегмент воротной вены между каудальной частью. TIPS и бифуркацией портала будет иметь гепатопетальный поток. Диаграммы внизу иллюстрируют появление нормального потока в головной (левой) и каудальной (правой) частях СОВЕТА.

При стандартном исследовании TIPS (рис. 32), эксперт ищет прямые и косвенные доказательства отказа. Прямые доказательства получены путем визуализации последствий отказа в месте заболевания, который может находиться в шунте (головная, средняя или хвостовая часть) или в любом сегменте печени в вену между головной частью и IVC. С другой стороны, косвенные доказательства неудачи получают путем визуализации последствий отказа в других сосудах, таких как основная, правая или левая портальная вена. Поэтому стандартное исследование TIPS используется для отбора (а) трех частей шунта; (б) любой промежуточный сегмент печеночной вены; и (с) основные, правые и левые портальные вены.

Нормально функционирующие СОВЕТЫ. (а) На спектральном изображении Допплера УЗ цветное изображение Допплера показывает головной конец TIPS в синем. Форма сигнала ниже базовой линии, что соответствует течению антеградного потока. (б) Спектральное изображение Допплера показывает хвостовой конец TIPS красным. Форма сигнала выше базовой линии (антеградный поток). (с) На спектральном изображении доплеровского изображения правой воротной вены форма волны ниже базовой линии. Поток внутри вены - гепатофугальный, как и ожидалось в функционирующих СОВЕТАХ. Левый портальный венозный поток также был гепатофугальным. (д) В спектральном доплеровском изображении УЗИ показана главная воротная вена в красном и волновая форма выше базовой линии, оба из которых указывают на ожидаемый гепатопозитический поток. Скорость (> 16 см / сек) невелика, что подтверждает проходимость TIPS.

