

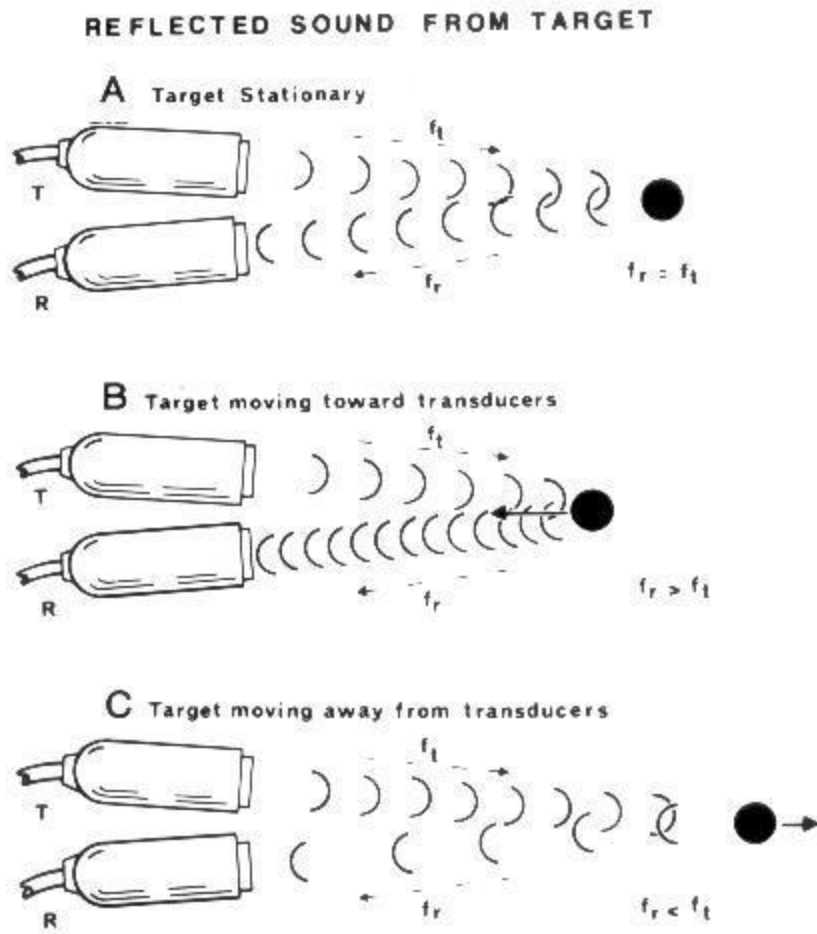
Допплерография

Практическое занятие



Христиан Допплер (1803-1853) - австрийский физик и астроном, родился в Зальцбурге, член Венской АН, директор физического института при Венском университете. В 1842 г. теоретически обосновал так называемый эффект Допплера - изменение частоты волн при движении источника или приемника волн.

Эффект Допплера – изменение частоты звука при контакте с движущимся объектом

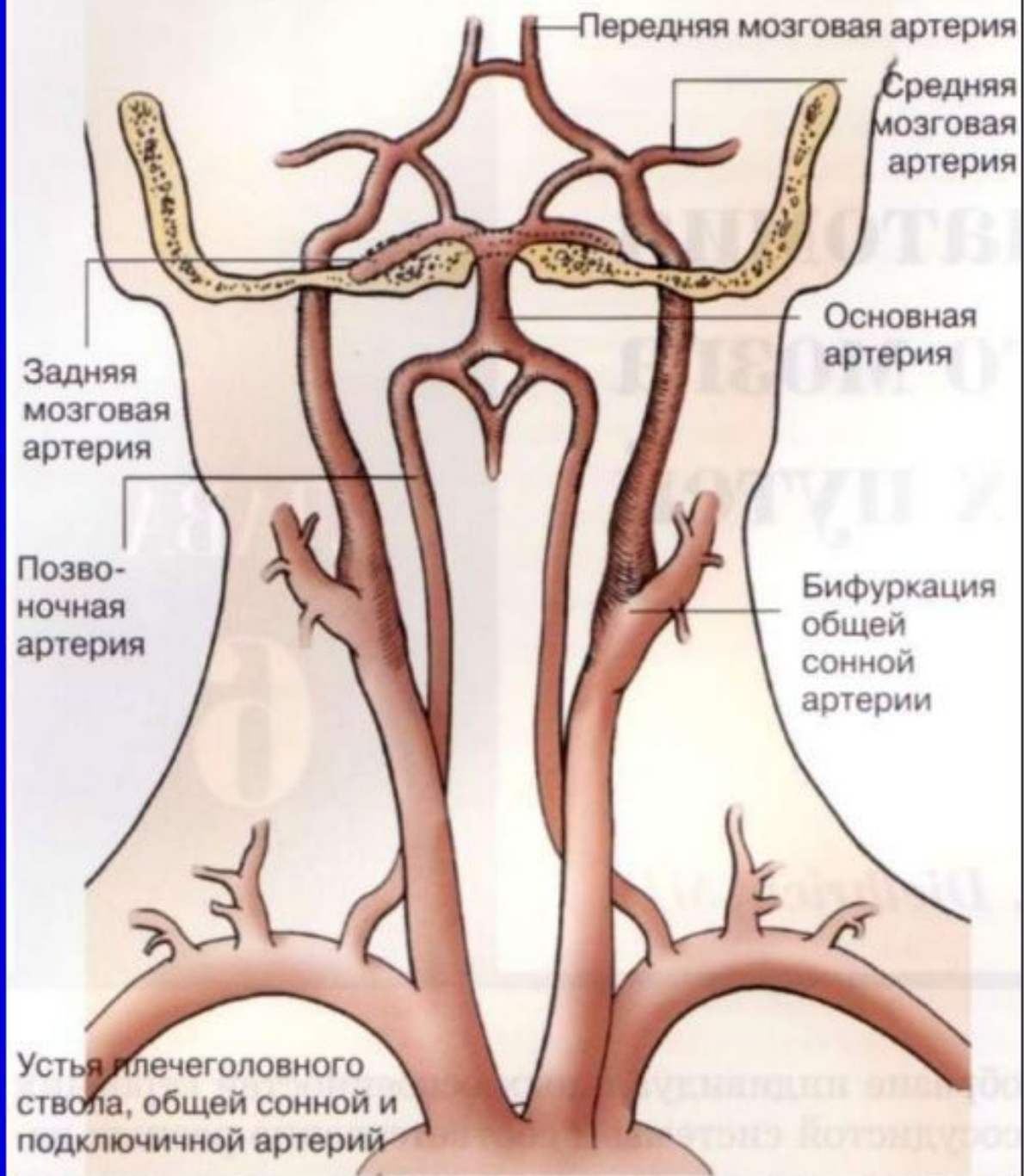


DOPPLER SHIFT OR FREQUENCY $(f_d) = f_r - f_t$

Допплерография применяется для исследования сосудов, как артерий, так и вен:

- артерии и вены головы и шеи
- артерии верхних конечностей
- вены верхних конечностей
- артерии нижних конечностей
- вены нижних конечностей
- доплерография сосудов брюшной полости
- доплерография сосудов почек
- доплерография сосудов матки, придатков

**Нормальная
анатомия
экстракраниальных
крупных артерий.**



Показания для первоначального дуплексного ультразвукового исследования:

1. Симптомы инсульта или ТИА;
2. Шум над сонной артерией при аускультации;
3. Подозрение на каротидный стеноз после выполнения других методов визуализации, например после магнитно-резонансной ангиографии;
4. Предоперационный скрининг;
5. Оценка высокого кардиоваскулярного риска

Возможности метода:

- Раннее обнаружение, количественная и качественная характеристика АСБ,
- Оценка гемодинамической значимости стеноза,
- Обнаружение микроэмболии, связанной с сердечной и аортальной патологией или хирургическим вмешательством на сонных артериях
- Оценка динамика заболевания, реакция на лечение острой артериальной окклюзии, которая провоцирует сверхострый инсульт,
- Контроль за развитием и динамикой церебрального вазоспазма после субарахноидального кровоизлияния.

