



# **УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДОПЛЕРОГРАФИЯ**

**ПСБГМУ им.акад.И.П.Павлова**

**Малахова З.Л.**

- Сосудистые заболевания стали настоящей чумой нашего времени. Ученые считают, что сосуды мало изменились в ходе эволюции, а вот образ жизни людей поменялся кардинально: гиподинамия, питание рафинированными продуктами, загрязненная окружающая среда, информационные перегрузки. Все это негативно сказывается на состоянии органов человека, в том числе и сосудов. На сегодняшний день существует большое количество методик для исследования сосудистой системы. Наиболее эффективные и безопасные – **доплеровские исследования.**



□ **Допплерография**, названа в честь австрийского ученого К. Доплера, который в 1841 году описал физический эффект, согласно которому частота звука, генерируемая движущимся объектом, изменяется при ее восприятии неподвижным приемником в зависимости от скорости и направления движения. Регистрация и анализ доплеровского эффекта позволяет измерять и визуализировать скорость, направление и характер движения крови в сосудах и камерах сердца. Допплерографию сочетают с УЗИ в В- или М-режимах. Исследование, объединяющее доплерографию с исследованием в В-режиме в масштабе реального времени, называется дуплексным.



# СУЩНОСТЬ ЯВЛЕНИЯ

Эффект Доплера легко наблюдать на практике, когда мимо наблюдателя проезжает машина с включённой сиреной. Предположим, сирена выдаёт какой-то определённый тон, и он не меняется. Когда машина не движется относительно наблюдателя, тогда он слышит именно тот тон, который издаёт сирена. Но если машина будет приближаться к наблюдателю, то частота звуковых волн увеличится, и наблюдатель услышит более высокий тон, чем на самом деле издаёт сирена. В тот момент, когда машина будет проезжать мимо наблюдателя, он услышит тот самый тон, который на самом деле издаёт сирена. А когда машина проедет дальше и будет уже отдаляться, а не приближаться, то наблюдатель услышит более низкий тон, вследствие меньшей частоты звуковых волн.



## II. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ДОППЛЕРОГРАФИИ.

Ультразвуковой доплеровский прибор представляет собой локационное устройство, принцип работы которого заключается в излучении зондирующих сигналов в тело пациента, приеме и обработке эхосигналов, отраженных от движущихся элементов кровотока в сосудах.

Допплеровский сдвиг частот ( $\Delta f$ ) – зависит от скорости движения элементов крови ( $v$ ), косинуса угла между осью сосуда и направлением ультразвукового луча ( $\cos \alpha$ ), скорости распространения ультразвука в среде ( $c$ ) и первичной частоты излучения ( $f^0$ ). Данная зависимость описывается доплеровским уравнением:

$$\Delta f = \frac{2 \cdot v \cdot f^0 \cdot \cos \alpha}{c}$$

Разница частот, отраженных от движущихся частиц, может быть отображена графически в виде кривой изменения скорости в зависимости от сердечного цикла.



# 1. Импульсный доплер

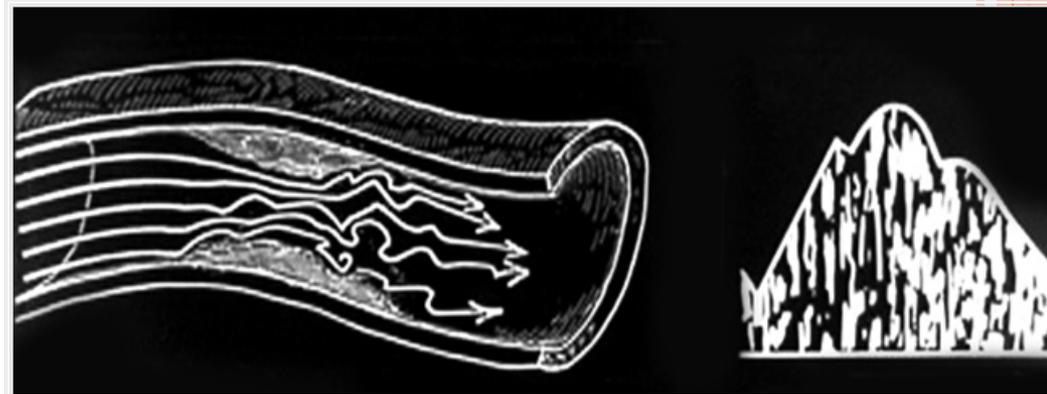
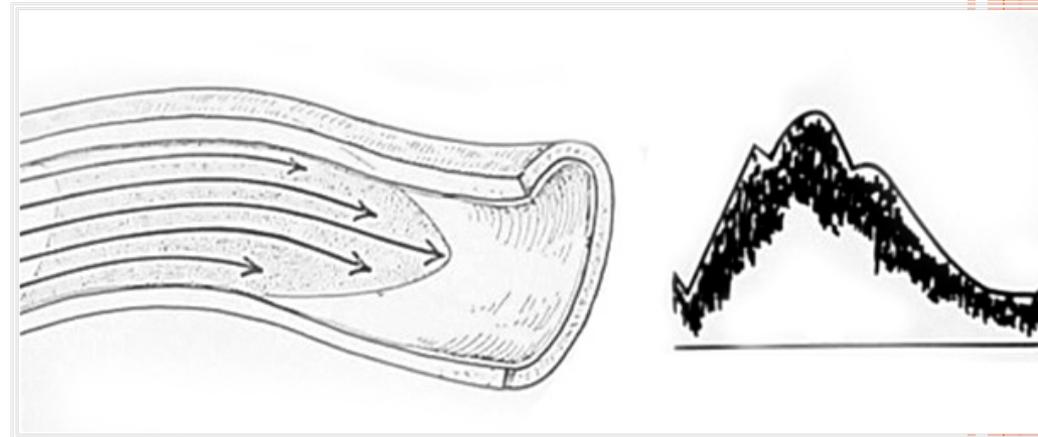
## Ультразвуковая доплерография

### Анализ показателей доплерограммы

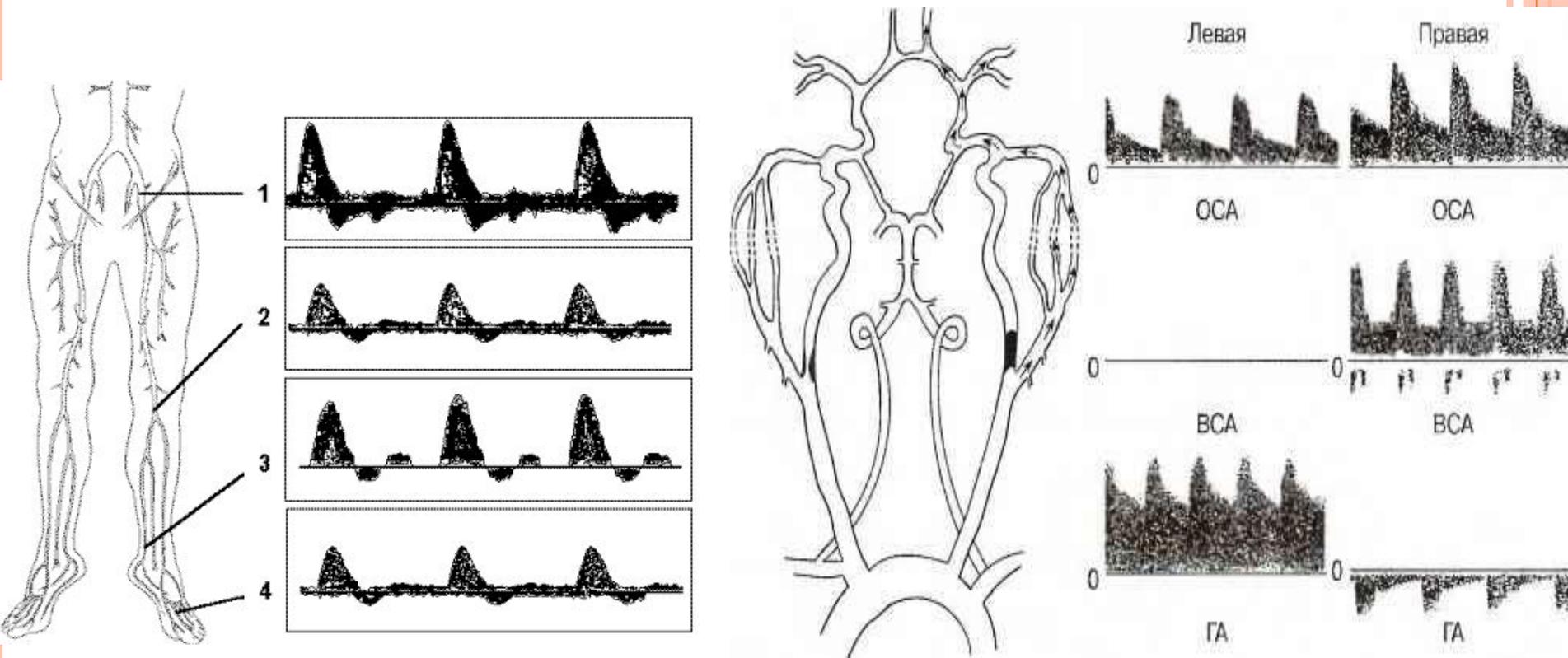
Кровоток в магистральных артериях имеет ряд гидродинамических особенностей, в связи с чем, выделяют два основных варианта потока:

- **ламинарный (параболический)** – имеется градиент скорости потоков центральных (максимальные скорости) и пристеночных (минимальные скорости) слоев. Разница между скоростями максимальна в систолу и минимальна в диастолу. Слои не смешиваются между собой;

- **турбулентный** – вследствие неровностей сосудистой стенки, высокой скорости кровотока слои смешиваются, эритроциты начинают совершать хаотическое движение в разных направлениях.



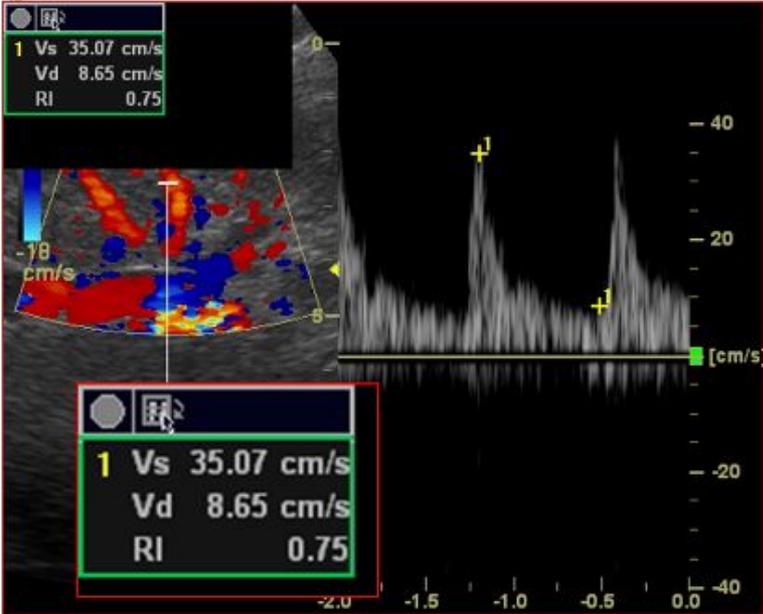
Ультразвуковая доплерография (УЗДГ) или «слепой доплер» (спектральный доплер, Д-режим) позволяет проводить оценку скоростей кровотока в сосудах и представляет собой кривую изменений доплеровского сдвига частот, развернутую во времени. При этом принято, что кровоток, направленный к датчику, на экране монитора отображается выше нулевой линии и соответственно от датчика — ниже этой линии.



# АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОППЛЕРОГРАММЫ

- **Допплерограмма** – графическое отражение доплеровского сдвига частот во времени – имеет две основных составляющих:
  - - огибающая кривая – линейная скорость в центральных слоях потока;
  - - доплеровский спектр – графическая характеристика пропорционального соотношения пулов эритроцитов, движущихся с различными скоростями.
- При проведении спектрального доплеровского анализа оцениваются качественные и количественные параметры.
- К **качественным** параметрам относятся:
  - 1. форма доплеровской кривой (огибающей доплеровского спектра)
  - 2. наличие “спектрального” окна.
- К **количественным** параметрам относятся:
  - 1. Скоростные характеристики потока.
  - 2. Уровень периферического сопротивления.
  - 3. Показатели кинематики.
  - 4. Состояние доплеровского спектра.
  - 5. Реактивность сосудов.





*Для оценки доплерограммы используют следующие основные показатели (индексы):*

*Систолидиастолическое отношение (СДО)- отношение максимальной систолической к конечной диастолической скорости кровотока.*

*Пульсовой индекс (PI, ПИ) - отношение разницы между максимальной систолической и конечной диастолической скоростям к средней скорости кровотока.*

*Индекс резистентности (RI, ИР) - отношение разницы между максимальной систолической и конечной диастолической скоростью к максимальной систолической скорости кровотока.  $RI = (S-D)/S$ .*



# ДОППЛЕРОВСКАЯ КРИВАЯ

- Огибающая доплеровского спектра называется доплеровской кривой.
- По типу изучаемого сигнала различают 2 принципиально разных доплеровских режима CW и PW

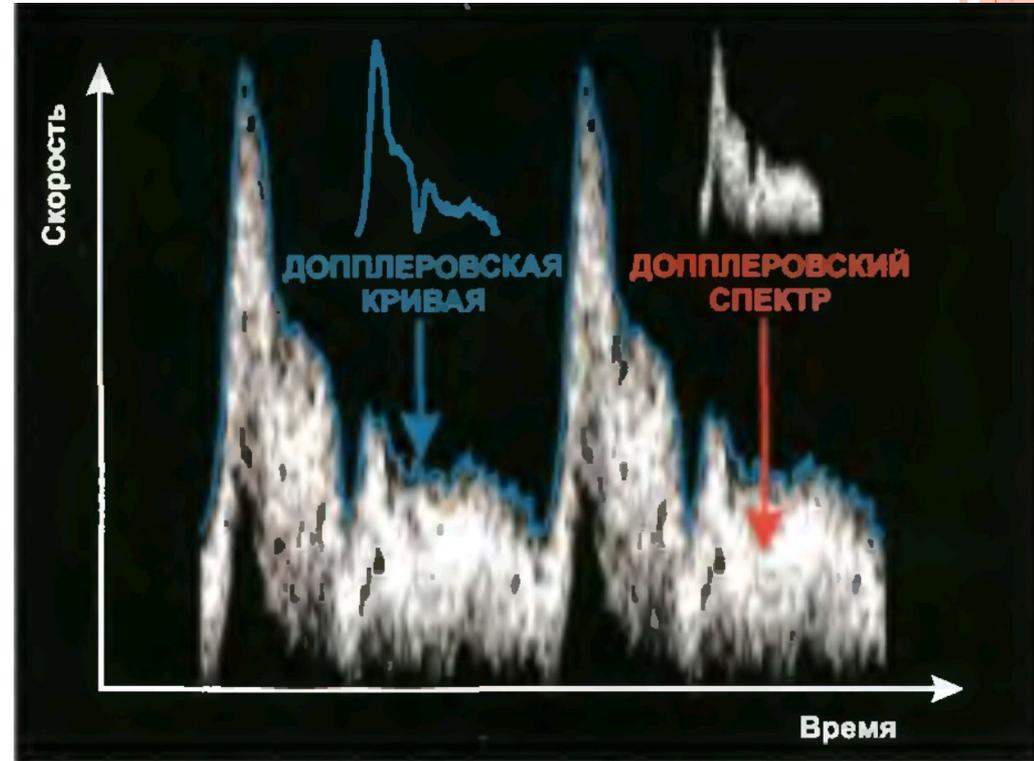
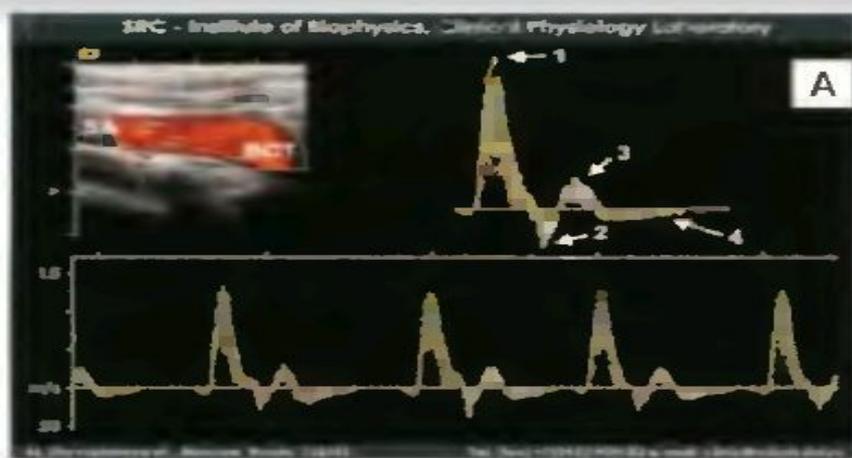


Рис. 3.19. Доплеровский спектр и доплеровская кривая.