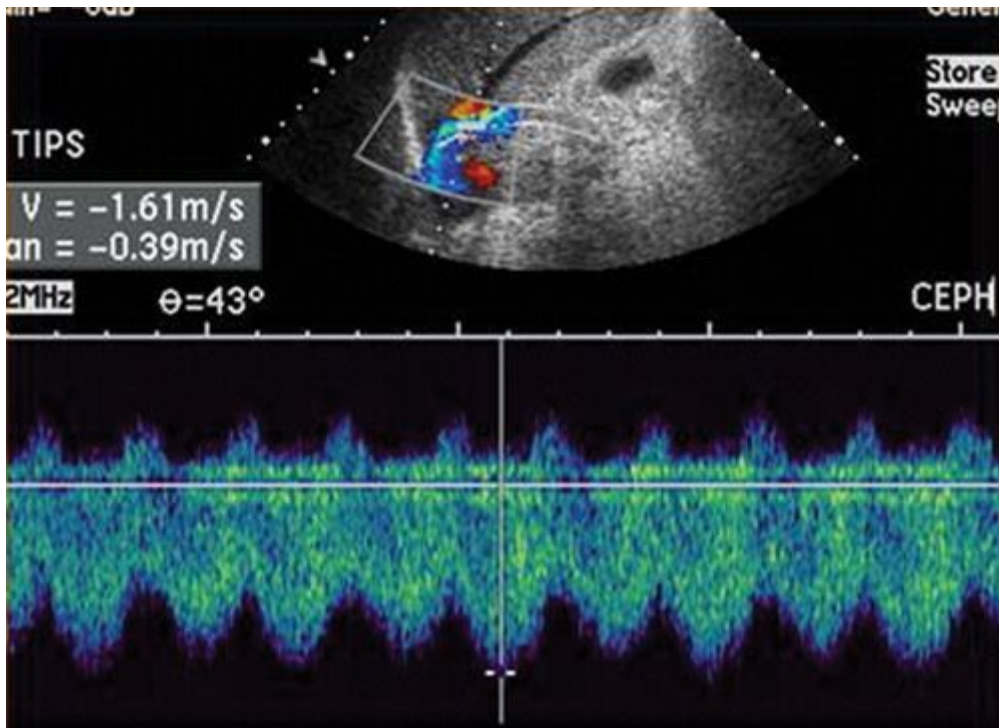


Рисунок 32а

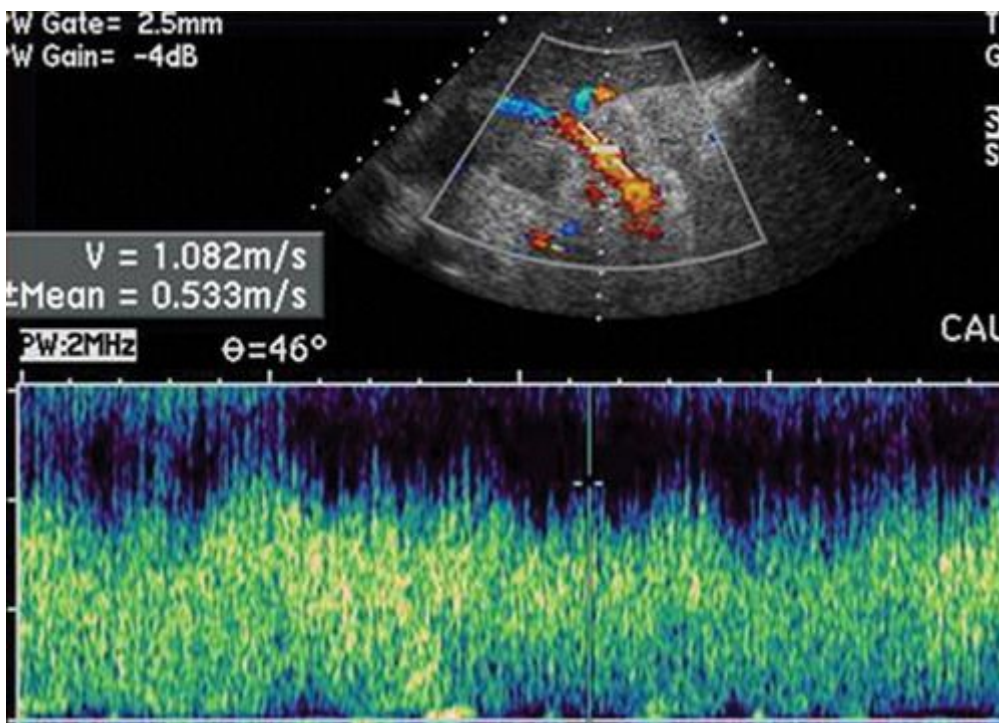


Рисунок 32б

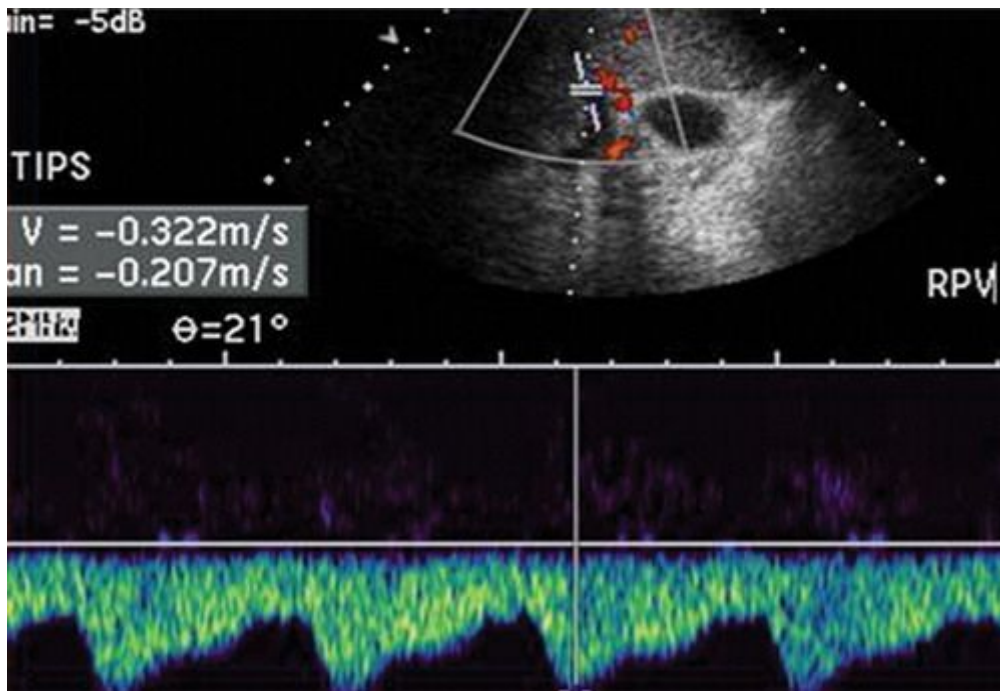


Рисунок 32с

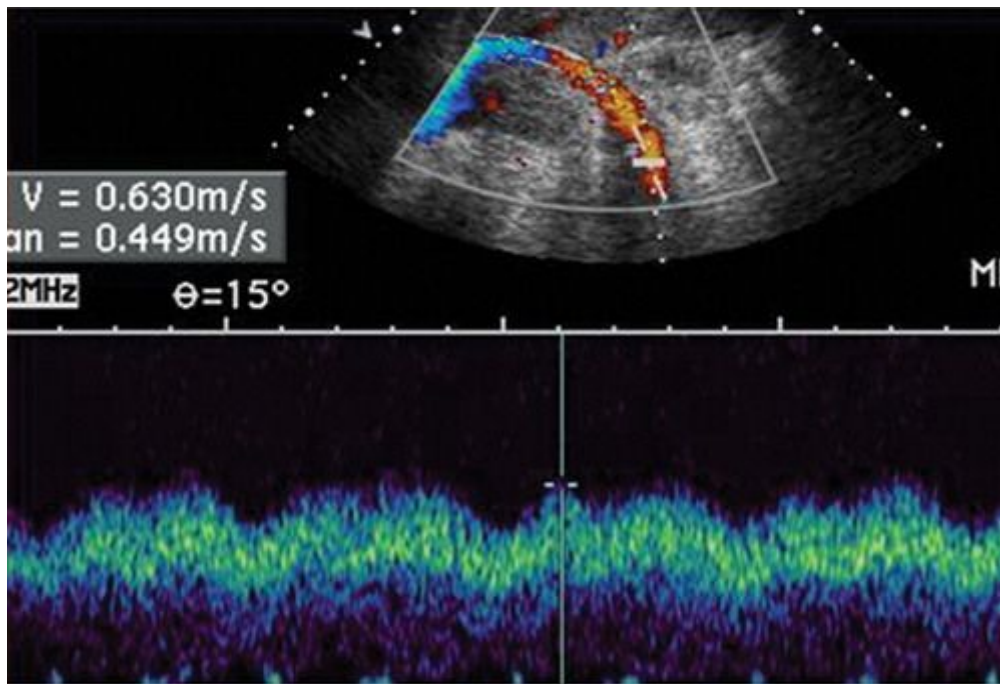


Рисунок 32D

Невозможно сделать существенный вывод из экзамена TIPS без сравнения скоростей и направлений потока с результатами предыдущих экзаменов. Первый базовый осмотр должен быть выполнен в течение 1 недели после первоначального размещения для Wallstents (Boston Scientific, Natick, Mass) и через 1 месяц после первоначального размещения для покрытых стентов. Приемлемый график наблюдения состоит из обследования через 3 месяца после базового обследования с последующим дополнительным осмотром каждые 6 месяцев. Причина, по которой базовый осмотр для покрытых стентов проводится через 1 месяц после размещения стента, заключается в том, что политетрафторэтиленовая трансплантационная футеровка содержит небольшое количество воздуха, которое в конечном итоге поглощает, но также создает артефакт УЗ вскоре после размещения.