70-80% всех ишемических инсультов связано с атеросклеротическим поражением экстракраниальных артерий.

По данным А.В. Покровского(2001) до **5%** всех ишемических инсультов связано с патологической извитостью сонных артерий:

Кингинг - изгиб

Коилинг - петлеобразование

Необходимо обращать внимание на следующие характеристики:

- Проподимостъ сосуда (проходим, окклюдирован).
- Направление хода сосуда (наличие деформации-изгибы, извитости, петли).
- Размеры сосудов (норма, гипоплазия, дилатация).
- Подвижность сосудистой стенки (ригидность, гиперпульсация).
- Состояние комплекса интима-медиа- адвентиция (эхогенность, толщина, форма поверхности, однородность).
- Состояние просвета сосуда (бляшки, тромбы, отслойка интимы, локальное расширение и т.д.).

Исследование хода сонной артерии

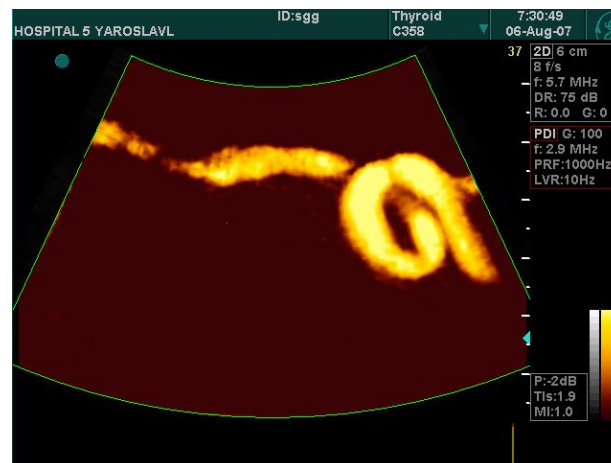
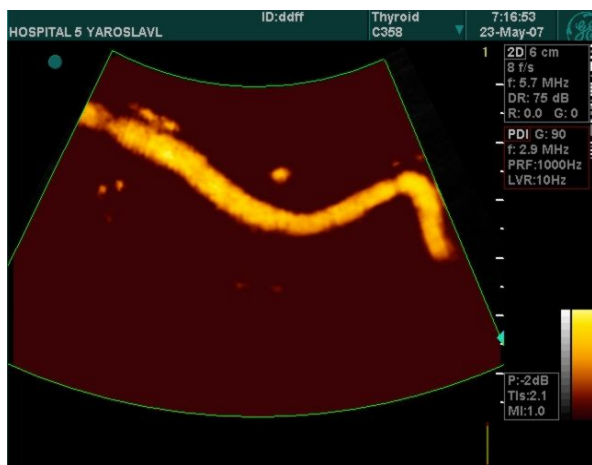


Многообразие деформаций ВСА в режиме ЦДК

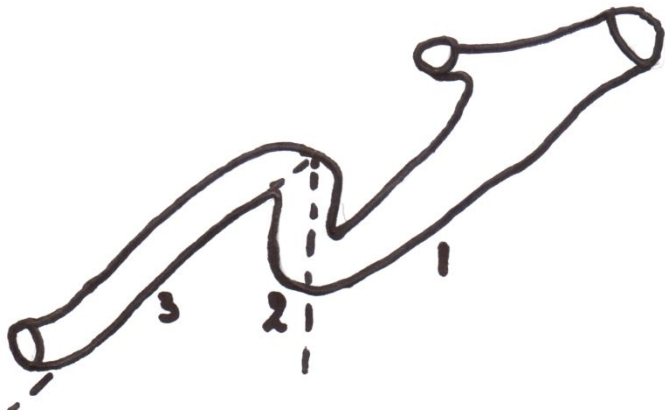
Главные вопросы

Как и какие характеристики описать?

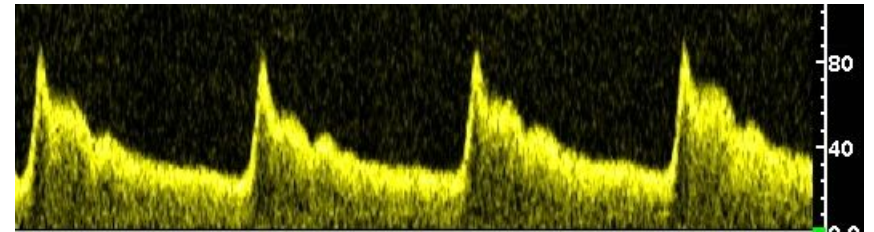
Как оценить значимость деформаций для мозгового кровообращения?



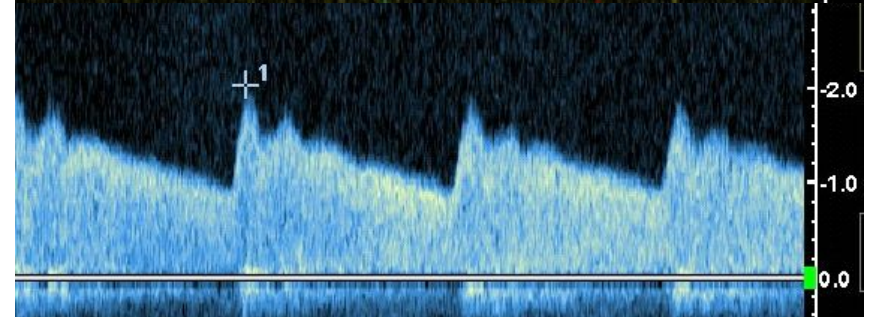
Допплеровские характеристики локальной гемодинамики



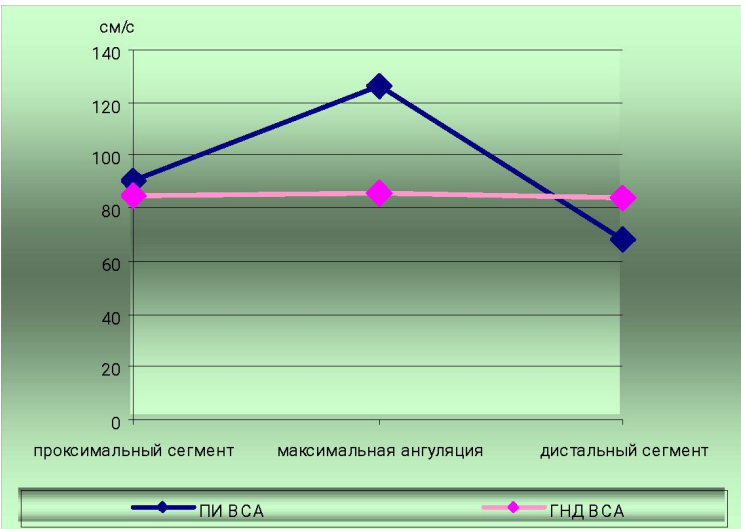
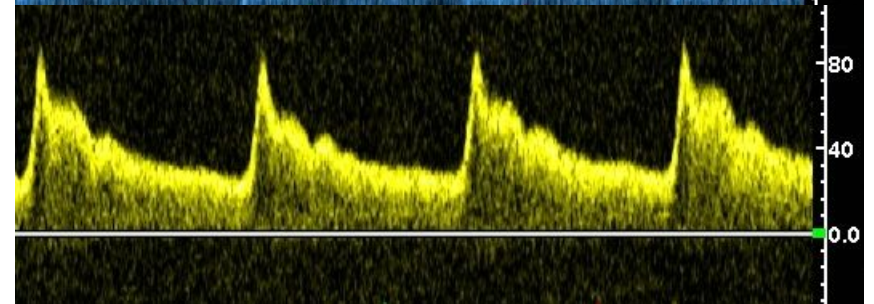
1