**Рис. 4.21.** Исследование брахиоцефальных артерий в норме.

**А.** Проксимальный отдел подключичной артерии.

1 - систолический пик; 2-отрицательный пик в фазу ранней диастолы; 3 - положительный конечный диастолический пик; 4 - ретроградный пик в конце диастолы.

**Б.** Плечеголовной ствол.

1 - систолический пик; 2 - отрицательный пик в фазу ранней диастолы; 3 - положительный конечный диастолический пик.



# 1. СКОРОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКА

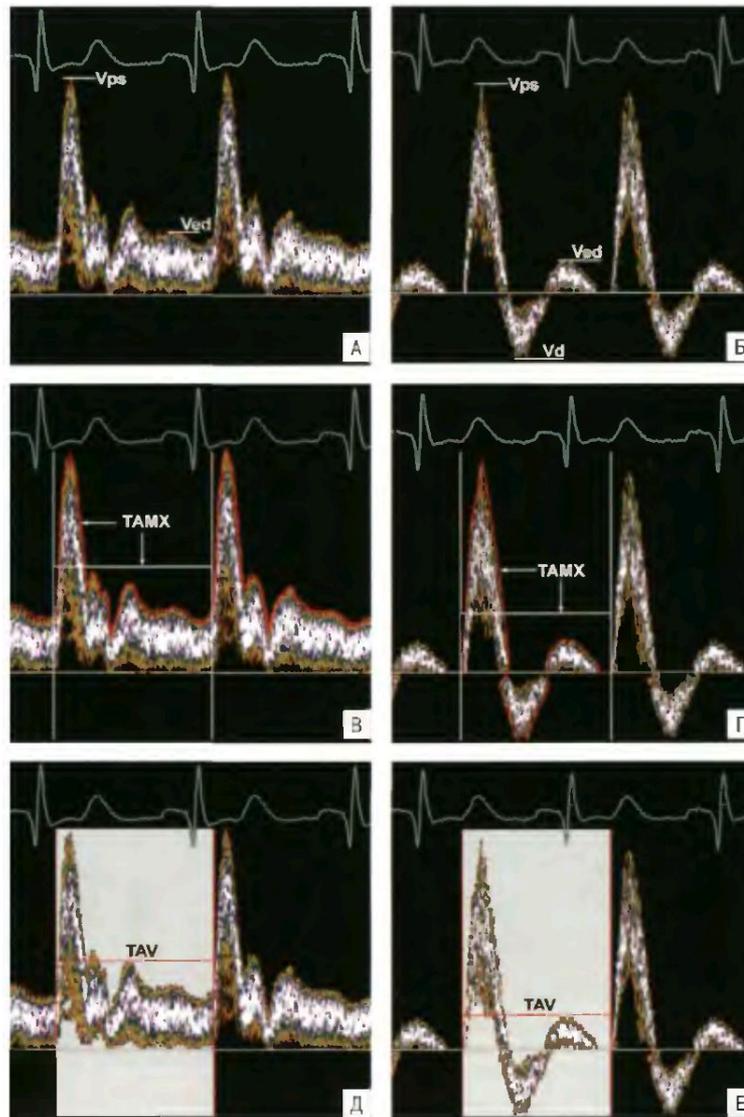
ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ ПО ОГИБАЮЩЕЙ КРИВОЙ. ВЫДЕЛЯЮТ:

- – систолическую скорость кровотока  $V_s$  (максимальная скорость)
- – конечную диастолическую скорость кровотока  $V_d$  ;
- – среднюю скорость кровотока ( $V_m$ ) – отражается среднее значение скорости кровотока за сердечный цикл. Средняя скорость кровотока рассчитывается по формуле:

$$V_m = \frac{V_s + 2 V_d}{3} \quad (\text{см/сек})$$

- – средневзвешенную скорость кровотока, определяется по характеристикам доплеровского спектра (отражает среднюю скорость движения эритроцитов по всему поперечнику сосуда – истинно средняя скорость кровотока)





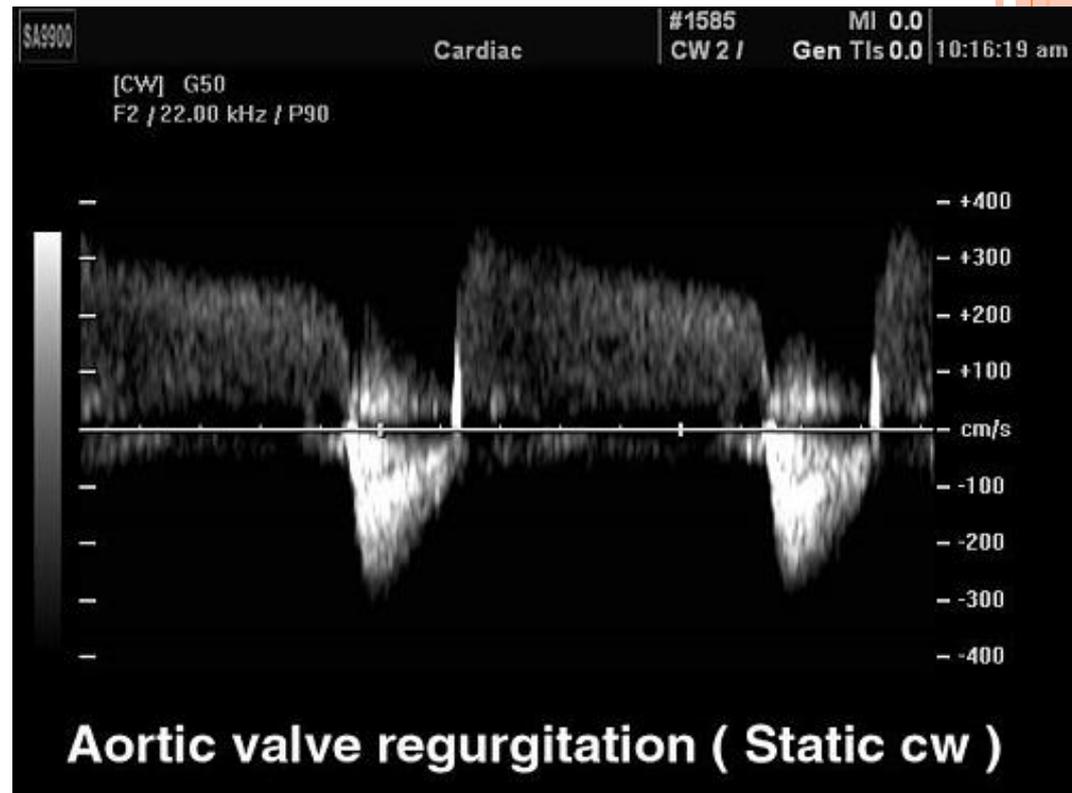
**Рис. 4.7.** Допплеровские измерения потоков в артериях с высоким и низким периферическим сопротивлением.

А. Измерение пиковой систолической и максимальной конечной диастолической скоростей потока в артериях с низким периферическим сопротивлением. Б. Измерение пиковой систолической, диастолической и максимальной конечной диастолической скоростей потока в артериях с высоким периферическим сопротивлением. В. Измерение усредненной по времени максимальной скорости потока (обводка спектра и значение указаны стрелками) в артериях с низким периферическим сопротивлением. Г. Измерение усредненной по времени максимальной скорости потока (обводка спектра и значение указаны стрелками) в артериях с высоким периферическим сопротивлением. Д. Измерение усреднен-



## 2. НЕПРЕРЫВНО (ПОСТОЯННО)-ВОЛНОВАЯ ДОПЛЕРОГРАФИЯ (CONTINUOUS WAVE DOPPLER, CW)

регистрирует высокие скорости (5-20 м/с),  
однако при этом невозможно точно локализовать исследуемый участок сосудистого русла, т.к. регистрируются потоки по всей глубине сканирования.



## CW – непрерывно-волновой доплер на линейном и конвексном датчиках

Данный режим возможен благодаря использованию технологий фазированной решётки в линейных и конвексных датчиках

### Преимущества (в сравнении с фазированными секторными датчиками):

- можно измерить высокоскоростной кровотоки как на линейном, так и на конвексном датчике

- не нужно переключаться на фазированный кардиодатчик, когда необходимо измерить высокоскоростной кровотоки (не имея секторного фазированного датчика для многих случаев можно измерять высокоскоростной кровотоки)

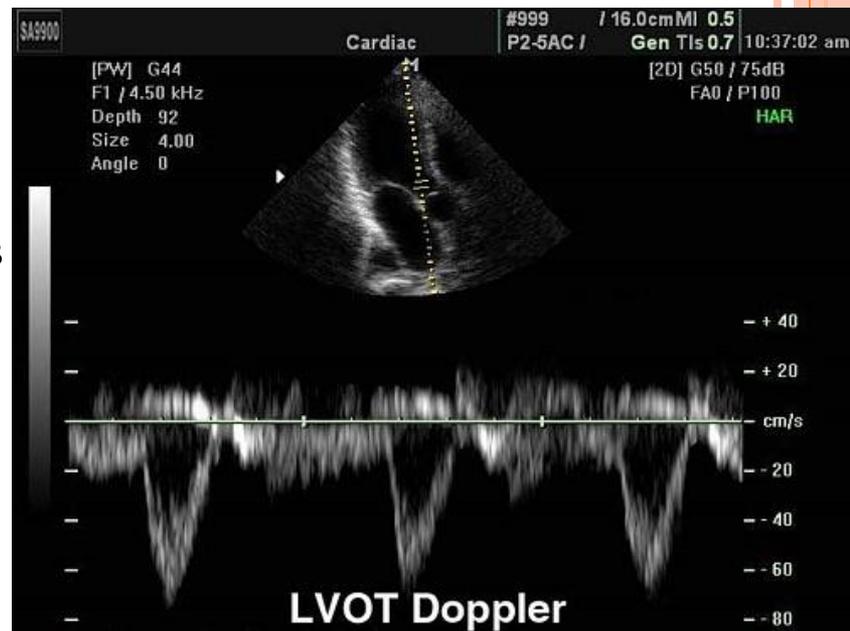
- линейный и конвексный датчик по определению имеют лучшее разрешение в В-режиме, чем фазированные секторные датчики

- линейные и конвексные датчики имеют более широкую ближнюю зону, чем у фазированных секторных датчиков



### 3. Импульсно-волновой доплер (PW, HFPW или HPRF)

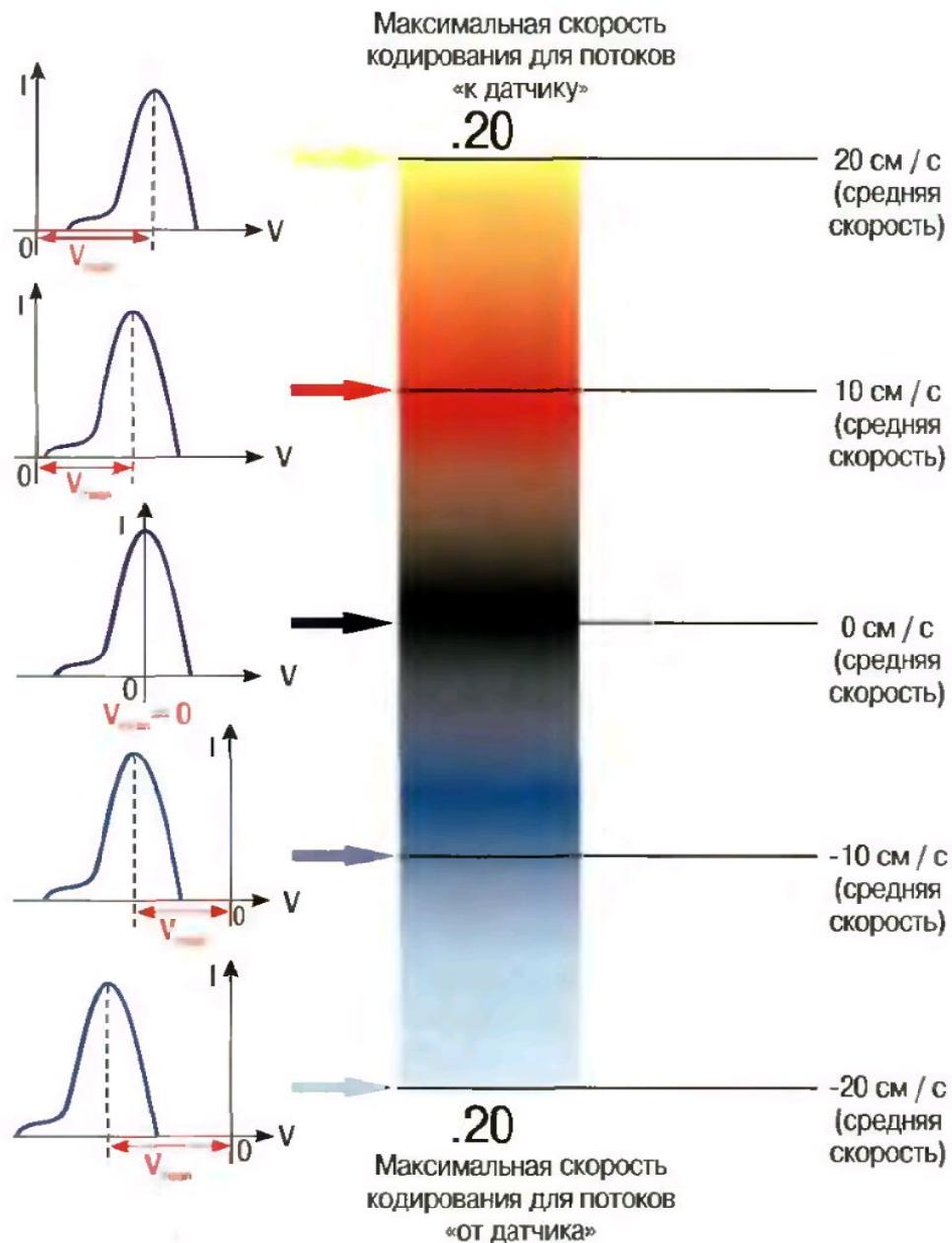
Импульсно-волновой доплер (Pulsed Wave или PW) применяется для количественной оценки кровотока в сосудах. На временной развертке по вертикали отображается скорость потока в исследуемой точке. Потoki, которые движутся к датчику отображаются выше базовой линии, обратный кровоток (от датчика) - ниже. Максимальная скорость потока зависит от глубины сканирования, частоты импульсов и имеет ограничение (около 2,5 м/с при диагностике сердца). Высокочастотный импульсный доплер (HFPW - high frequency pulsed wave или HPRF - high pulse repeat frequency) позволяет регистрировать скорости потока большей скорости, однако тоже имеет ограничение, связанное с искажением доплеровского спектра.



### 3. ЦВЕТОВОЕ ДОППЛЕРОВСКОЕ КОДИРОВАНИЕ

- Кроме отображения информации в виде доплеровского спектра, возможно получение цветowych картограмм. Режим позволяющий осуществлять данный вид обработки получил название ЦДК. Результатом цветового кодирования является получение плоскостного (двухмерного) распределения доплеровского сдвига частот в зоне опроса.