Неисправность шунта является результатом сужения или окклюзии, вызванных гиперплазией интимы или тромбозом in situ. Стеноз или окклюзия могут возникать в любом месте стента; однако он чаще всего встречается в головной части. Кроме того, стеноз может возникать при переменной длине печеночной вены между стентом и IVC. Окклюзия - самый простой тип обнаружения, поскольку он проявляется как отсутствующий поток в цветном Допплере УЗ и имеет афазную спектральную форму волны (рис. 33а). Если тип заболевания неосведомлен (т. Е. Стеноз), признаки стеноза указывают на неисправность TIPS (рис. 34, 35; Таблица 11). Эти признаки включают аномально высокую (> 190 см / сек) или аномально низкую (<90 см / сек) скорость внутри шунта, напоминающую критерии, используемые для выявления стеноза в сонной артерии. Другие свидетельства включают аномальное изменение скорости (увеличение или уменьшение > 50 см / сек) по сравнению с предыдущим исследованием. Внутрипузырный порталный венозный поток, который был гепатофугальным при предыдущем исследовании, и изменился на гепатопатологический поток (рис. 33b) также свидетельствует о неудаче. Низкая скорость (<30 см / сек) в главной воротной вене или развитие или повторение сосудов коллатерального типа, таких как реканализованная пупочная вена, также указывают на неудачу. Свидетельством неудачи в серо-масштабных УЗ является новый, рецидивирующий или обостряющийся асцит.

Неисправность TIPS (окклюзия). (а) Изображение в доплеровском изображении, полученное в продольной плоскости, показывает TIPS без цветового потока, что является прямым свидетельством неисправности TIPS. (б) Спектральный доплеровский образ УЗИ показывает гепатопатологический поток в левой воротной вене. Поток в правой воротной вене также был гепатопеталем. Предыдущее исследование, проведенное, когда TIPS было патентом, показало, что поток в этих венах является гепатофугальным; Таким образом, теперь гепатопатологический поток является косвенным свидетельством неисправности.