2



3



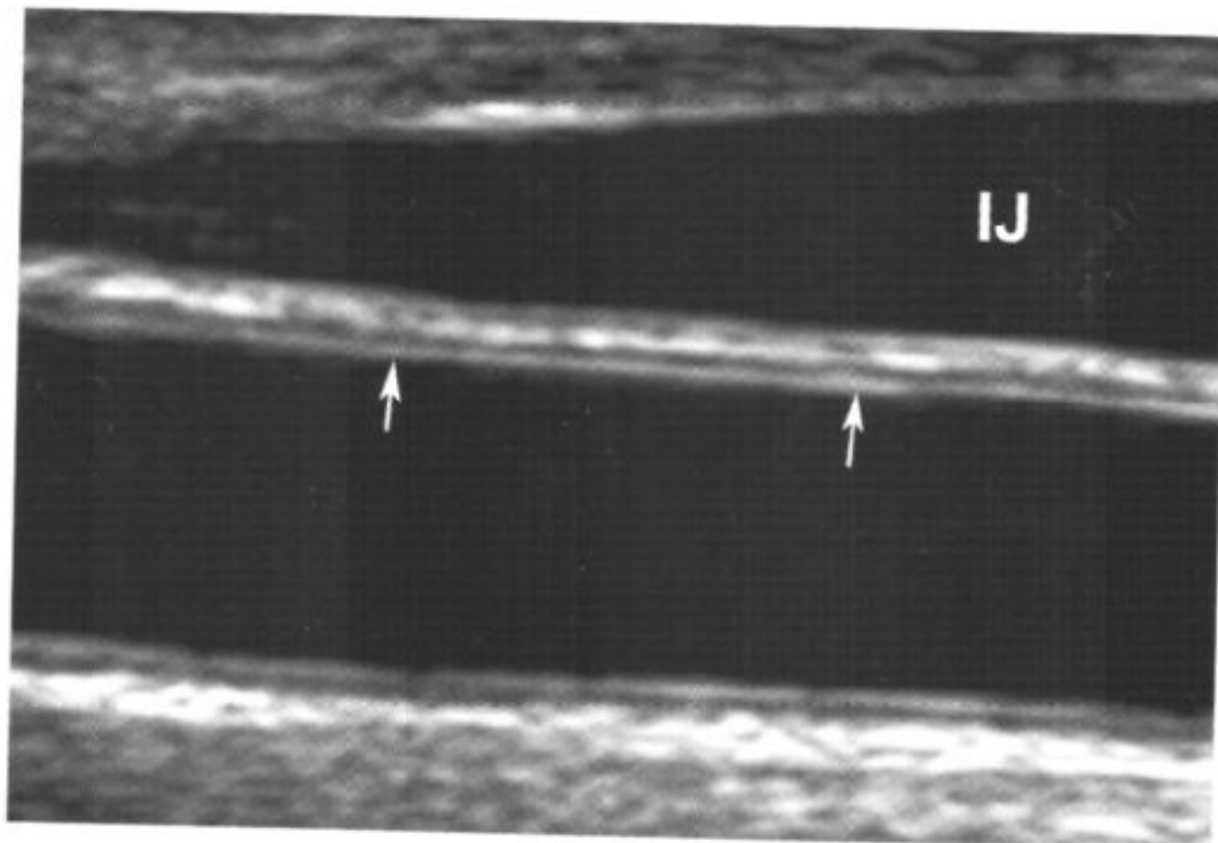


Рис. 7.1. Строение артериальной стенки в норме. В продольном изображении общей сонной артерии внутренняя изоэхогенная линия является изображением интимы (стрелки). Черная линия, расположенная к периферии от интимы, – средний слой артериальной стенки – медиа. Наружная белая линия представляет адвентициальный слой. Подобная дифференциация стенок на слои отсутствует во внутренних яремных венах (IJ), так как эти вены имеют очень тонкие стенки с невыраженным мышечным слоем.

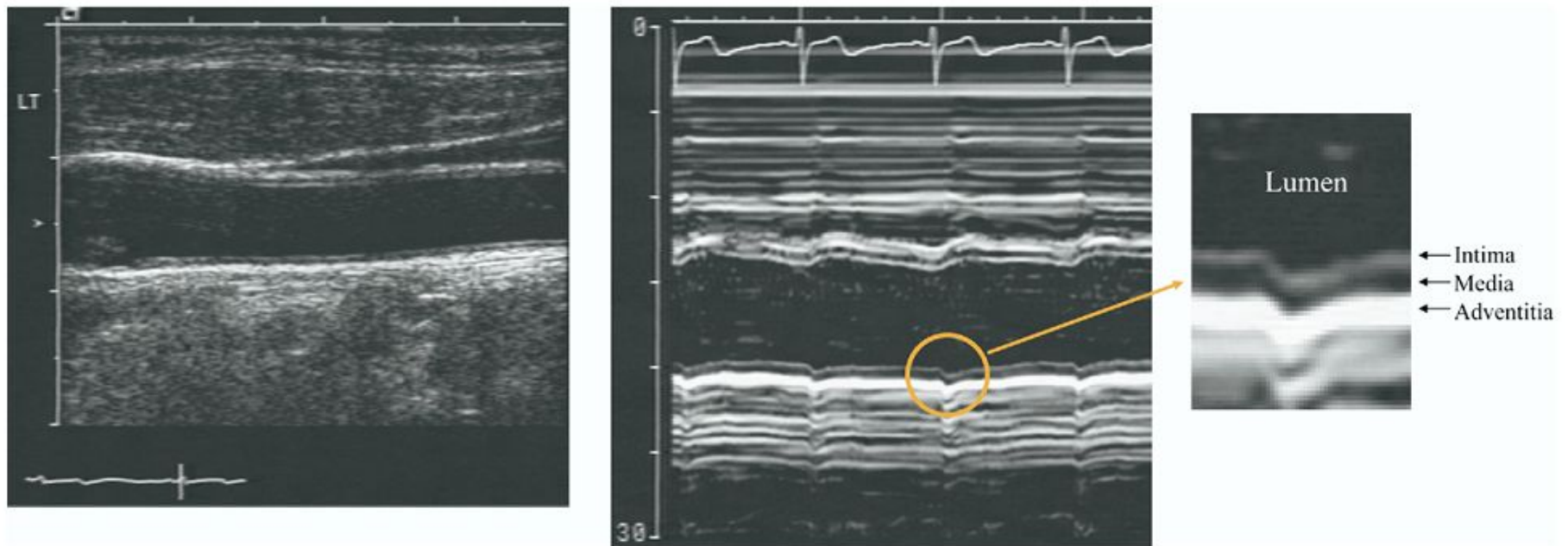
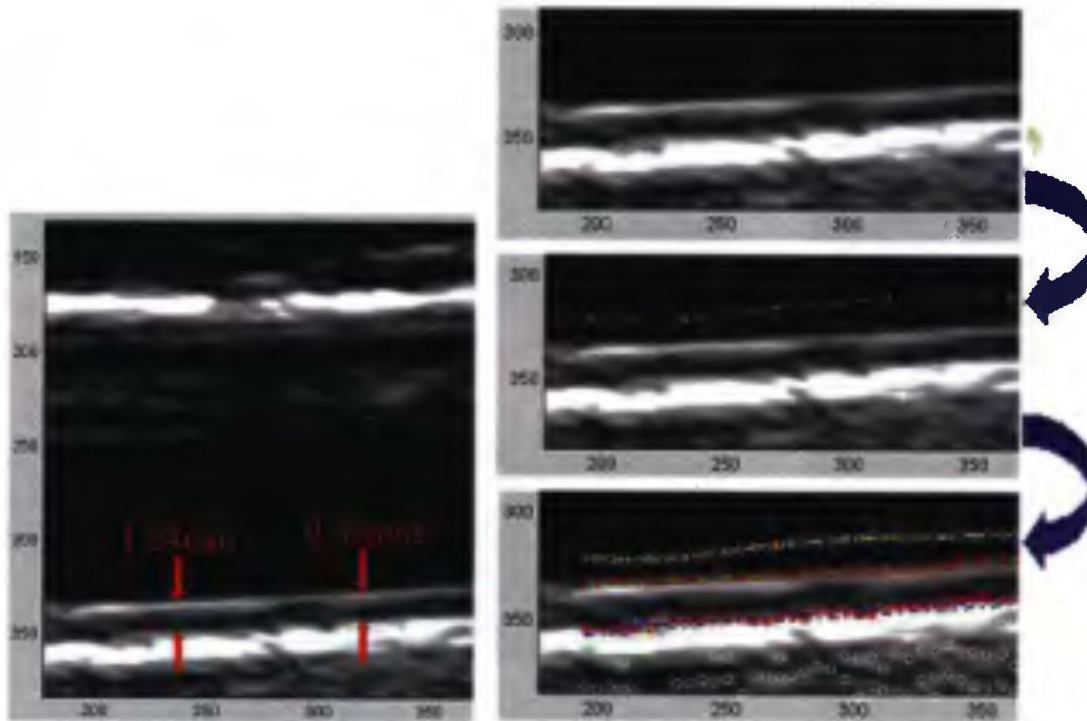