**Рис. 3.25.** ЦДК скорости. Цветовая шкала. Кодирование потоков с разными направлением и скоростью.

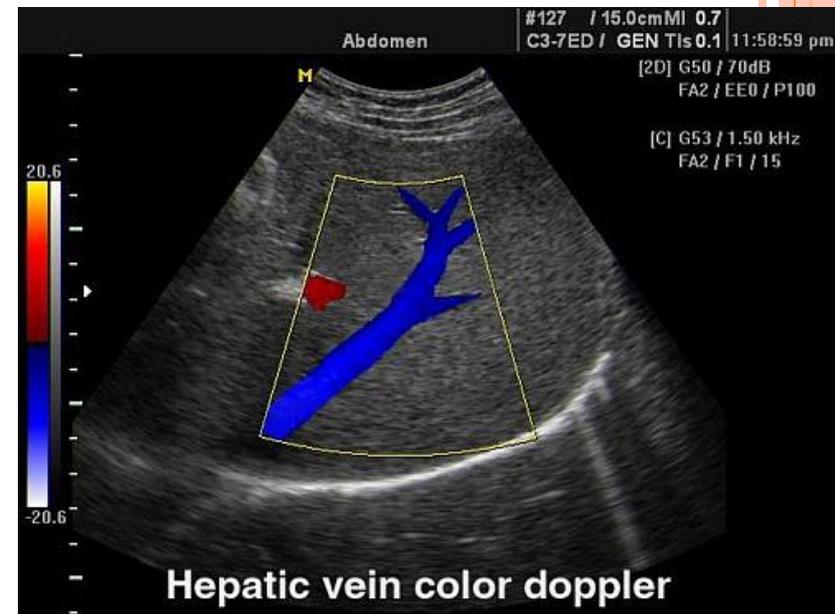
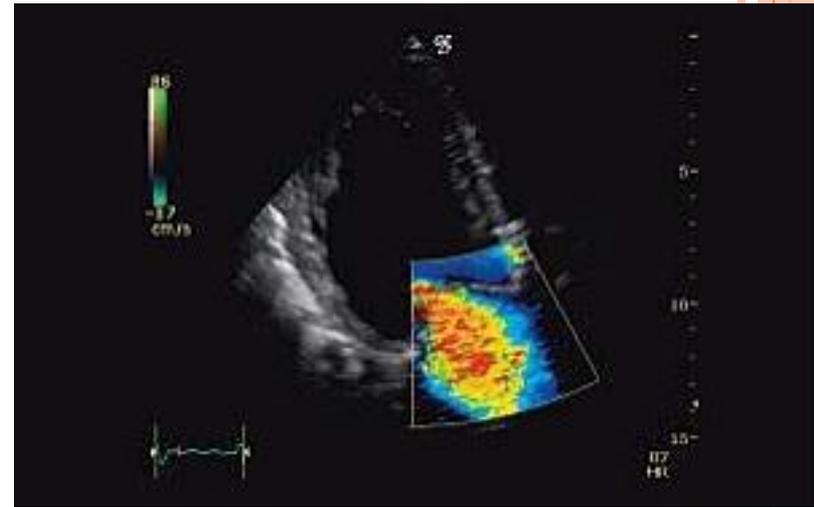


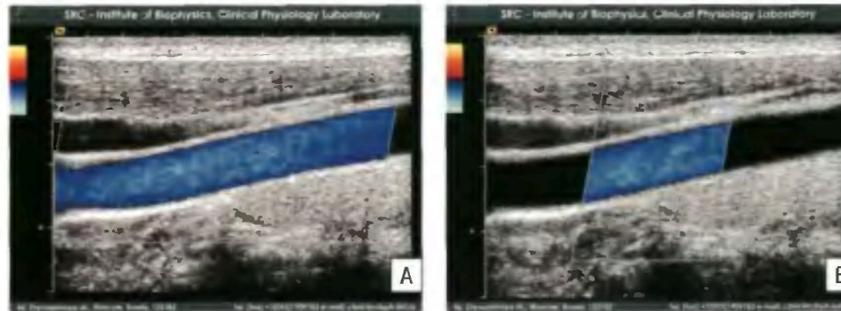
CFM - цветное доплеровское картирование по скорости - ЦДК (Color Doppler Imaging, CDI, CFA)

Другие названия технологии - цветное доплеровское картирование (ЦДК), color flow mapping (CFM) и color flow angiography (CFA).

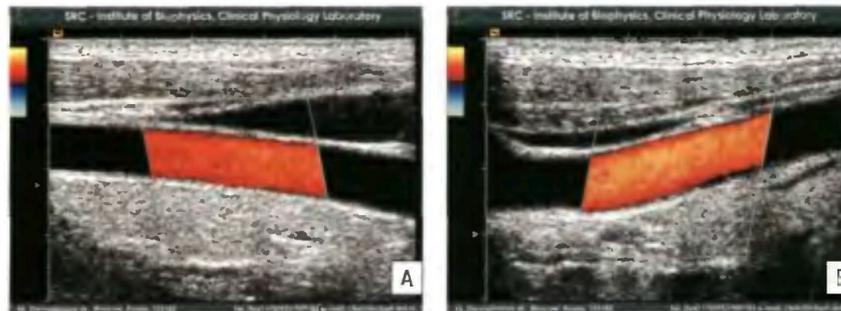
Обычно с помощью цветового доплера, меняя положение датчика, находят область интереса (сосуд), затем для количественной оценки используют импульсный доплер.

Цветовой и энергетический доплер помогают в дифференциации кист и опухолей, поскольку внутреннее содержимое кисты лишено сосудов и, следовательно, никогда не может иметь цветных локусов.

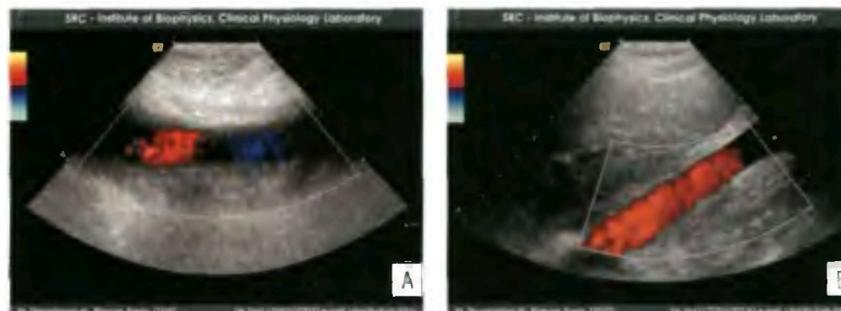




**Рис. 3.59.** Размеры инsonируемой зоны в цветовом доплеровском режиме.  
 А. Обзорное сканирование широким окном обзора. Б. Прицельное сканирование малым окном.

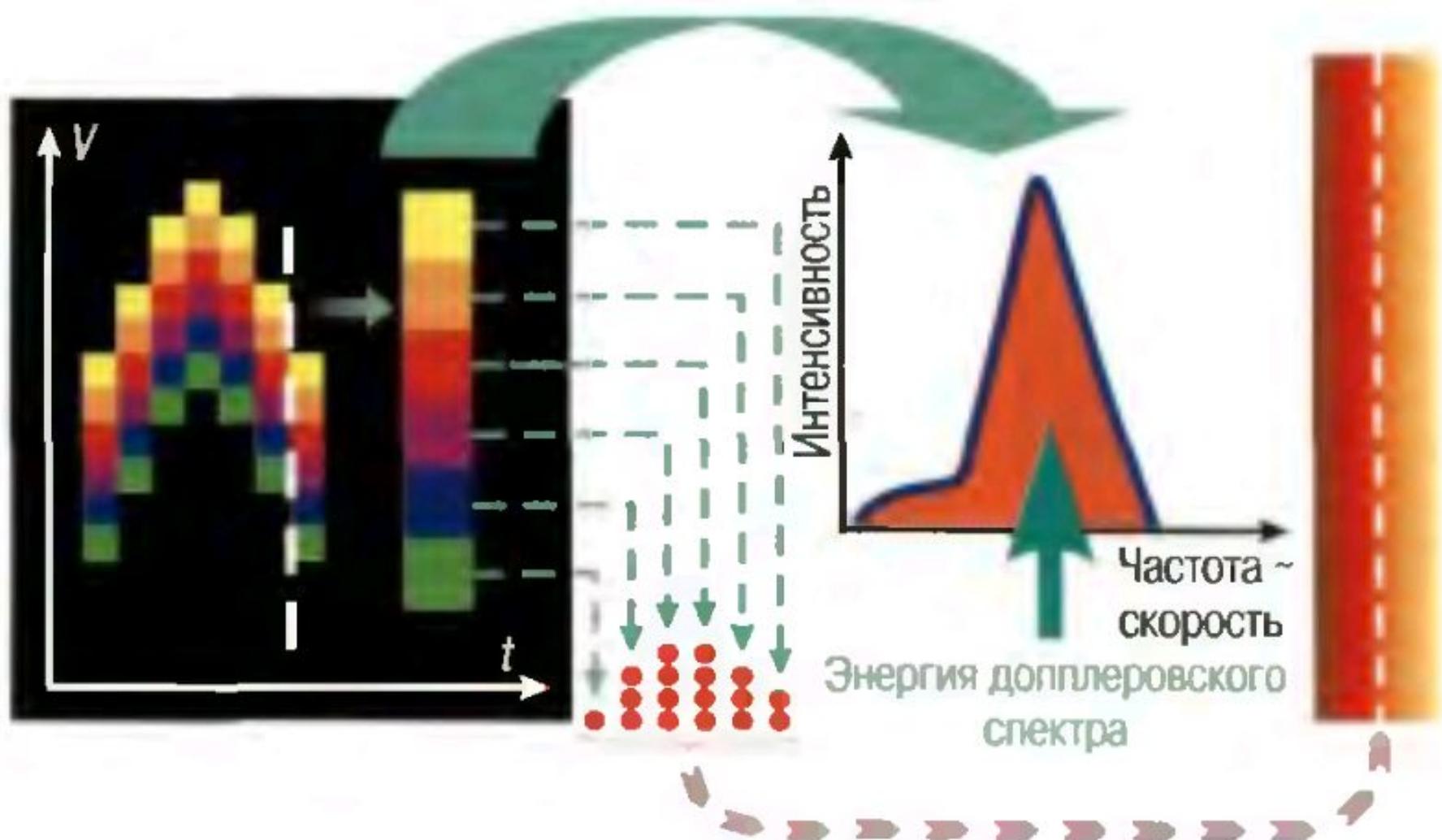


**Рис. 3.60.** Вариантные карты при линейном сканировании.  
 А, Б. Различные положения вариантных карт (доплеровский угол в обоих случаях не превышает  $90^\circ$ ).

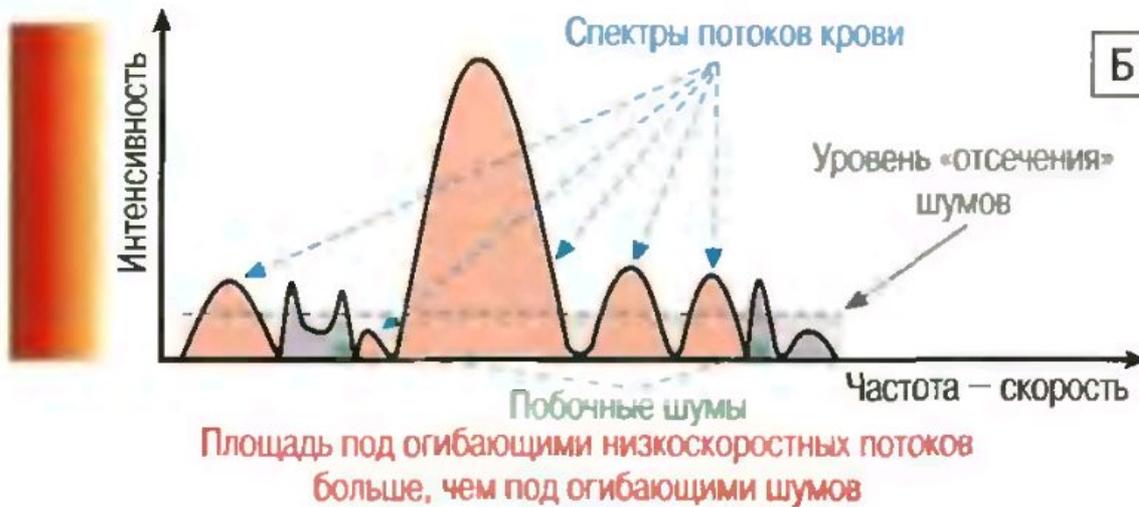
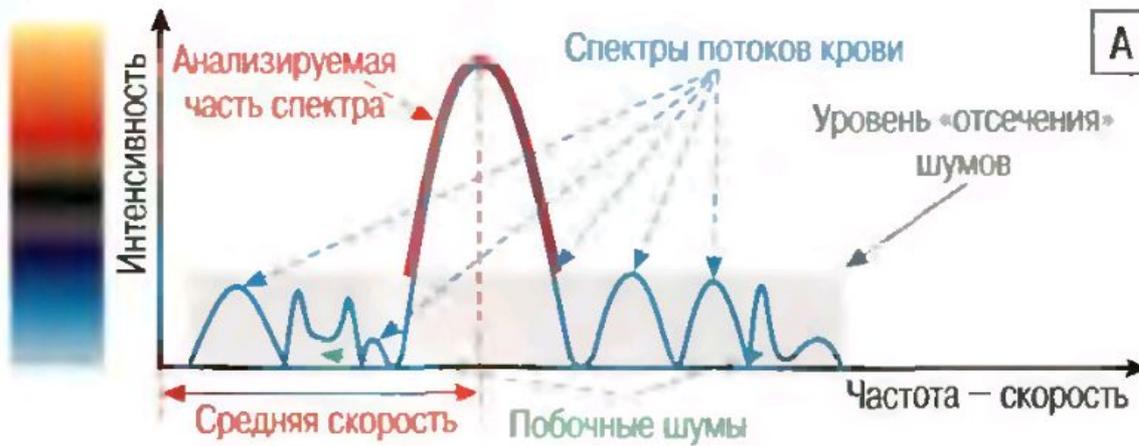


**Рис. 3.61.** Изменение доплеровского угла посредством перемены положения датчика.  
 А. Сканирование аорты, угол около  $85^\circ$ , качество цветовой картограммы низкое.  
 Б. Сканирование аорты после перемены положения датчика (угол около  $60^\circ$ ), высокое качество цветового кодирования.





**Рис.3.26.** Цветовое доплеровское кодирование «энергии» (объяснение в тексте).

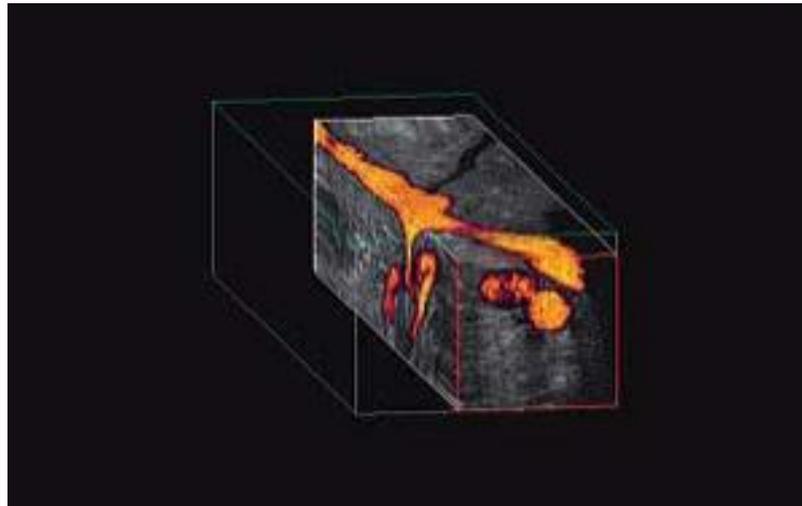


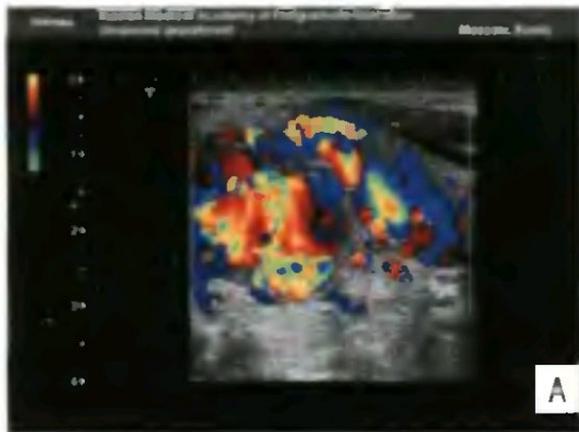
**Рис. 3.27.** Кодирование низкоскоростных потоков.  
 А. ЦДК скорости (полная дискриминация низкоскоростных потоков в связи со сходными значениями их амплитуд и амплитуд шумов). Б. ЦДК «энергии» (возможность выделения низкоскоростных потоков за счет значительного отличия площади под их огибающими от площади под огибающими шумов).