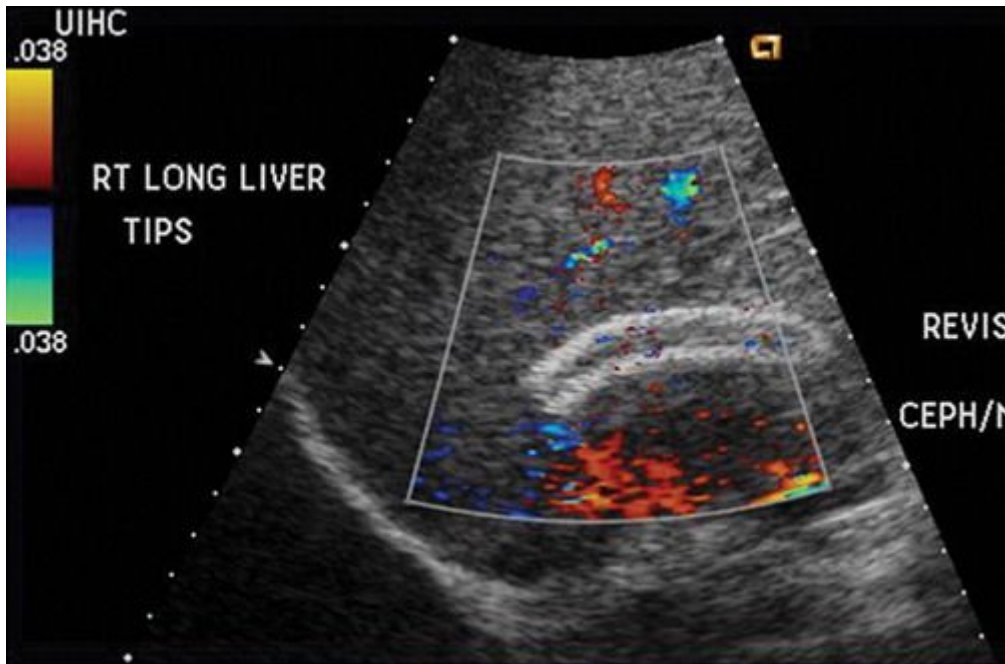


Рисунок 33а

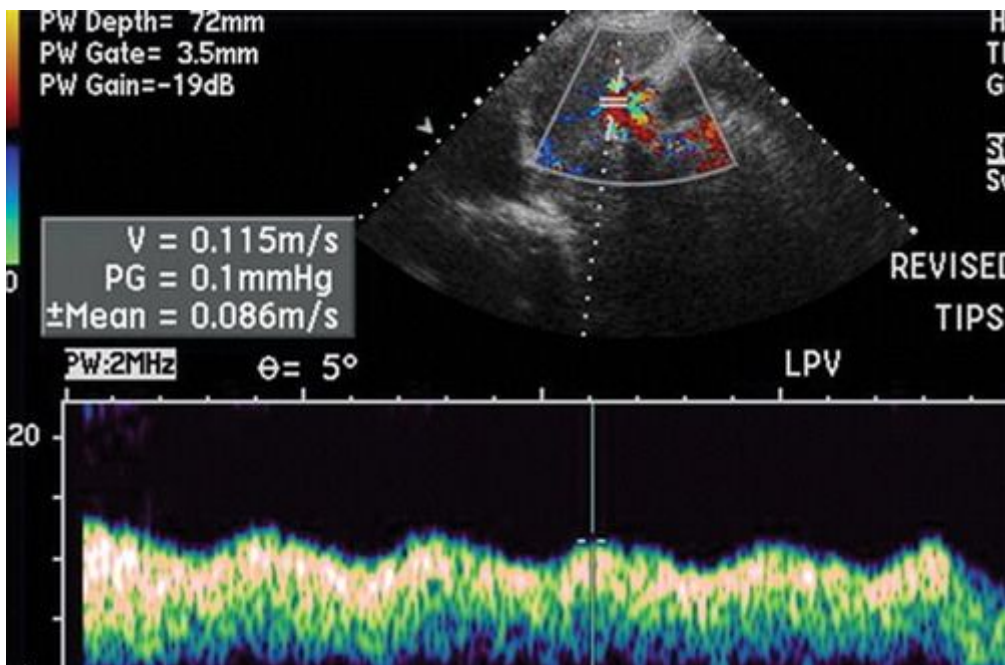


Рисунок 33 б

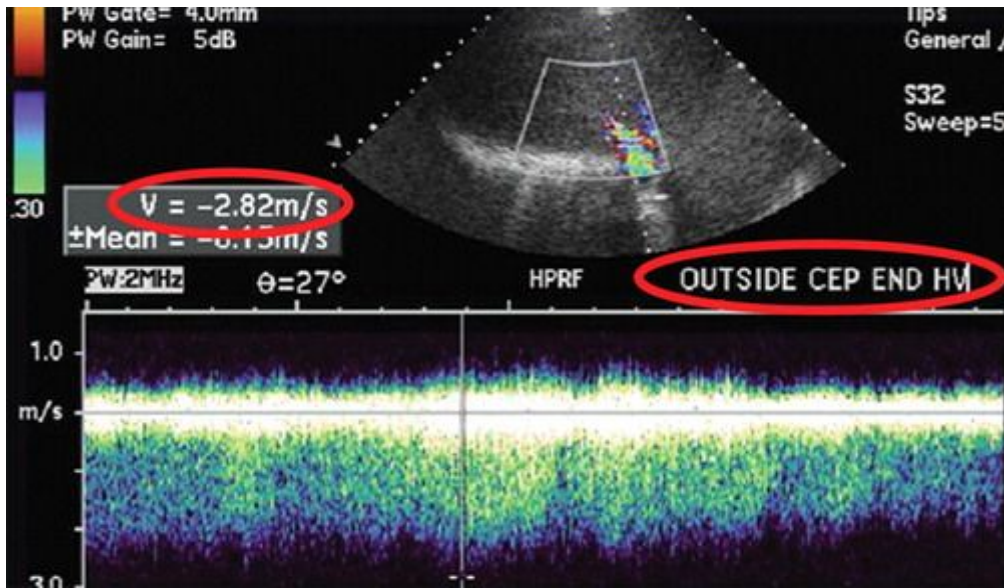


Рисунок 34 Неисправность СОВЕТЫ (стеноз печени). Спектральное доплеровское изображение в УЗИ показывает скорость высокоскоростного потока (282 см / сек), что свидетельствует о стенозе печеночной вены. Видимо ошутимое сужение было также проявлено в цветном доплеровском изображении.