Figure 1 B-mode (*left*) (cephalad to left) and M-mode (*right*) images of distal common carotid artery.

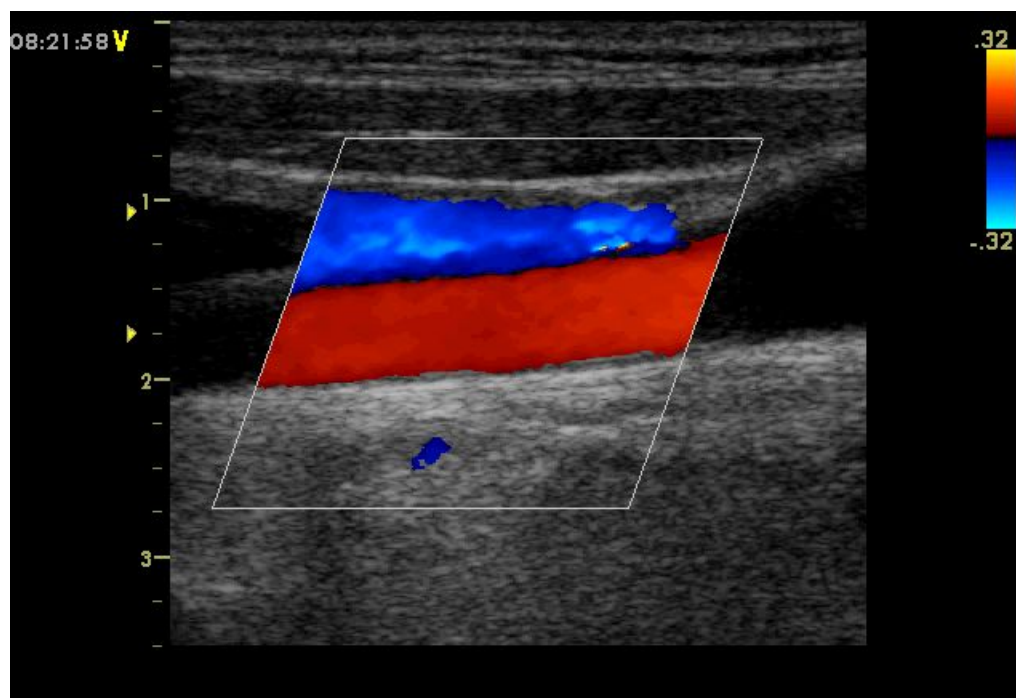
Существуют ручные способы обработки,
полуавтоматические и автоматические методы
измерения ТИМ



$X=0.96\text{mm}$
**Ручная
обработка**

$X=0.94\text{mm}, \pm 0.08\text{mm}$
**Полуавтоматическая
обработка**

Дуплексное сканирование ОСА



D-режим, или spectral Doppler

- **Импульсный доплер (Pulsed Wave, или PW).**
отражает характер кровотока в месте установки контрольного объема. Импульсный доплер имеет скоростной предел (не более 1,5 м/сек), поэтому с его помощью нельзя зарегистрировать потоки, имеющие высокую скорость.
- **Импульсный высокочастотный доплер (HF PW - high frequency pulsed wave).**
Несколько контрольных объемов располагаются один за другим на различной глубине. Это позволяет регистрировать кровотоки, скорость которого превышает 1,5 м/с.
- **Постоянно-волновой доплер (CW - Continuous Wave Doppler).**
Позволяет регистрировать высокоскоростные потоки при стенозах артерий. Недостаток метода состоит в том, что на графике регистрируются все потоки по ходу луча.

Цветной доплер

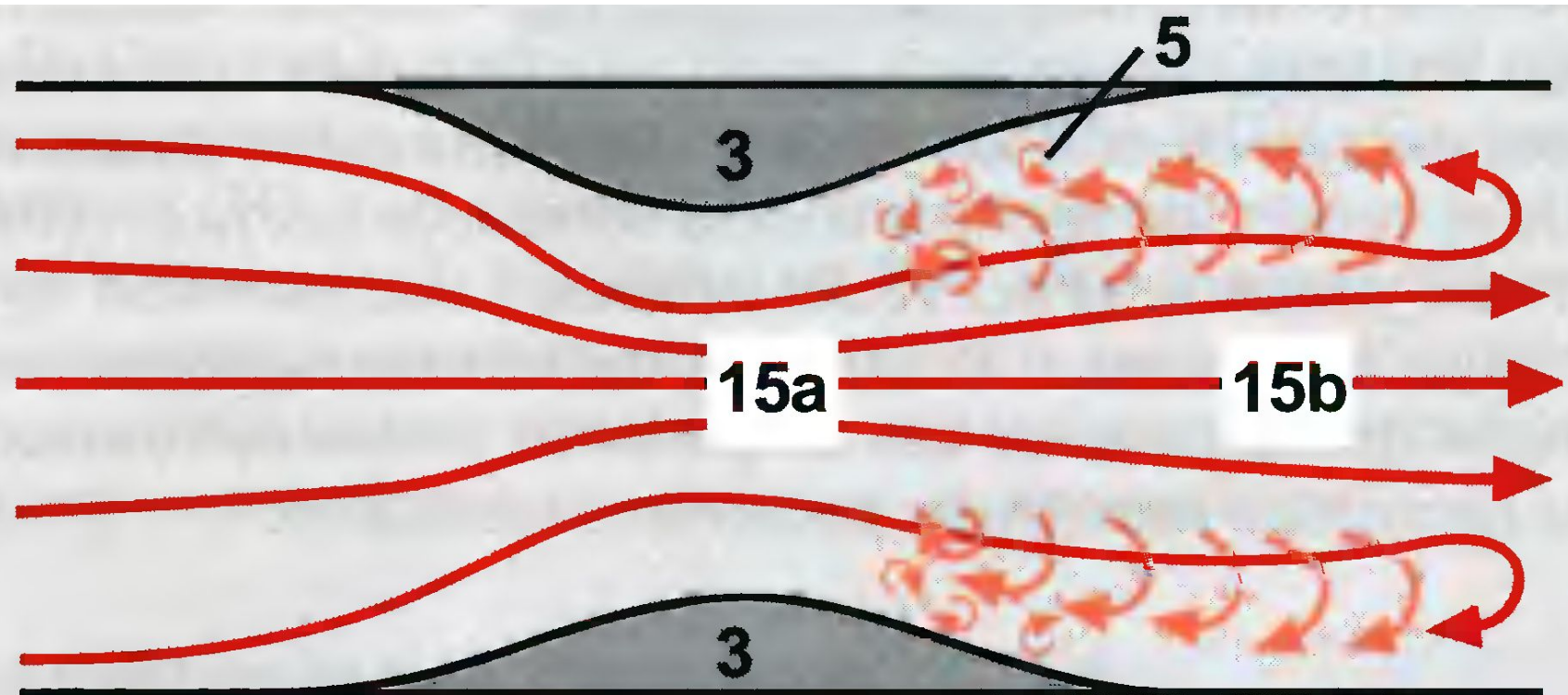
- В режиме цветного доплера при обработке сигналов скорости оцениваются скорости движения элементов крови;
- Информация о кровотока накладывается на В-режим