PD - цветное доплеровское картирование по энергии (Color Doppler Energy, CDE)

Энергетический доплер (power doppler) - качественная оценка низкоскоростного кровотока, применяется при исследовании сети мелких сосудов (щитовидная железа, почки, яичник), вен (печень, яички) и др. Более чувствителен к наличию кровотока, чем цветовой доплер. Цветовой и энергетический доплер помогают в дифференциации кист и опухолей, поскольку внутреннее содержимое кисты лишено сосудов и, следовательно, никогда не может иметь цветных локусов.





**Рис. 3.30.** Виды цветного доплеровского кодирования.

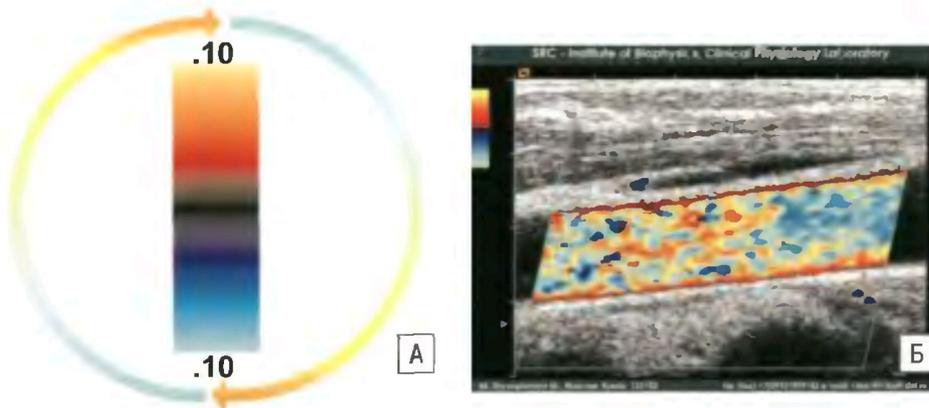
А. ЦДК скорости. Кровоток в сосудах гигантской кавернозной гемангиомы. Б. ЦДК «энергии». Кровоснабжение увеличенного лимфатического узла. В. Конвергентное ЦДК. Кровоток в аневризматически измененной аорте и устье почечной артерии.



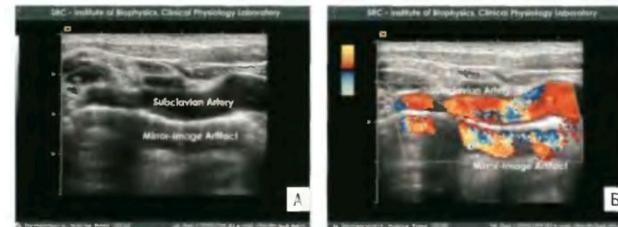
**Рис. 3.31.** ЦДК движения тканей. Картограммы движения межжелудочковой перегородки.

А. ЦДК скорости движения тканей. Б. ЦДК «энергии» движения тканей. В. ЦДК ускорения движения тканей.

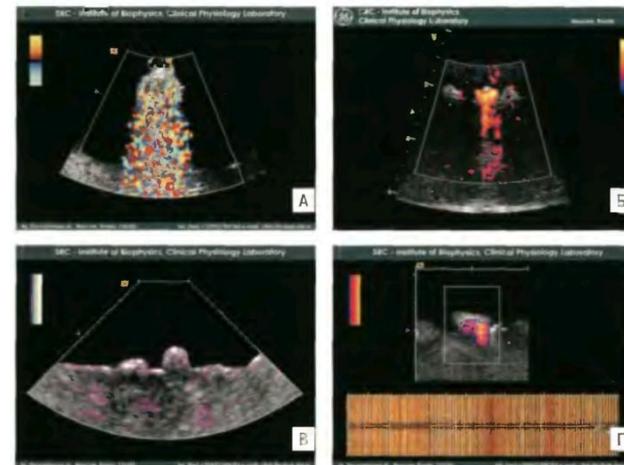
# АРТЕФАКТЫ ЦДК



**Рис. 3.62.** Aliasing-эффект в цветовом доплеровском режиме (объяснение в тексте). А. Схема цветового «перехлеста» при некорректной установке уровня PRF (скорости). Б. Множественный aliasing-эффект в цветовом доплеровском режиме.



**Рис. 3.88.** Зеркальный артефакт. А. В В-режиме. Б. В режиме цветового доплеровского кодирования.



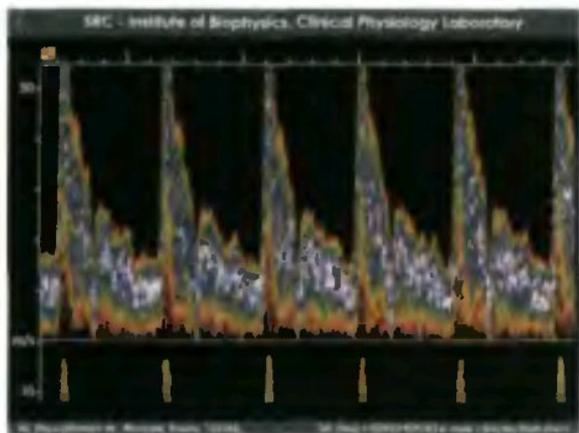
**Рис. 3.89.** Доплеровский twinkling-артефакт. А. В режиме цветового кодирования скорости. Б. В режиме цветового кодирования «энергии». В. В режиме цветового кодирования движения тканей (по «энергии»). Г. В спектральном доплеровском режиме (ритмичные высокоамплитудные сигналы на границе раздела сред вода - объект с высокими отражающими свойствами - конкремент).



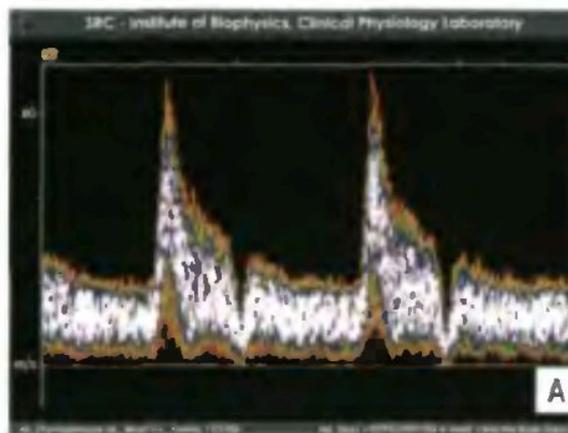
**Рис. 3.67.** Цветовое кодирование при различных уровнях усиления на приеме. А. Низкий уровень. Б. Оптимальный уровень (качественная картограмма, отсутствие артефактов). В. Высокий уровень (множественные цветные артефакты по типу «вспышек»).



# АРТЕФАКТЫ В ИМПУЛЬСНОМ ДОПPLЕРЕ



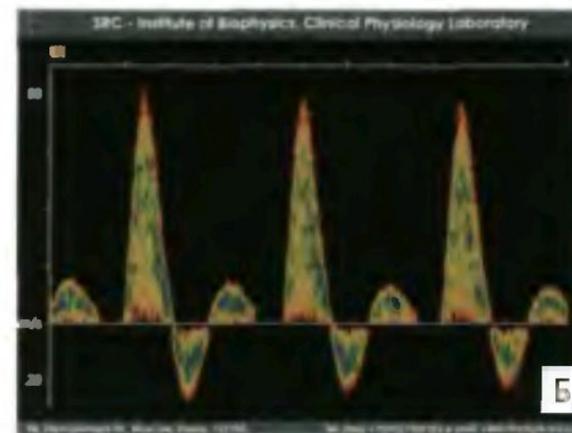
**Рис. 3.77.** Aliasing-эффект в спектральном доплеровском режиме (низкое значение установленной шкалы).

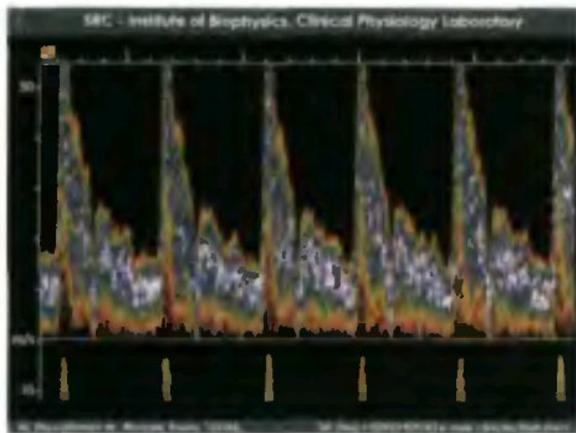


**Рис. 3.78.** Положение базовой линии.

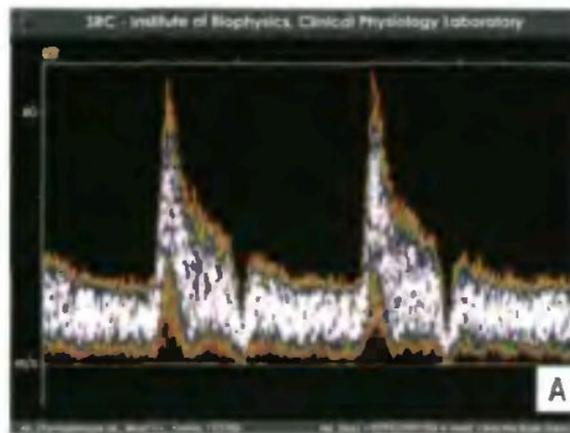
А. Крайнее положение при спектральной оценке однонаправленного потока.

Б. Положение при спектральной оценке разнонаправленного потока (двунаправленная шкала оценки скорости).

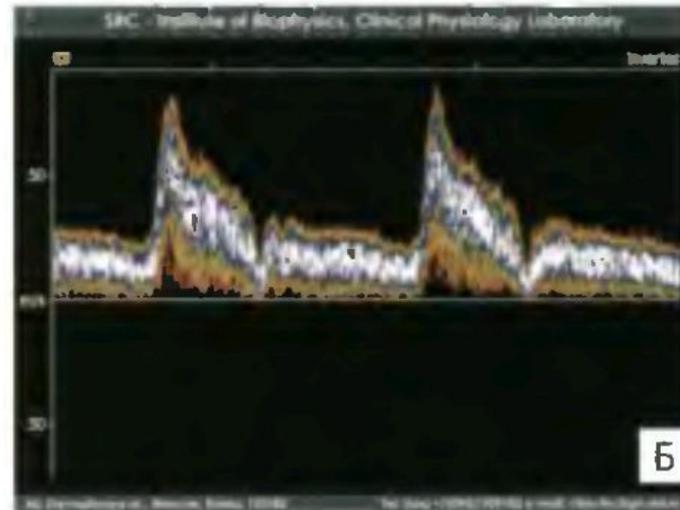
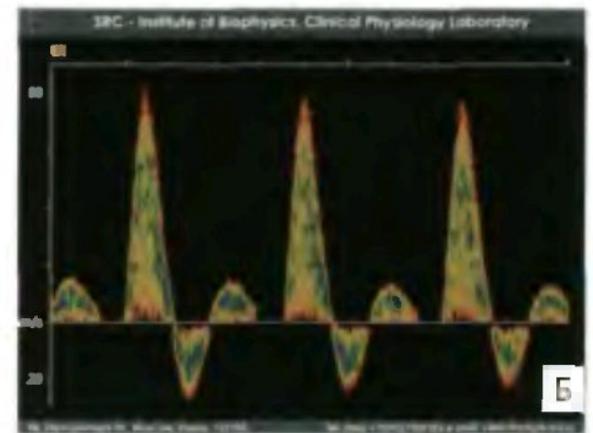




**Рис. 3.77.** Aliasing-эффект в спектральном доплеровском режиме (низкое значение установленной шкалы).



**Рис. 3.78.** Положение базовой линии. А. Крайнее положение при спектральной оценке однонаправленного потока. Б. Положение при спектральной оценке разнонаправленного потока (двунаправленная шкала оценки скорости).



**Рис. 3.79.** Оценка направления потока (инверсия шкалы). А. Нормальная шкала (направление потока «отдатчика»), Б. Инверсия шкалы (маркировка «Inverted» - направление потока «отдатчика»).



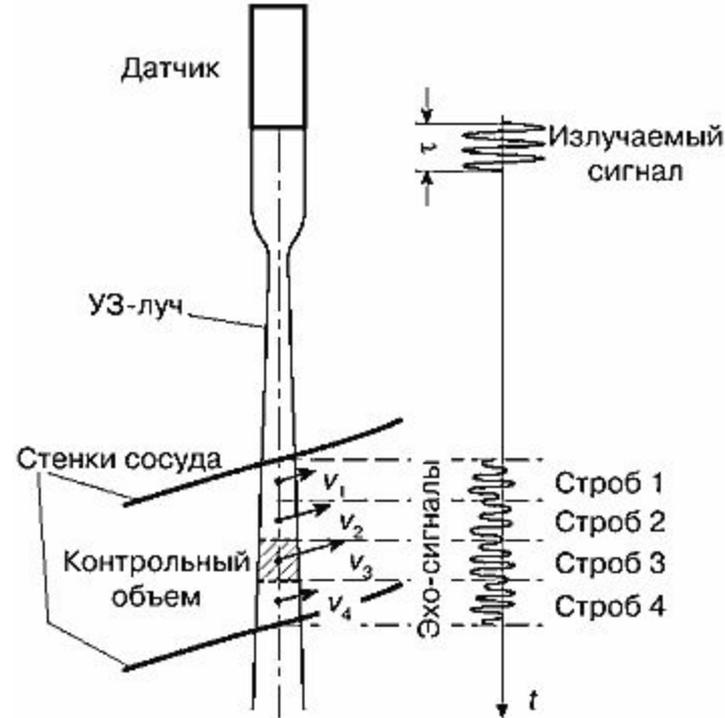
Для того чтобы наблюдать только один сосуд, необходимо выделить определенный интервал во времени — строб, или ворота (gate, или sample gate), и анализировать эхо-сигналы, приходящие в стробе.

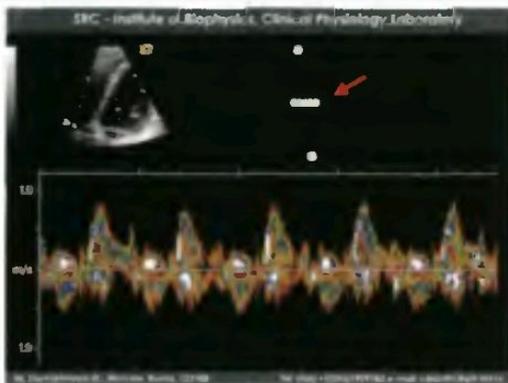
Положение этого интервала на оси времени  $t$  однозначно определяется глубиной расположения сосуда.

Если сосуд имеет большой диаметр, с помощью короткого импульса можно анализировать отдельные участки по толщине сосуда, устанавливая строб, равный длительности импульса, последовательно вдоль сечения сосуда (рис. 19) и получать характеристики скоростей кровотока в профиле сосуда.

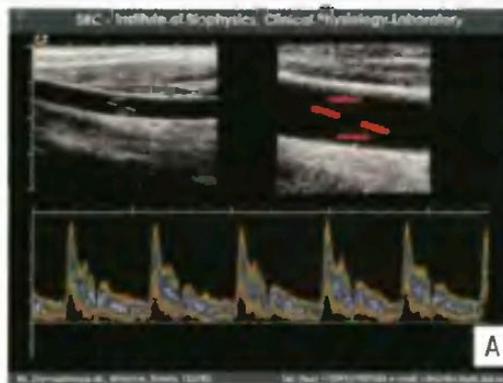
Рис. 19. При коротком сигнале возможно получение информации о скоростях кровотока на отдельных участках сечения крупного сосуда (в профиле сосуда).