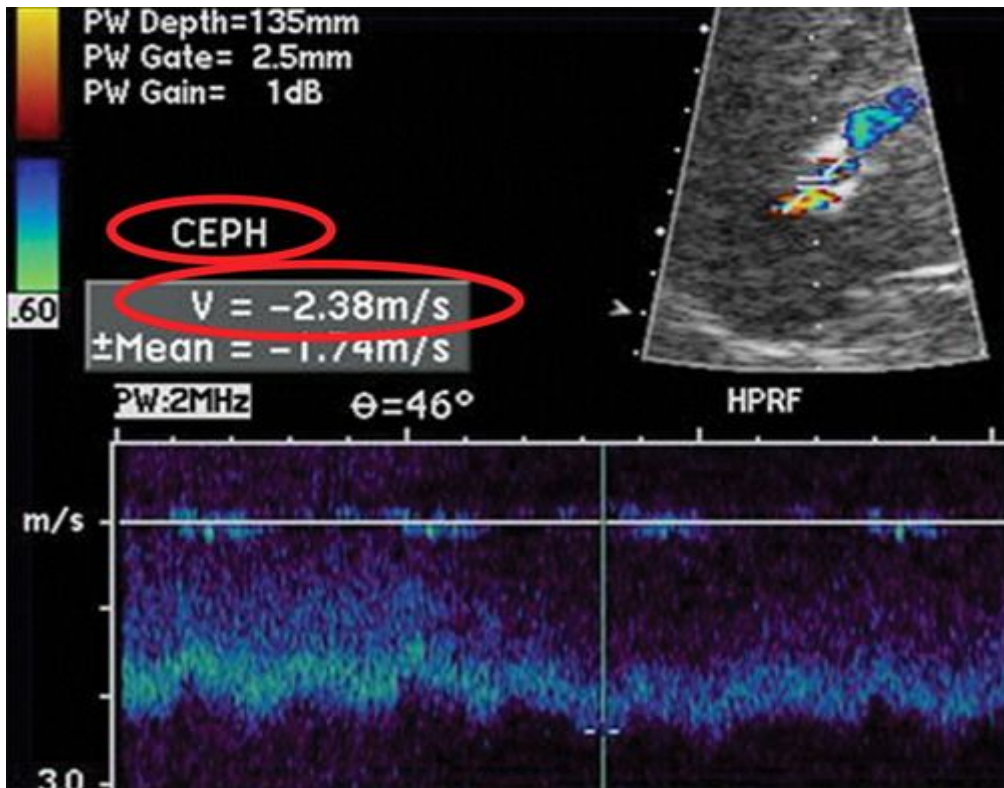


Рисунок 35 Неисправность СОВЕТЫ (головной стеноз). В спектральном доплеровском изображении, полученном в головной части СОВЕТЫ, форма волны демонстрирует заметно увеличенную скорость потока 238 см / сек. Это место было местом наибольшей скорости потока. Только вверх по течению, в средней части СОВЕТА, скорость составляла 154 см / сек; прямо вниз по течению, в правой печеночной вене, скорость составляла 126 см / сек.

Direct evidence
Shunt velocity <90 cm/sec or ≥190 cm/sec
Temporal increase or decrease in shunt velocity >50 cm/sec
Indirect evidence
Main portal venous velocity <30 cm/sec
Collateral vessels (recurrent, new, or increased)
Ascites (recurrent, new, or increased)
Right-left portal venous flow reversal (ie, hepatofugal to hepatopetal)

Таблица 11 Знаки неисправности TIPS

Выводы

Для успешного выполнения доплеровского вмешательства в УЗИ требуется понимание основных принципов сосудистого доплеровского состояния УЗИ. Обычная номенклатура, используемая для описания осциллограмм, встречающихся в доплеровской дозе печени, остается непоследовательной; однако систематическая характеристика может быть достигнута воспроизводимым образом.

Свободная интерпретация доплеровских сигналов печени достигается, когда человек способен комфортно переключаться между концептуальными моделями кровотока и наблюдаемыми формами колебаний. Патологические состояния, такие как портальная гипертензия, правосторонняя сердечная недостаточность и трикуспидальная регургитация, оказывают характерное влияние на доплеровские волны.

Допплер УЗИ остается «рабочей лошадкой» для оценки проходимости TIPS. Компетентность в интерпретации этих экзаменов требует понимания анатомии TIPS и ожидаемых структур потока, наличия записей предшествующей экспертизы и знания установленных критериев для отказа шунта.

Получатель премии Magna Cum Laude за выставку образования на ежегодном собрании RSNA 2009 года. Для этой деятельности CME авторы, редакторы и рецензенты не имеют соответствующих отношений для раскрытия.