Режим цветового доплеровского кодирования скорости

- Информация о скорости кровотока кодируется в оттенках цвета .
- Более светлые тона указывают на более высокие скорости по сравнению с насыщенными , темными тонами , характерными для медленных скоростей
- Организованный ламинарный поток представляется на цветном дисплее в виде равномерного окрашивания .
- Турбуленция сопровождается перемешиванием цветов и их искажением при элайзинге

Режим цветового доплеровского кодирования интенсивности кровотока. Энергетический доплер

- Данный режим предполагает анализ изменений доплеровской амплитуды, т.е. интенсивности отраженного сигнала.
- Благодаря этому возможно визуализировать поток независимо от угла сканирования, без кодировки направления потока.
- Данный режим является более чувствительным, чем цветовой и позволяет визуализировать даже незначительный по интенсивности кровоток (в частности, в венозных и небольших артериальных сосудах).
- Некоторые системы позволяют комбинировать указанные выше цветовые режимы.



Ламинарный ток

Турбулентный ток

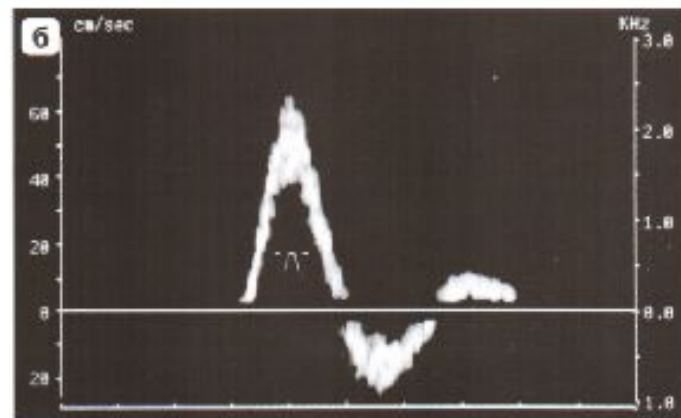
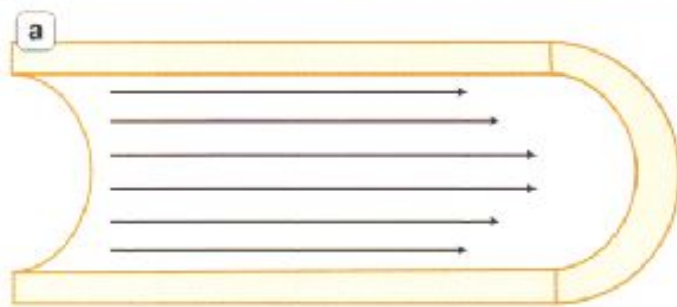


Рис. 3.7. Ламинарный поток. а – изображение параллельных линий движения красных клеток крови. б – доплеровский спектр во время ламинарного кровотока. В течение всего времени эритроциты движутся с одинаковыми скоростями. В результате спектр представлен тонкой линией, которая очерчивает хорошо определенное черное «окно» (W).

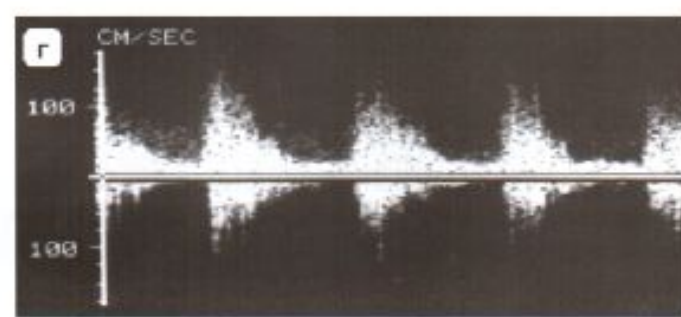
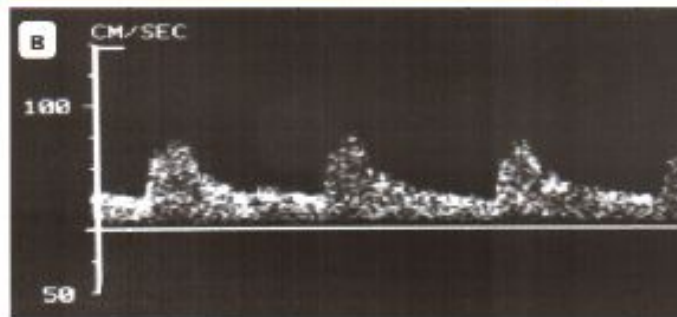
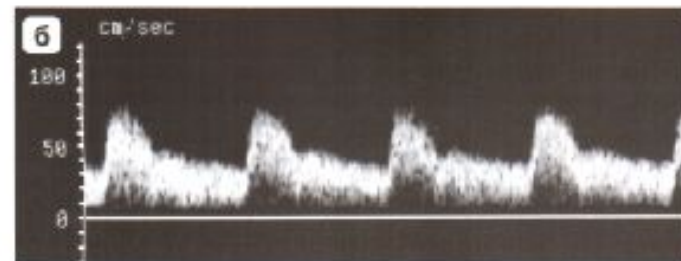
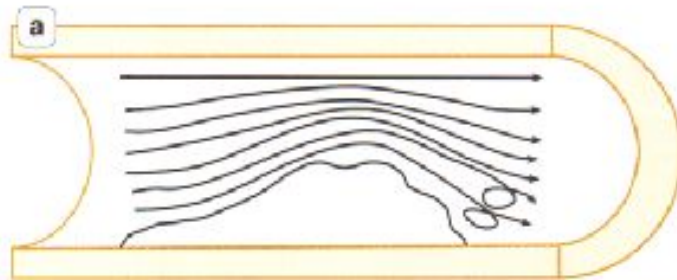