Скорость измеряется отдельно на каждом участке в стробах 1, 2, 3 и 4.

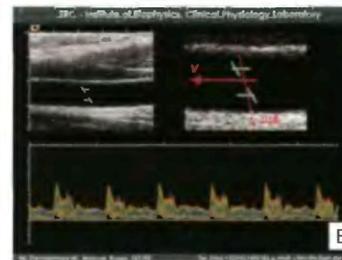
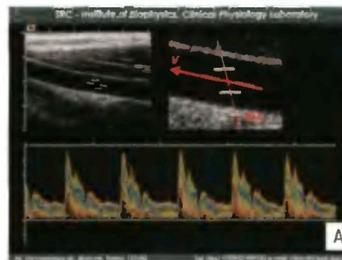
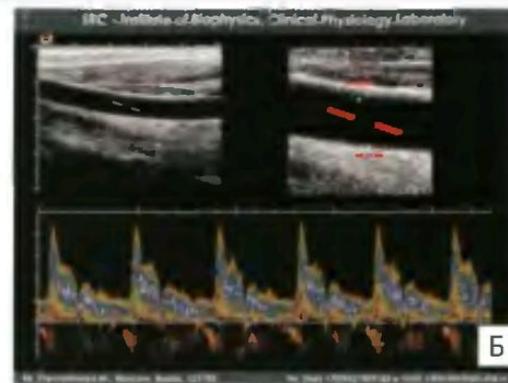




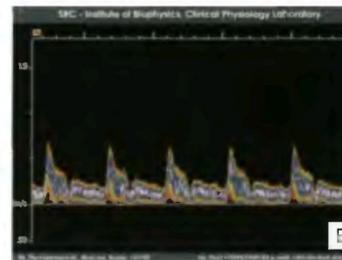
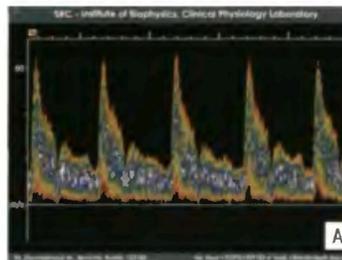
**Рис. 3.73.** Точка фокусировки луча в CW-режиме (указана стрелкой).



**Рис. 3.74.** Размер окна опроса в спектральном доплеровском режиме. А. Нормальный (качественный доплеровский спектр). Б. Слишком большой (появление артефактов).



**Рис. 3.75.** Электронная коррекция доплеровского угла. А. Угол электронного маркера корректный, отражает истинную величину доплеровского угла (между вектором скорости  $V$  внутрипросветного потока и направлением ультразвукового луча, USB), корректное представление скоростей потока. Б. Угол электронного маркера некорректный, не отражает истинную величину доплеровского угла, представление скоростей некорректное, измерения их невозможны.



**Рис. 3.76.** Установка уровня шкалы. А. Оптимальная (спектр отражен полностью, занимает все поле, отсутствуют доплеровские артефакты, удобно проводить анализ). Б. Слишком высокое значение (спектр отражен полностью, занимает лишь малую часть поля, артефактов не регистрируется, анализ неудобен).

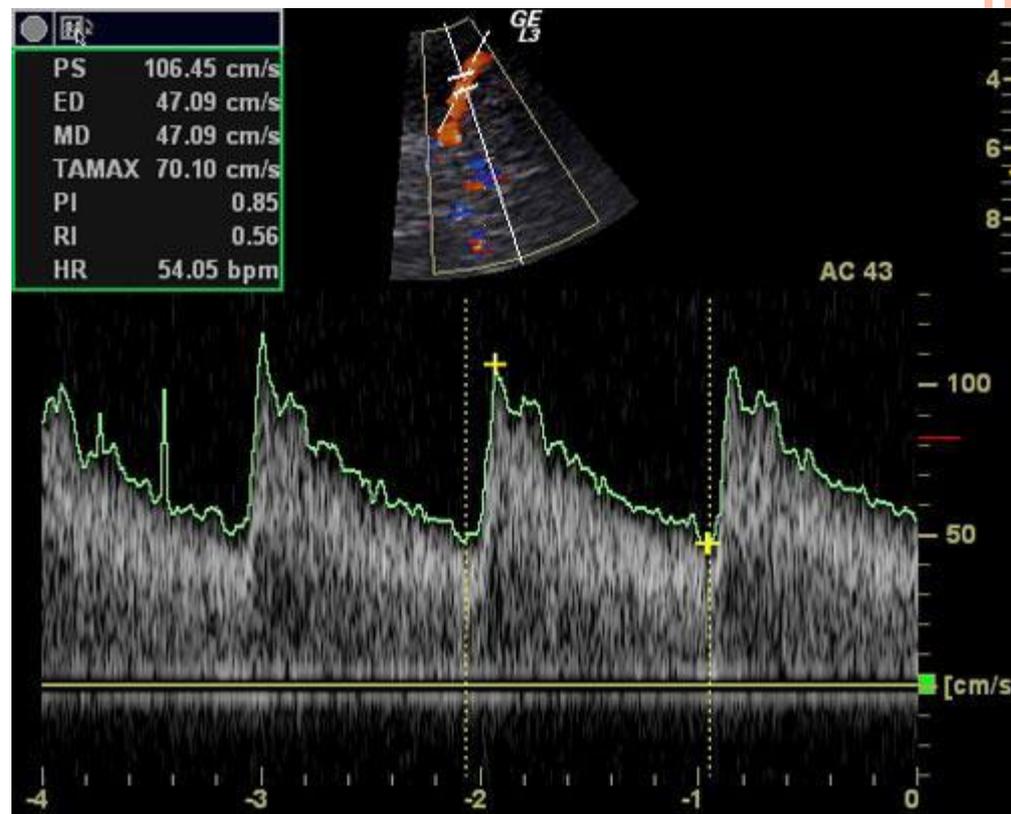


## Дуплексный режим:

объединяет возможности двухмерного изображения в В-режиме и спектральной доплерографии. Данный метод позволяет в реальном времени одновременно наблюдать на экране серошкальное изображение органа и кривую доплеровского сдвига частот.

**Триплексные режимы:** одновременное формирование в режиме реального времени полутонного двухмерного изображения, информации ЦДК в выбранной двухмерной области и спектрограммы потока.

- В-режим+CFM+PW/CW
- В-режим+PD+PW

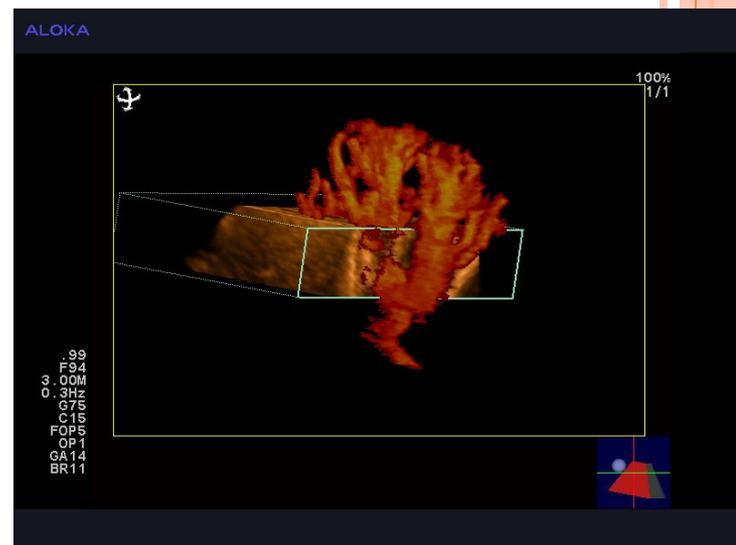


Транскраниальное сканирование,  
триплексный режим



## Трёхмерное доплеровское картирование и трёхмерная ЭД

Методики, дающие возможность наблюдать объёмную картину пространственного расположения кровеносных сосудов в режиме реального времени в любом ракурсе, что позволяет с высокой точностью оценивать их соотношение с различными анатомическими структурами и патологическими процессами, в том числе со злокачественными опухолями. В этом режиме используется возможность запоминания нескольких кадров изображения. После включения режима исследователь перемещает датчик или изменяет его угловое положение, не нарушая контакта датчика с телом пациента. При этом записываются серии двухмерных эхограмм с небольшим шагом (малое расстояние между плоскостями сечения). На основе полученных кадров система реконструирует псевдотрёхмерное изображение только цветной части изображения, характеризующее кровоток в сосудах. Поскольку при этом не строится реальная трёхмерная модель объекта, при попытке изменения угла обзора появляются значительные геометрические искажения из-за того, что трудно обеспечить равномерное перемещение датчика вручную с нужной скоростью при регистрации информации. Метод позволяющий получать трёхмерные изображения без искажений, называется методом трёхмерной эхографии (3D).

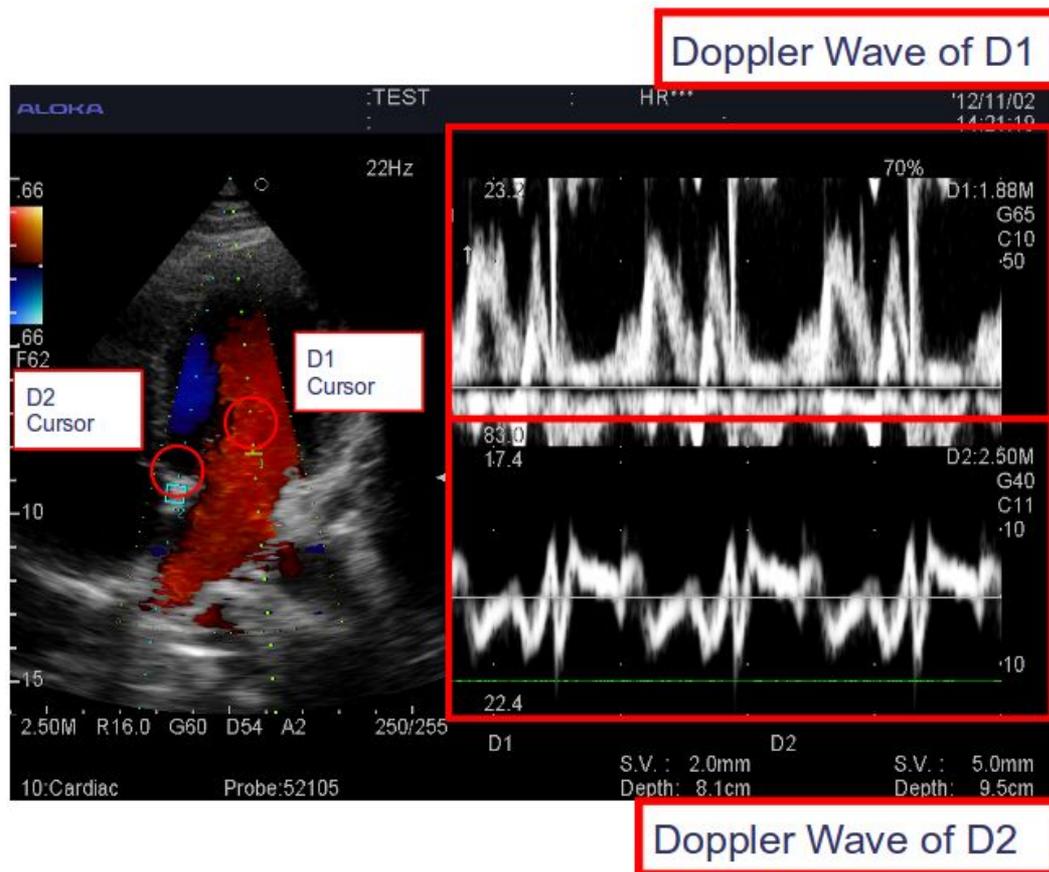


### 3D реконструкция кровотока (Flow 3D)

Трёхмерный датчик может работать в режиме цветного доплеровского картирования, отображая дерево кровотока. Данный режим не работает в реальном времени. Режимы отображения позволяют отсекать ткань от сосудов.

## Двойной доплер

Режим Двойного доплера позволяет одновременно проводить оценку двух независимых зон исследования кровотока. Например, исследовать одновременно зоны двух клапанов сердца



# МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ



Рис. 3.38. Общая сонная артерия. В-режим.

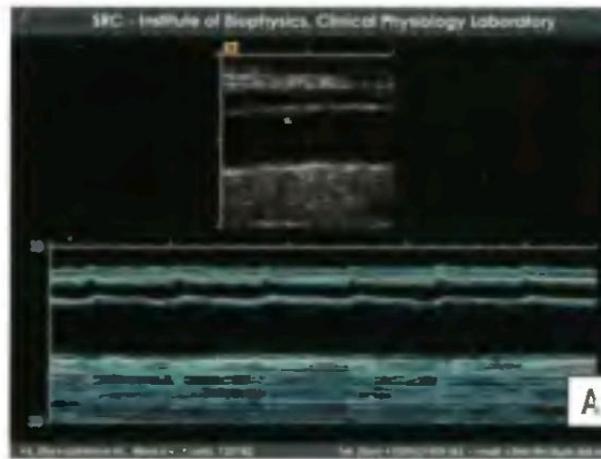


Рис. 3.39. Общая сонная артерия. А. В- + М-режим. Б. М-режим.

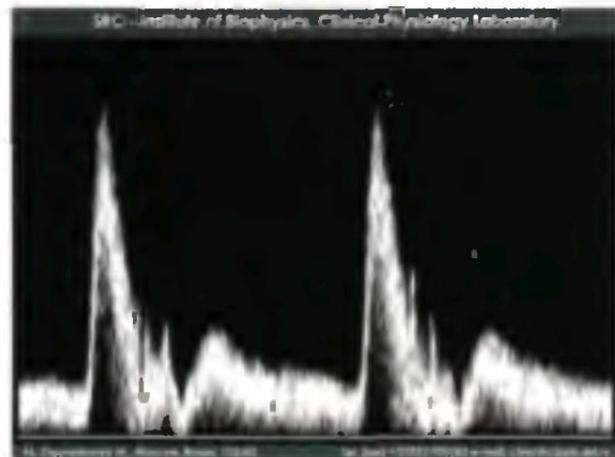
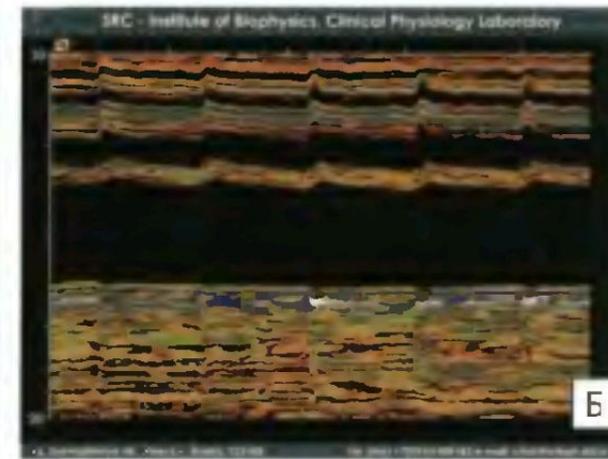


Рис. 3.40. Допплеровский спектр.