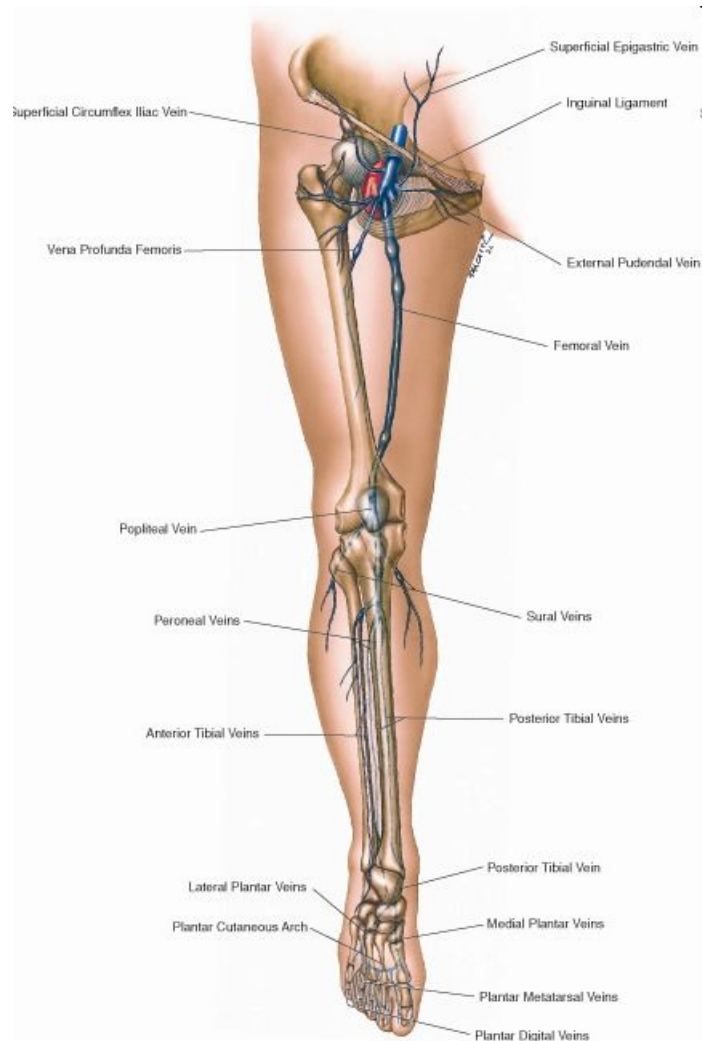
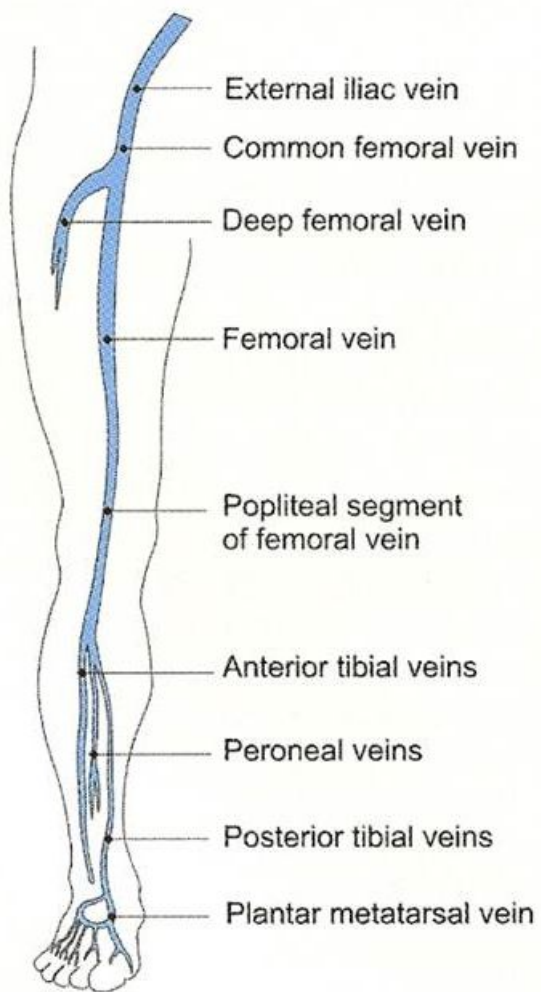
Рис. 3.8. Нарушенный кровоток. а – иллюстрация нарушенного кровотока. б – малое нарушение кровотока определяют по расширению спектра во время пика систолы и в течение диастолы. в – умеренное нарушение кровотока вызывает неполное закрытие спектрального окна. г – тяжелое нарушение кровотока характеризуется полным закрытием спектрального окна, нечеткими границами спектра и одновременным прямым и обратным направлением кровотока. Слышимый доплеровский сигнал имеет громкий грубый характер при тяжелом нарушении кровотока.

Вены ног

- Глубокие вены
- Поверхностные вены
- Перфорантные вены

- Основной отток от нижних конечностей осуществляется через систему глубоких вен.
- Система глубоких и поверхностных вен связаны друг с другом посредством перфорантных вен, которые получили название потому, что они перфорируют мышечный массив, разделяющий поверхностную и глубокую системы.
- В нормально функционирующих перфорантных венах клапаны пропускают кровь в одном направлении – из поверхностных вен – в глубокие. Кровоток в другом направлении всегда считается патологическим.
- Перфорантные вены наиболее многочисленны на голени и считаются клинически значимыми при своей несостоятельности создавая сброс крови из глубоких вен в поверхностные.
- Несостоятельность перфорантных вен может приводить к варикозному расширению поверхностных вен, а также быть косвенной причиной изменения цвета, утолщения кожи на голени и лодыжках, появления трофических язв в этой области.

Глубокие вены ног



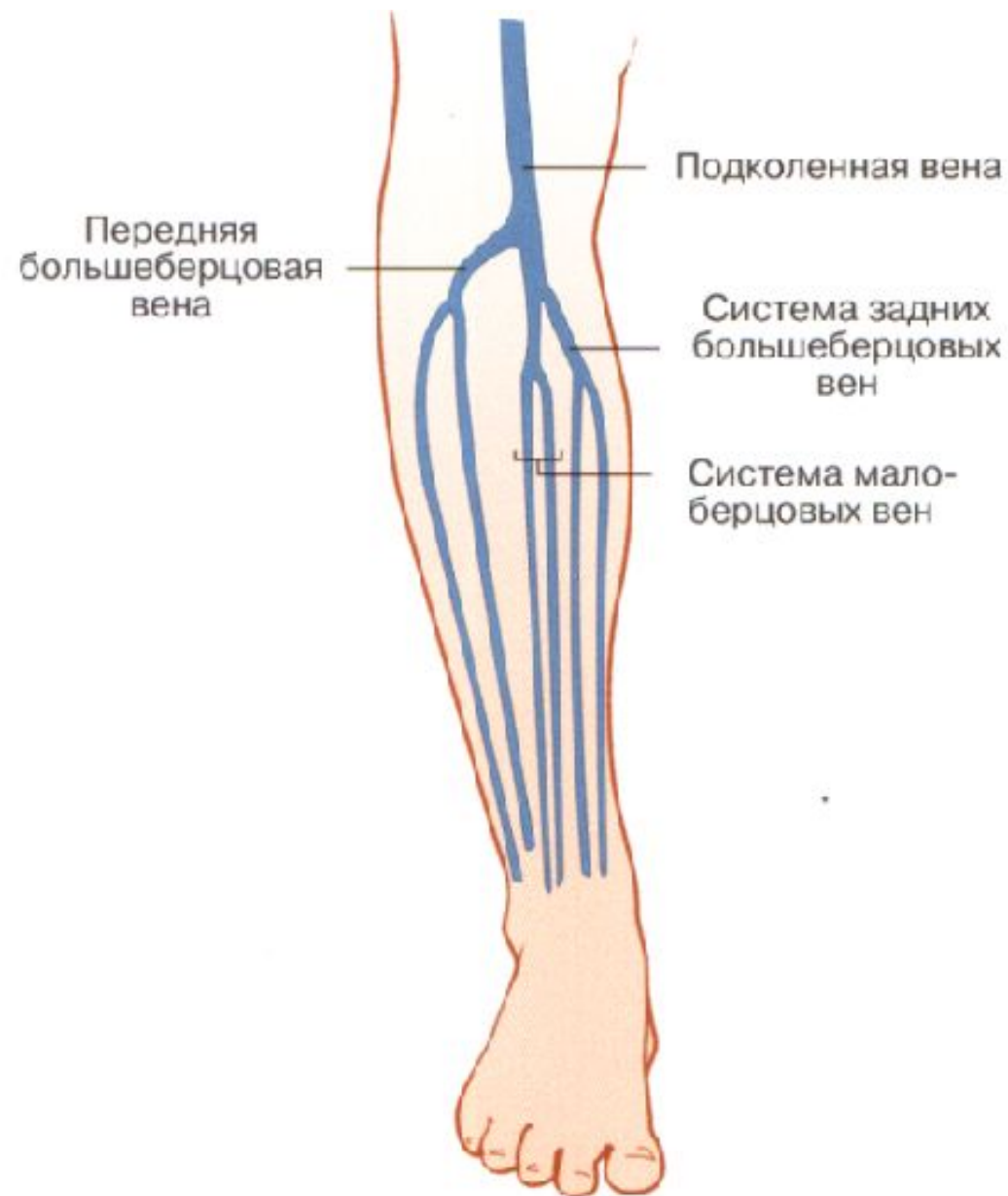


Рис. 22.4. Подколенная вена и вены голени.