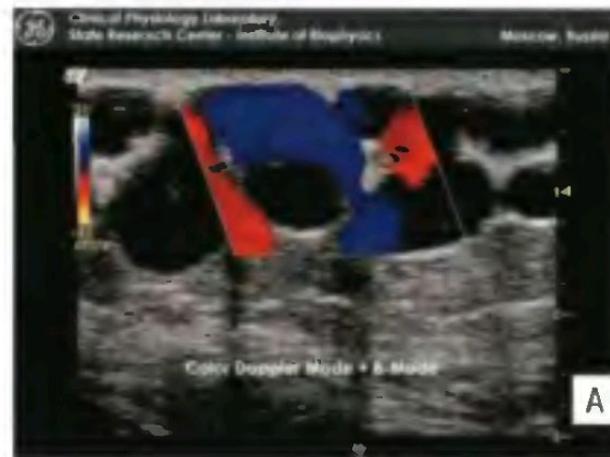
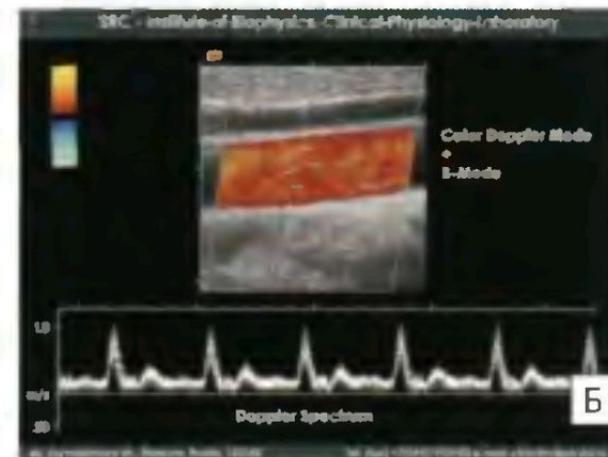


Рис. 3.41. Дуплексное сканирование. А. Варикозно расширенные поверхностные вены нижней конечности. В-режим+CD. Б. Кровоток в общей сонной артерии. В-режим+CD+PW.



# ДРУГИЕ РЕЖИМЫ

**B-flow** новая ультразвуковая методика, при которой в результате вычитания двух или четырех векторов вдоль одной линии сканирования достигается визуализация эхоизображений от клеток крови. При этом уменьшаются или исчезают боковые шумы, возникающие при прохождении ультразвукового луча через ткани человека. Методика позволяет одновременно визуализировать кровоток в сосуде, его просвет и стенки, а также окружающие сосуд ткани. Исследование не зависит от угла сканирования, его применение демонстрирует полное отсутствие артефактов.

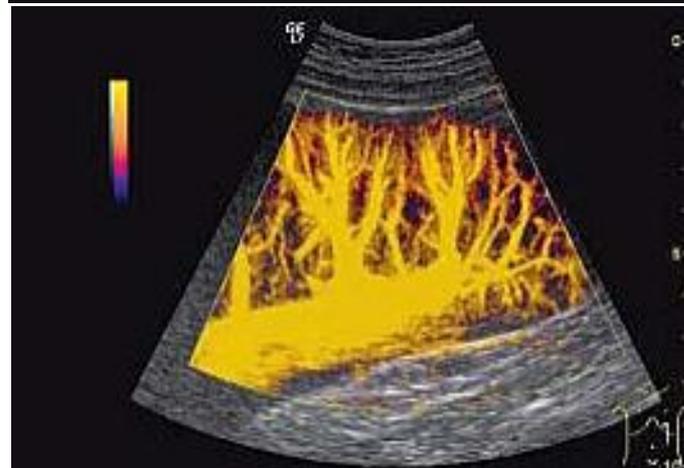
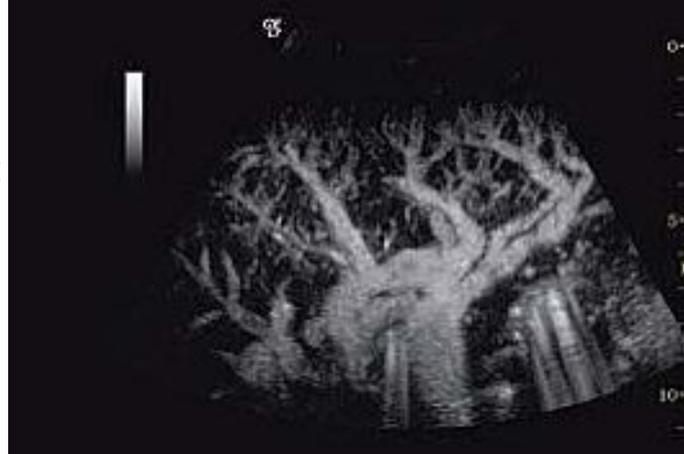
Эта уникальная технология для отображения истинной гемодинамики и непосредственной визуализации отражающих частиц крови путем их усиления до 30 дБ (в 1000 раз).

Это дает существенное преимущество при исследовании сосудов: устраняется наложение цветного потока и влияние частоты кадров, а также уменьшается зависимость от угла сканирования.

## Цветная визуализация кровотока в В-режиме (B-Flow Color)

Эксклюзивная технология GE – цветная визуализация кровотока в В-режиме (B-Flow Color) – добавляет изображению цвет, улучшая визуализацию отражающих частиц крови.

Она также увеличивает разрешение и может использоваться во время анатомического сканирования в В-режиме. B-Flow Color – это часть ультразвуковой технологии GE 3-го поколения.



## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСУДОВ

### □ **eTracking**

□ Автоматическое отслеживание движения стенок сосуда, что позволяет проводить измерение диаметра сосуда с высокой точностью, а также рассчитывать такие параметры сосудов, как модуль эластичности ( $E_p$ ), параметр ригидности ( $\beta$ ), податливость сосудистой стенки ( $AC$ ), точечная скорость пульсовой волны ( $PWV-\beta$ ) и индекс приращения ( $AI$ ).  
Диагностика ранней стадии атеросклероза.

□ eTracking позволяет достигать очень точных измерений диаметра сосуда в реальном времени, используя радиочастотные сигналы. Традиционно, диаметр сосуда измеряется в В и М режимах, что иногда может привести к погрешностям в измерении, поскольку неизвестны изменения просвета сосуда в течение сердечного цикла. Кроме того, трудно идентифицировать точный промежуток времени между максимальным и минимальным диаметром. Технология eTracking создана, чтобы избежать этих проблем. Она позволяет:

- автоматически отслеживать движение стенки сосуда в реальном времени;
  - вычислять с высокой точностью диаметр сосуда, используя радиочастотный сигнал. На 10 МГц точность достигает 0.01 мм ;
  - отображать в реальном времени график изменения диаметра сосуда;
  - вычислять набор дополнительных параметров
- 

# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСУДОВ

## Эластичность артерий

Эластичность стенок сосуда и скорость распространения пульсовой волны (Pulse Wave Velocity - PWV) являются важным показателем для диагностики раннего атеросклероза. Пульсовая волна - это колебание стенок сосуда в результате сердечного выброса. Эластичность (жесткость, ригидность) стенок сосуда пропорциональна скорости распространения пульсовой волны. Чем больше жесткость, тем выше скорость пульсовой волны. Также имеется прямо пропорциональная связь между артериальным давлением и жесткостью.

В результате исследования рассчитывается ряд коэффициентов:

**$\beta$  (beta)** - параметр эластичности (жесткости, ригидности) стенки сосуда

**PWV<sub>cf</sub>** - скорость распространения пульсовой волны между сонной и бедренной артериями.

**PWV<sub>ba</sub>** - лодыжечно-плечевая скорость распространения пульсовой волны

**PWV $\beta$**  - скорость распространения пульсовой волны в одной точке

**CAVI** - сердечно-лодыжечный сосудистый индекс

**AI, AI<sub>x</sub>** - индекс аугментации

**SI** - индекс ригидности

**RI** - индекс отражения



# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРОБЫ

## FMD - вызванная кровотоком дилатация

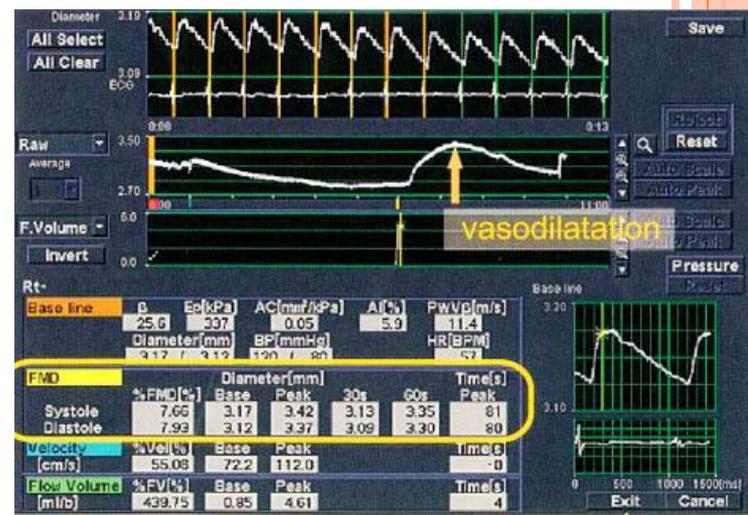
Эффективный неинвазивный метод оценки функции эндотелия сосудов для ранней диагностики атеросклероза. Эта методика вносит значительный вклад в раннее выявление атеросклероза. Основана на постоянном измерении диаметра сосуда - для этого датчик крепится специальным держателем с фиксатором

Метод предполагает нагрузочный тест сосуда. С помощью манжеты сосуд пережимают, вызывая сжатие. Во время сжатия объём крови в сосуде увеличивается. В это время в эндотелии начинается активная выработка оксида азота (NO). Воздух из манжеты стравливается, в результате чего ток крови восстанавливается. В это время нарастает вазодилатация (расширение сосуда), вызванная накоплением оксида азота (NO). Через несколько минут вазодилатация достигает своего пика и сосуд максимально расширяется. Все данные о диаметре просвета сосуда с помощью ультразвукового радиочастотного метода eTracking непрерывно сохраняются в ультразвуковом сканере.

Основным параметром, рассчитываемым по этой методике является %FMD - отношение разницы между пиковым и исходным диаметром просвета сосуда к базовому диаметру. Таким образом, данный параметр показывает, насколько расширяется сосуд в процессе вазодилатации, а следовательно насколько активна выработка оксида азота (NO) в эндотелии.



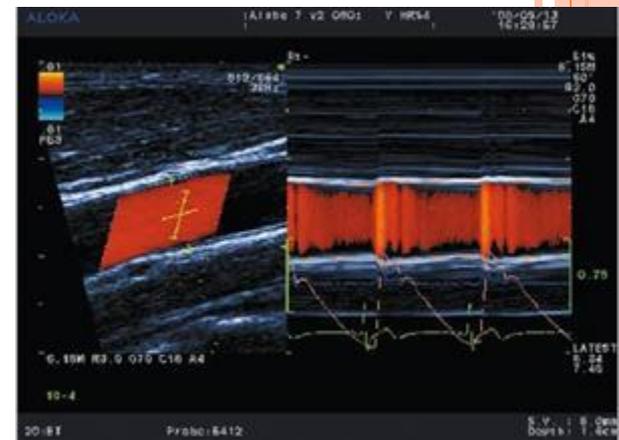
Рис. 4.65. Способы наложения манжеты и места локации артериальных стволов при исследовании потокзависимой артериальной вазодилатации. А. Наложение манжеты на проксимальный отдел плеча с исследованием плечевой артерии дистальнее места окклюзии. Б. Наложение манжеты на проксимальный отдел плеча с исследованием лучевой артерии в нижней трети предплечья. В. Наложение манжеты в проксимальной части предплечья с исследованием плечевой артерии в нижней трети плеча.



# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСУДОВ

## WI – Волновая интенсивность

Сердце и артериальная система при своей работе оказывают взаимное влияние друг на друга посредством прямых и отраженных волн. WI - вычисления, основанные на измерении кровяного давления и скорости кровотока в выбранной точке циркуляторной системы, это новый индикатор динамики кровотока, который пролагает путь к анализу взаимовлияния сердца и артериальной системы. Анализ включает в себя характеристику сжатия и дилатации, оценку влияния отраженных от периферии волн и индекс, связанный со временем.



# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСУДОВ

## IMT – автоматизированное измерение комплекса интима-медиа

Необходимо вывести проекцию сосуда и установить рамку на стенку сосуда.

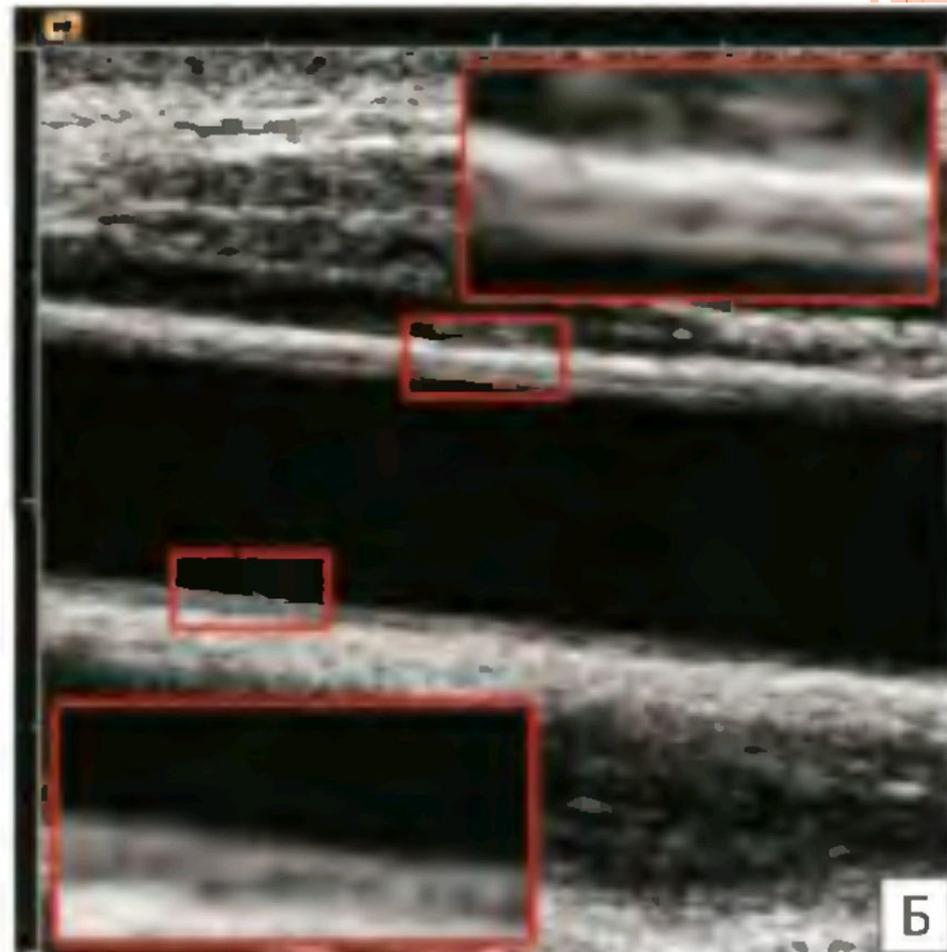
Прибор автоматически произведёт оконтуривание интима-медии и вычислит максимальное, минимальное и среднее значения толщины КИМ.

Среднее значение толщины интима-медиа может быть проанализировано с помощью таблиц Мангеймского соглашения. Данные таблицы показывают, как правильно измерять комплекс интима-медиа и интерпретировать полученные данные

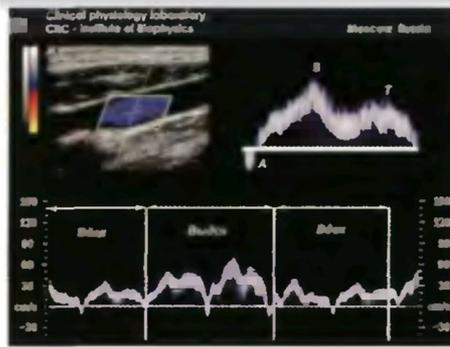


- **Дуплексное исследование сосудов (триплексное)** имеет большие преимущества перед своим устаревшим предшественником —обычной спектральной доплерографией сосудов, популярной в прошлом методикой, позволяющей оценить только направление и скорость кровотока, но не оценивающей структурные изменения стенки и просвета сосудов.