Рис. 22.7. Нижняя полая и подвздошные вены.

Исследование нижней полой вены

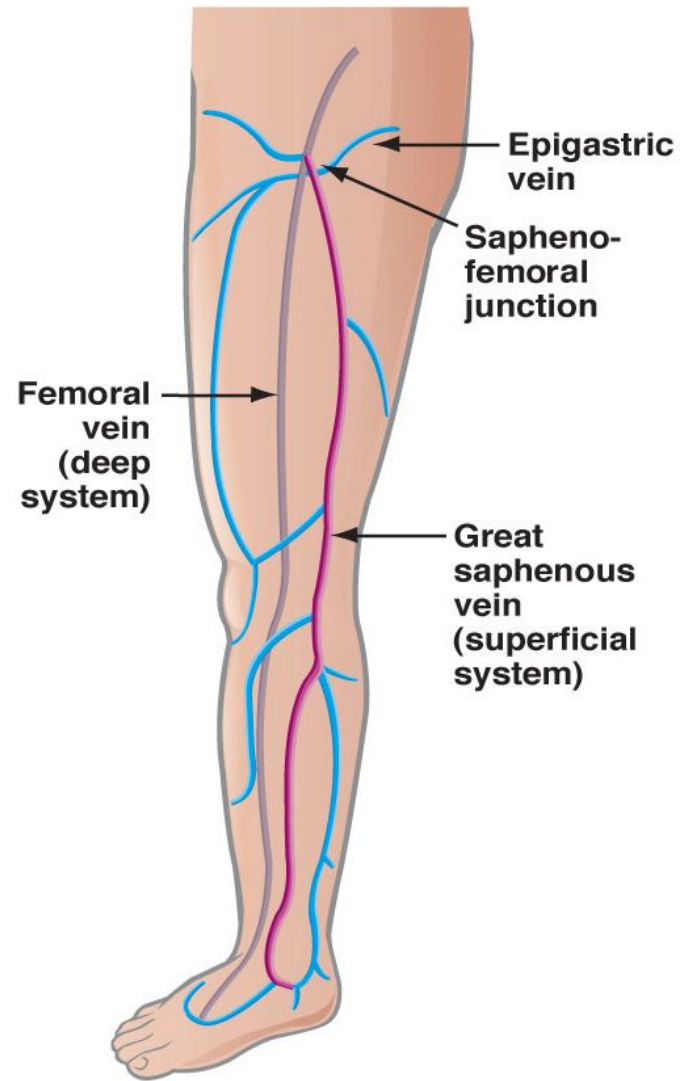
- Проводится вдоль линии ее проекции на переднюю брюшную стенку. Наилучшие условия для ее визуализации, как показывает наш опыт, возникают в положении пациента на левом боку. Исследователь произвольно изменяет угол поворота пациента до достижения наилучших условий для сканирования.
- Подобные особенности сканирования вполне объяснимы тем, что в положении пациента на боку оно происходит практически во фронтальной плоскости, минуя основные препятствия в виде петель кишечника

Поверхностные вены нижних конечностей

- Большая подкожная вена является самой длинной веной человеческого тела, называется также длинной подкожной веной. Вена берет начало на стопе, проходит по переднему краю медиальной лодыжки и следует от голеностопного сустава по медиальному краю голени бедра до паха.
- Примерно на 4 см ниже уровня паховой связки она прободает мышечную фасцию и вливается в общую бедренную вену.
- Большая подкожная вена обычно используется для забора аутотрансплантата при аортокоронарном или периферическом шунтировании, поэтому большая подкожная вена часто является объектом ультразвукового обследования.

Большая подкожная вена

- Несмотря на свою большую протяженность вена может быть безболезненно изъята для формирования шунта, так как с ее помощью осуществляется дренирование только поверхностных структур, и, кроме того, у нее очень развита коллатеральная сеть.
- Изолированный тромбоз большой подкожной вены встречается достаточно часто. Несмотря на то, что тромбофлебит может давать выраженные болевые ощущения, тем не менее клинически он незначим.
- Исключение составляют случаи, когда тромб распространяется до уровня сафенобедренного соустья или выше в общую бедренную вену, что создает риск клинически опасного состояния – легочной эмболии.



Малая подкожная вена

- Расположена между двумя головками икроножной мышцы по задней поверхности голени и проходит по голени, подобно шву на чулке.
- Вена берет начало чуть выше лодыжки и проходит наверх до подколенной ямки, где она впадает в подколенную вену.
- Так же как и большая, малая подкожная вена может быть использована для формирования аутошунта при операциях обходного шунтирования.
- Она также может являться местом формирования тромба с возможным распространением тромба в подколенную вену и риском развития тромбоэмболии легочной артерии.

Допплеровское исследование венозного кровотока

- При исследовании вен точные скоростные данные практически не используются.
- Допплеровское исследование заключается в определение самого факта наличия кровотока и его направления.
- Поскольку скорость кровотока в венах конечности значительно ниже, чем в артериях, скоростная шкала доплеровского исследования должна быть ориентирована на регистрации низкоскоростных потоков (оптимальным считают диапазон 6 – 8 см/с).

Ультразвуковые методы исследования вен

- Исследование венозной системы в В-режиме позволяет изучить структурные особенности стенок сосуда и его содержимого, но не дает информации о гемодинамических характеристиках исследуемого венозного русла (за исключением случаев «спонтанного контрастирования» кровотока).
- Эти данные можно получить при использовании доплеровских методов исследования: импульсного и цветового доплеровского сканирования.
- Наиболее употребимыми и наглядными при исследовании вен являются цветные доплеровские методики.

Положение пациента

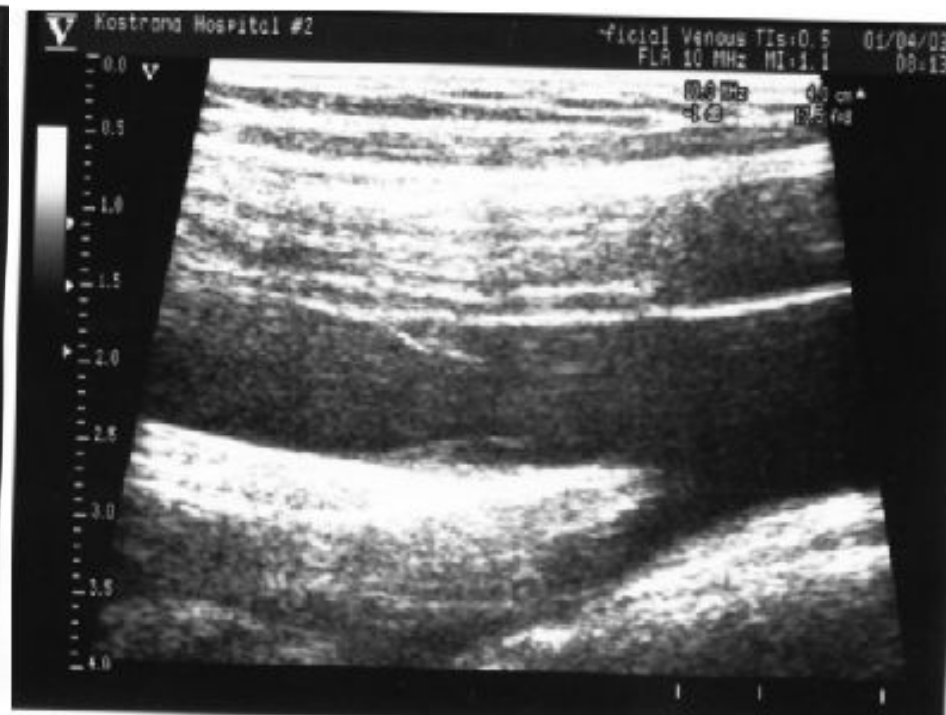
- Четкость визуализации вен нижних конечностей зависит от их наполнения.
- Именно поэтому в случае необходимости высоко поднимается головной конец кровати, на которой находится пациент, либо исследование проводится в положении сидя или стоя.
- Пациент должен находиться в комфортных условиях, в теплой комнате, должен быть согрет для предупреждения вазоконстрикции, которая приводит к неадекватному заполнению венозной системы.