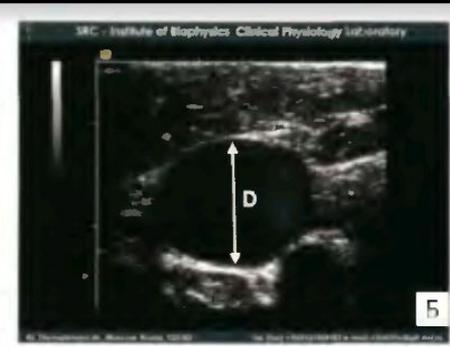
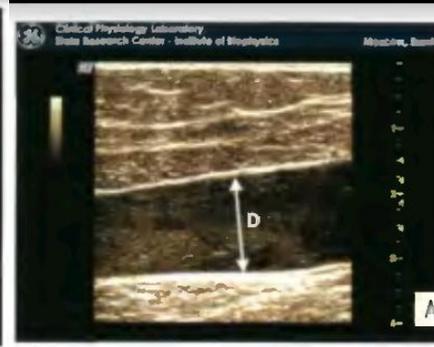




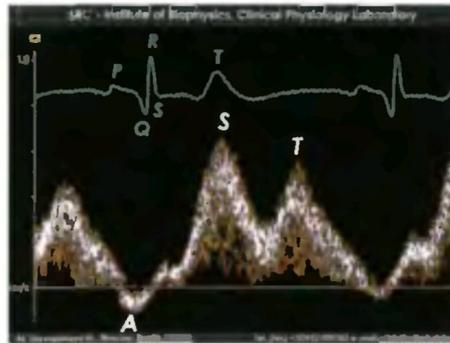
**Рис. 3.47.** Линейное сканирование с применением многочастотного датчика. Комплекс интима - медиа общей сонной артерии (увеличены фрагменты комплекса передней и задней стенок).  
А. Центральная частота 7 МГц. Б. Центральная частота 10 МГц.



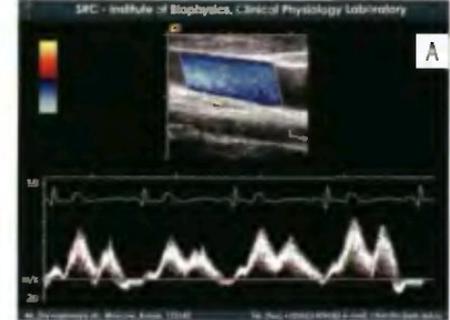
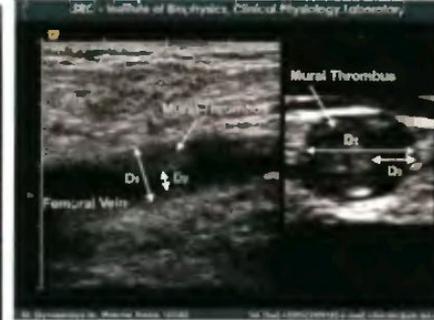
**Рис. 4.29.** Кровоток во внутренней яремной вене в норме.



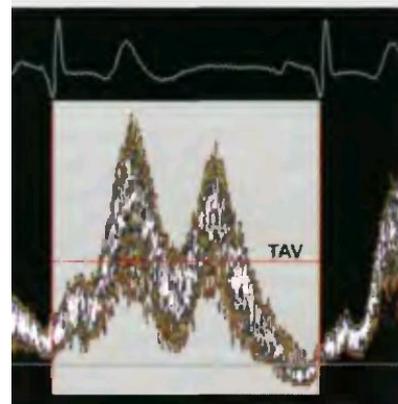
**Рис. 4.9.** Измерение внутрипросветного диаметра вен. А. Продольное сканирование. Б. Поперечное сканирование.



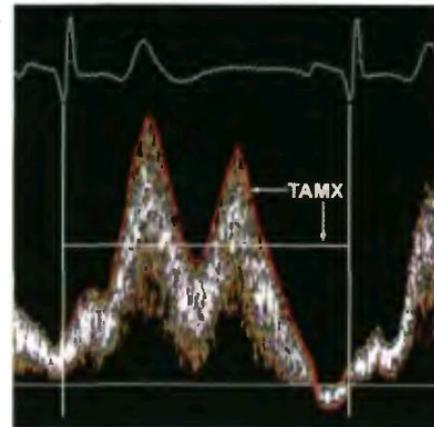
**Рис. 4.30.** Спектр потока во внутренней яремной вене (синхронизация с ЭКГ, обозначены основные пики - объяснения в тексте).



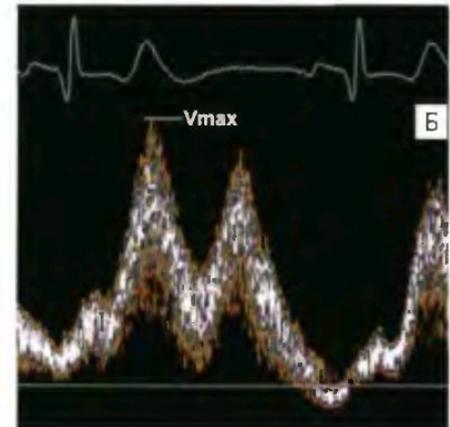
**Рис. 4.10.** Оценка степени сужения просвета вены по диаметру.



**Рис. 4.13.** Измерение усредненной по времени средней скорости потока (цветом выделена зона усреднения).



**Рис. 4.12.** Измерение усредненной по времени максимальной скорости потока (оглающая спектра и значение указаны стрелками).



**Рис. 4.11.** Допплеровский спектр потока в венах. Синхронизация с ЭКГ. А. Цветовое доплеровское кодирование со спектральным анализом потока во внутренней яремной вене. Б. Измерение максимальной скорости кровотока в вене.



Posterior cerebral arteries

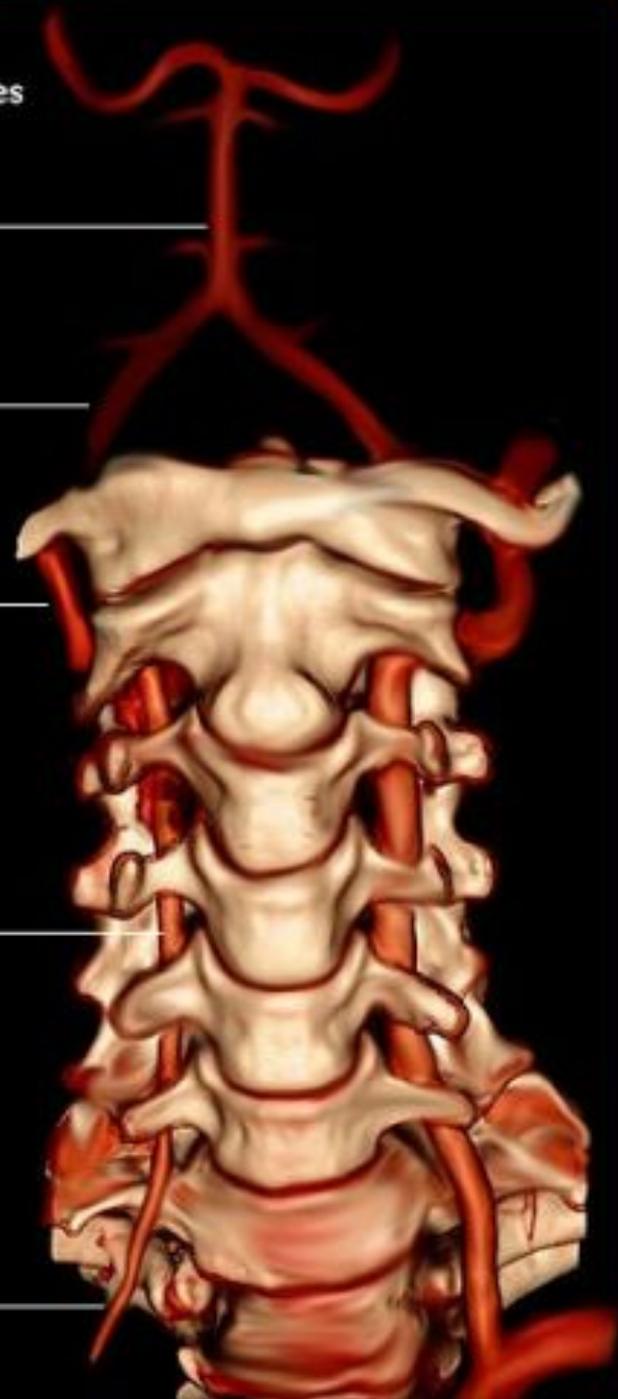
Basilar artery

V4 (intradural)

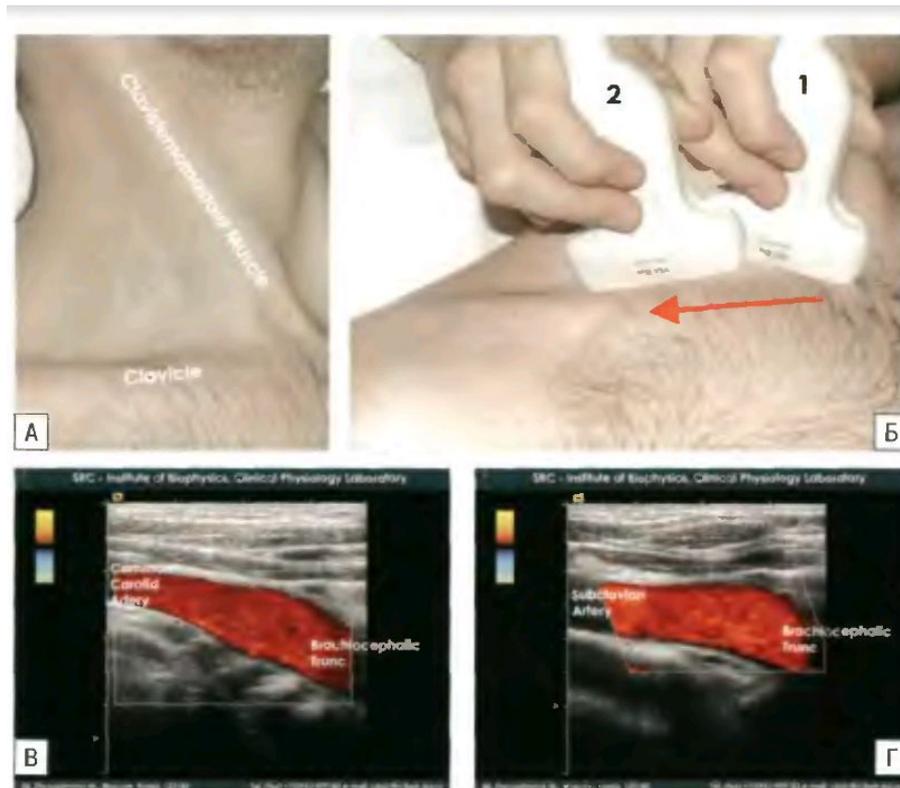
V3 (C2 to dura)

V2 (foraminal)

V1 (pre-foraminal)



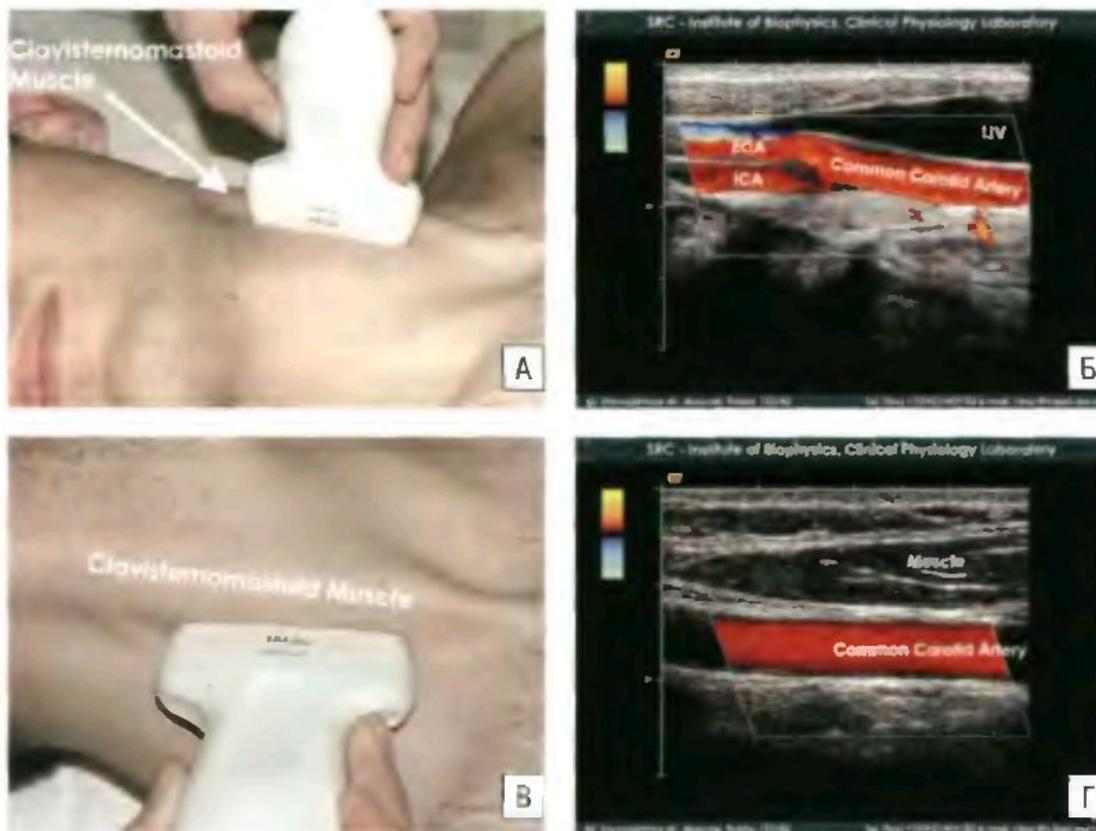
# ИССЛЕДОВАНИЕ БРАХИОЦЕФАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ НА ЭКСТРАКРАНИАЛЬНОМ УРОВНЕ



**Рис. 4.14.** Методика исследования плечеголовного ствола, устья общей сонной и подключичной артерий.

А. Положение головы пациента и основные анатомические ориентиры. Б. Положение датчика при сканировании плечеголовного ствола и устья общей сонной артерии (1), положение датчика при сканировании плечеголовного ствола и устья подключичной артерии (2). В. Плечеголовный ствол и устье общей сонной артерии. Г. Плечеголовный ствол и устье подключичной артерии.





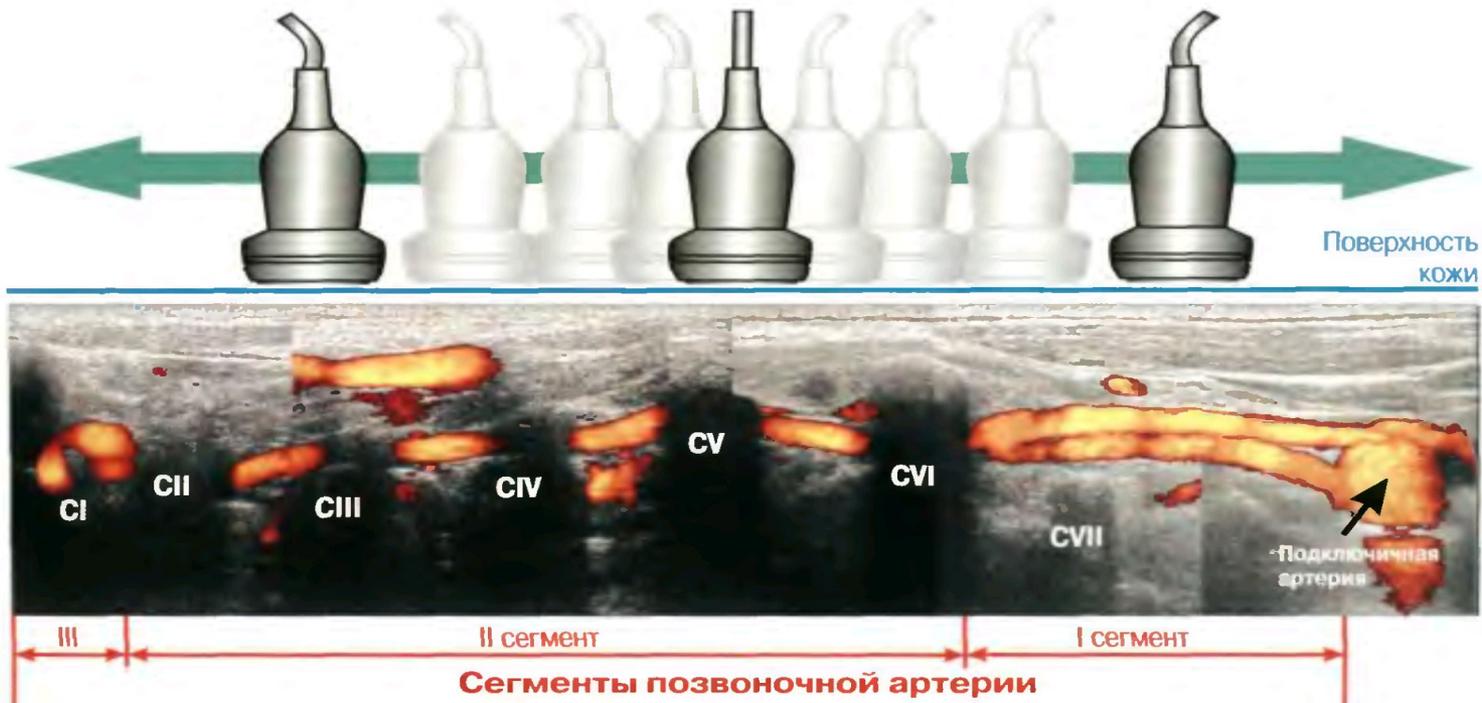
**Рис. 4.15.** Методика исследования общей сонной артерии.  
 А. Передняя продольная плоскость сканирования. Б. Общая сонная артерия и проксимальные отделы наружной и внутренней сонных артерий. В. Задняя продольная плоскость сканирования (трансмускулярный доступ). Г. Общая сонная артерия.