1-ый клапан поверхностной бедренной вены

Клапан закрыт



Клапан открыт



Сжимаемость

- Вены в отличие от артерии имеют тонкую стенку, при этом просвет вены открыт только при определенном давлении крови в просвете.
- При очень низком давлении вена находится в спавшемся состоянии.
- Это наблюдение имеет большое клиническое значение, так при наличии тромба в просвете вена не сжимается, даже если при этом прикладывает достаточное для сжатия просвета рядом расположенной артерии усилие.

Компрессионная проба

- Поперечное сдавление вен датчиком представляет собой основной мануальный прием ангиосканирования, проводимый на протяжении всего исследования.
- Компрессионную пробу лучше проводить при поперечном положении датчика по отношению к оси вены.
- При компрессии вены при продольном расположении датчика вена может исчезнуть из плоскости сканирования и не визуализироваться, при этом создается впечатление ее полного сжатия.

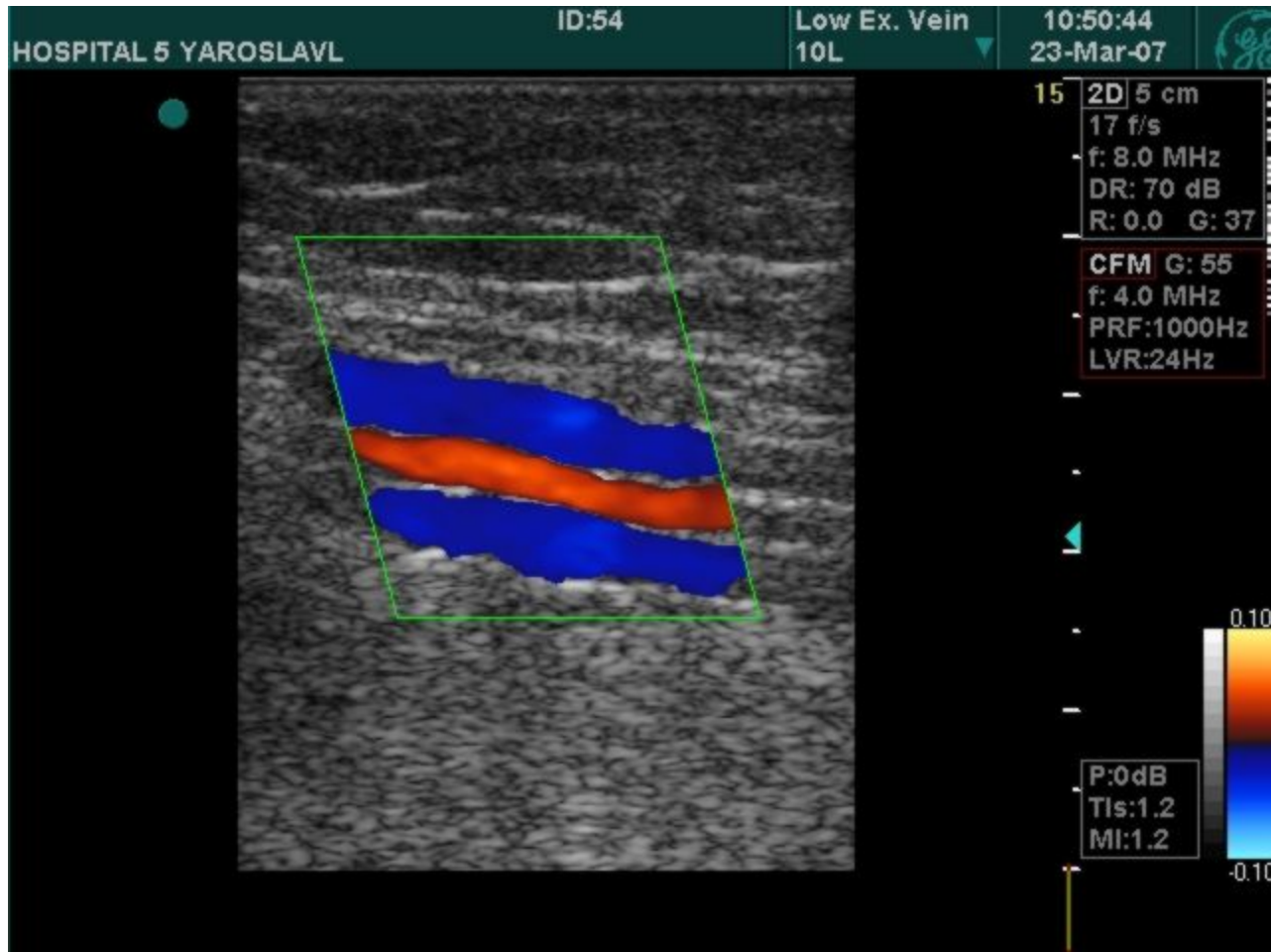
Ультразвуковые параметры венозного кровотока

1. Наличие кровотока в вене. Это крайне важно, при плохой визуализации сосуда и невозможности провести его компрессию датчиком.
2. Кровоток в вене синхронизирован с дыханием.
3. В неизмененной вене поток крови занимает весь просвет – это визуализируется как в продольном так и в поперечных проекциях.
4. В венах конечностей кровь течёт по направлению к сердцу, что обеспечивается их клапанным аппаратом. Появление ретроградного кровотока длительностью более 1,5 с говорит о рефлюксе крови через проксимально расположенный клапан и его несостоятельности.

Функциональные пробы при исследовании венозного кровотока

- Физиологические особенности венозного кровотока таковы, что в горизонтальном положении тела пациента, в котором обычно и проводится исследование, его скорость может быть крайне невелика особенно в дистальных отделах конечности.
- Активировать венозный кровоток и получить нужную информацию помогает проведение функциональных проб
- Сдавление рукой исследователя, свободной от датчика, мышц голени в верхней и средней ее третях или бедра вызывает временную гипертензию в нижележащих подкожных, глубоких и перфорантных венах.
- Сдавление мышц голени или бедра обычно в течении не менее 3 с.
- При декомпрессии давление в венах голени снижается, что стимулирует венозный кровоток и делает его доступным для доплеровского исследования.
- Таким образом симулируется работа мышечной венозной помпы на голени.

Исследование задних большеберцовых вен в режиме цветного доплера (норма)



Проба Вальсальвы

- Определению функции клапанного аппарата помогает проба Вальсальвы, при которой у здоровых людей происходит ослабление венозного кровотока при вдохе, полное его исчезновение при натуживании и значительное усиление при последующем выдохе.
- На высоте пробы Вальсальвы в нормальных условиях отмечается увеличение диаметра вен более чем на 50 %. Правильное выполнение пробы обеспечивает скорость обратного кровотока не менее 30 см/с.
- На недостаточность клапанов обследуемой вены указывает ретроградная волна крови со скоростью на пике не менее 30 см/с и продолжительностью не менее 1,0 с или с меньшей скоростью, но большей продолжительностью (положительная проба Вальсальвы).
- Проба Вальсальвы проводится для оценки клапанов вен нижних конечностей, расположенных проксимальнее подколенной вены.
- При скорости обратного кровотока при выполнении пробы Вальсальвы менее 30 см/с даже не измененный венозный клапан может не закрываться (Van Bemmelен e.a., 1990) При скорости обратного кровотока 30 см/с и более при выполнении и более нормальный клапан захлопывается в течение 0,1 с.
- Проба Вальсальвы обеспечивает достижение этой скорости в 90% правильного применения только на общей бедренной вене, но не дистальнее. Поэтому использование пробы Вальсальвы для оценки состоятельности венных клапанов дистальнее общей бедренной вены не обосновано.