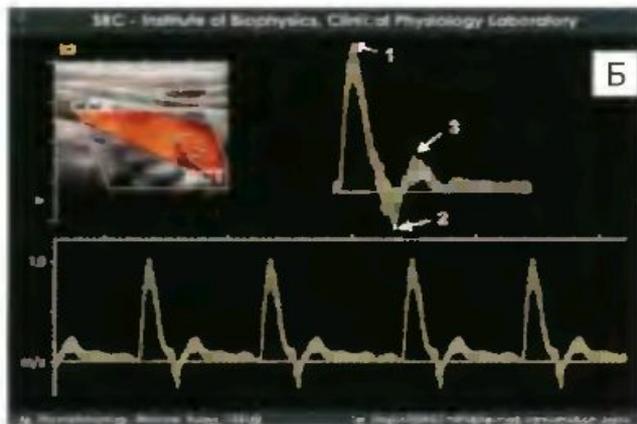
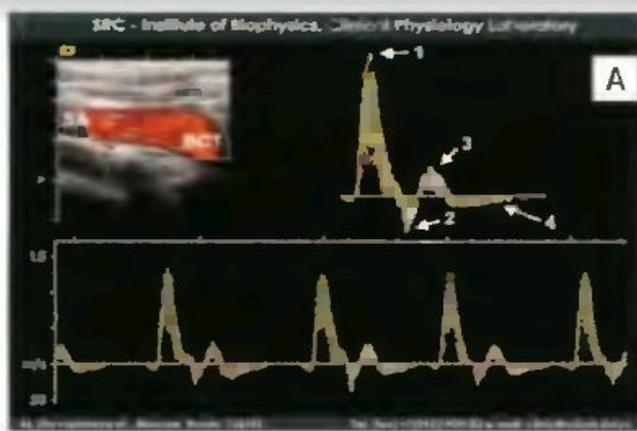


**Рис. 4.17.** Методика исследования позвоночной артерии.

А, Б. Положение датчика и головы пациента. В. Позвоночная артерия в костном канале поперечных отростков шейных позвонков.



**Рис. 4.20.** Реконструкция длинника позвоночной артерии в дуплексном режиме. Последовательность сканирования позвоночной артерии.



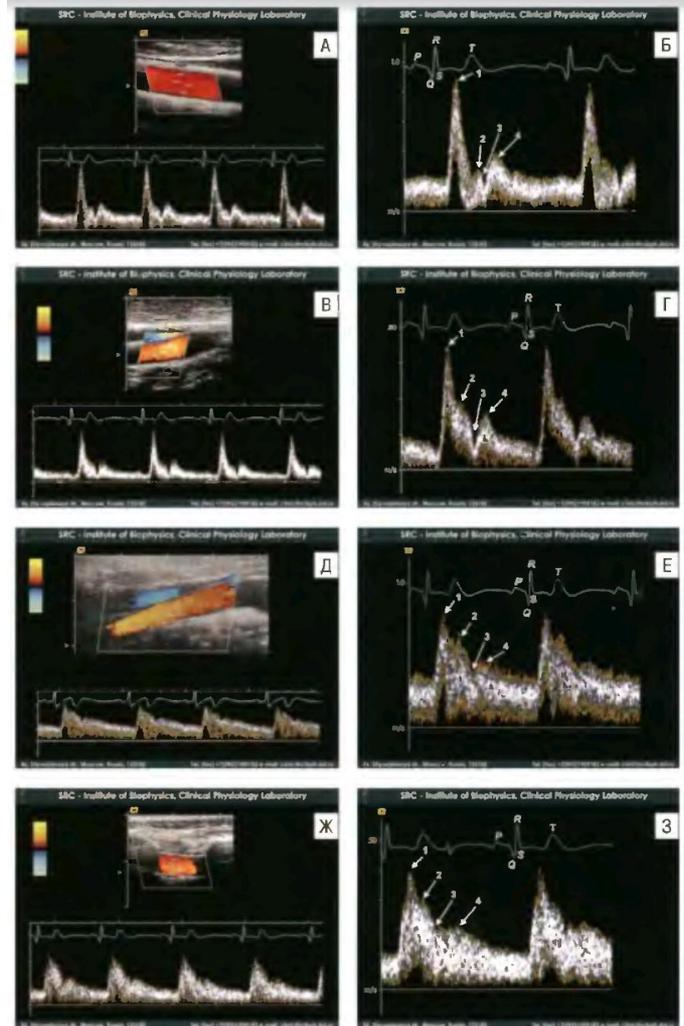
**Рис. 4.21.** Исследование брахиоцефальных артерий в норме.

**А.** Проксимальный отдел подключичной артерии.

1 - систолический пик; 2 - отрицательный пик в фазу ранней диастолы; 3 - положительный конечный диастолический пик; 4 - ретроградный пик в конце диастолы.

**Б.** Плечеголовной ствол.

1 - систолический пик; 2 - отрицательный пик в фазу ранней диастолы; 3 - положительный конечный диастолический пик.



**Рис. 4.22.** Исследование брахиоцефальных артерий в норме.

**А.** Дуплексное сканирование общей сонной артерии.

**Б.** Анализ спектра потока в общей сонной артерии.

1 - систолический пик; 2 - катакротический зубец; 3 - дикротическая вырезка; 4 - диастолический пик.

**В.** Дуплексное сканирование наружной сонной артерии.

**Г.** Анализ спектра потока в наружной сонной артерии.

1 - систолический пик; 2 - катакротический зубец; 3 - дикротическая вырезка; 4 - диастолический пик.

**Д.** Дуплексное сканирование внутренней сонной артерии.

**Е.** Анализ спектра потока во внутренней сонной артерии.

1 - систолический пик; 2 - катакротический зубец; 3 - дикротическая вырезка; 4 - диастолический пик.

**Ж.** Дуплексное сканирование позвоночной артерии.

**З.** Анализ спектра потока в позвоночной артерии.

1 - систолический пик; 2 - катакротический зубец; 3 - дикротическая вырезка; 4 - диастолический пик.



# ТРАНСКРАНИАЛЬНАЯ ДОППЛЕРОГРАФИЯ

- 1982 год является точкой отсчета для транскраниальной доплерографии (R. Aaslid), что позволило диагностировать интракраниальные поражения брахиоцефальных артерий.
- Метод транскраниальной доплерографии (ТКД) применяется для исследования кровотока в артериях, формирующих большой артериальный круг (виллизиев круг): интракраниальных отделов ВСА: средней, передней и задней мозговых артерий; глазничной артерии, основной артерии и внутричерепных отделов позвоночной артерии.
- Первым этапом исследования определяется местоположение акустического “окна”, через которое ультразвуковой луч может проникнуть с минимальной потерей энергии. Основным условием является выбор удачного зондирования и положения датчика для получения оптимального сигнала.



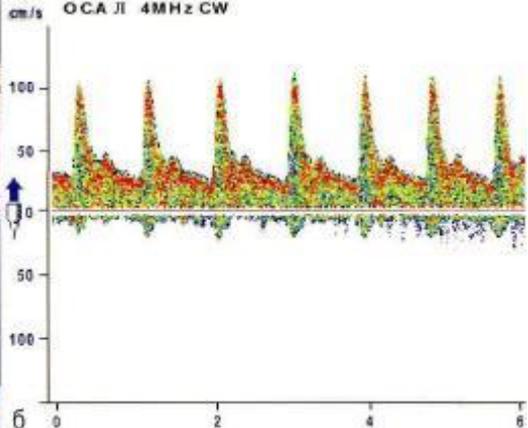
## ОПИСАНЫ ТРИ ОСНОВНЫХ ПУТИ ЛОКАЦИИ ВНУТРИЧЕРЕПНЫХ АРТЕРИЙ:

- 1. Темпоральное окно (исследование СМА, ПМА, ЗМА).
- 2. Орбитальное окно (сифон внутренней сонной артерии и глазничная артерия).
- 3. Субокципитальное окно (основная или базилярная артерия и внутричерепные сегменты позвоночных артерий).

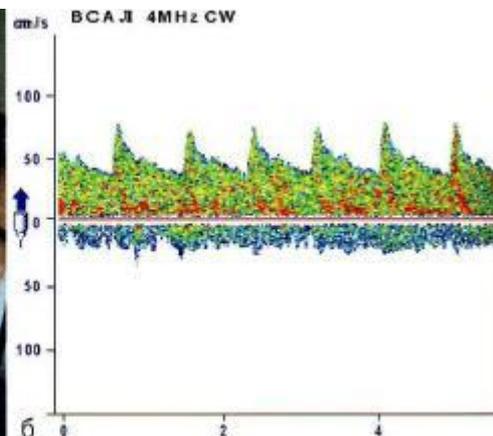
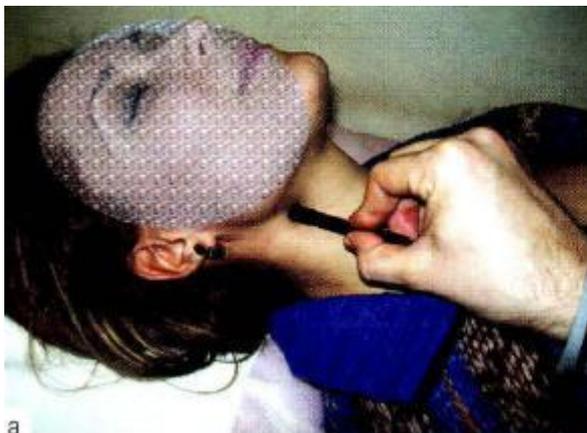


- Локация в височной области проводится через чешую височной кости. У пациентов старшего возраста толщина костей или их плотность настолько изменена, что иногда трудно получить достоверные сигналы из-за уменьшения акустической проницаемости. Во всех случаях следует передвигать зонд медленно, мелкими шагами, обращая внимание на хороший ультразвуковой контакт между датчиком и кожей, для чего наносится достаточный слой геля.

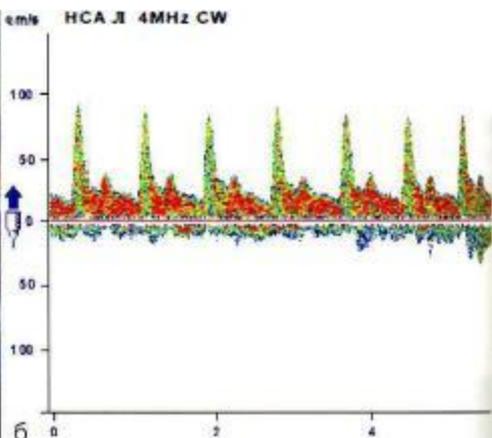
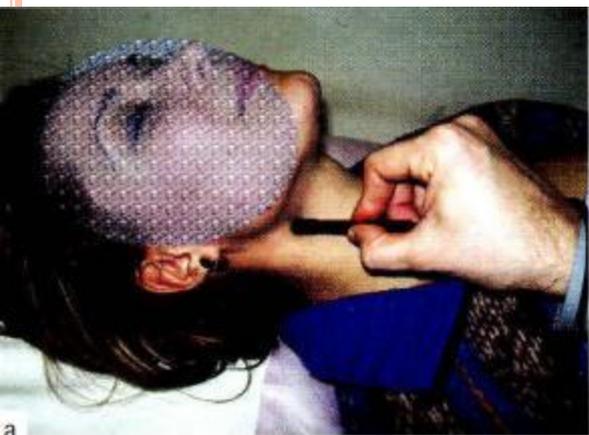




a

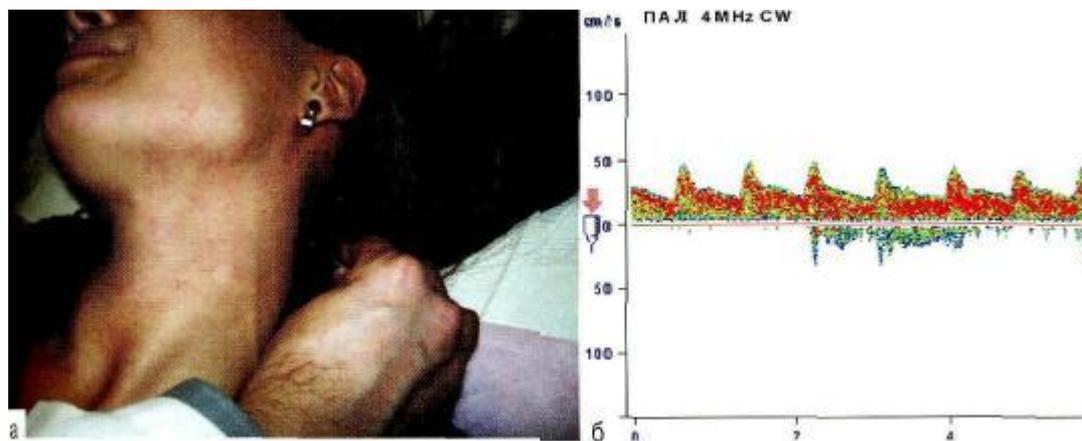
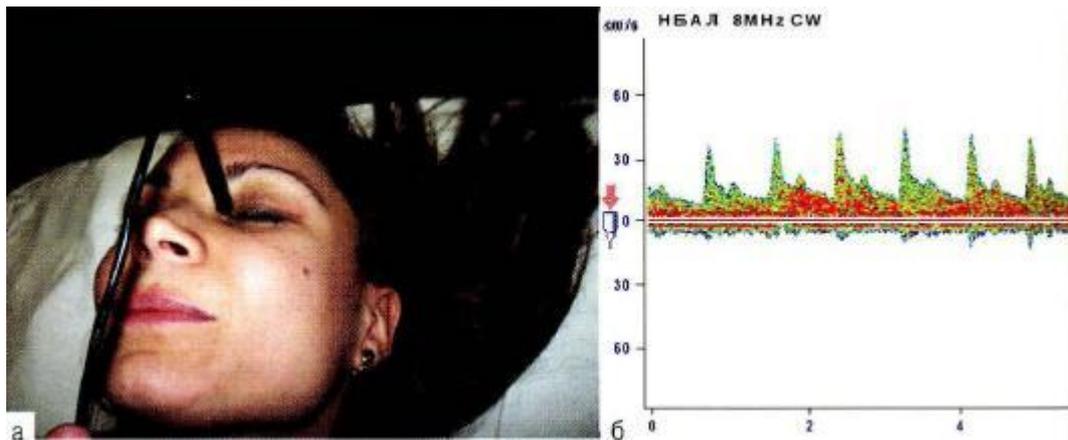


a



a







**Рис. 4.31.** Транскраниальное сканирование через височное «окно».



**Рис. 4.33.** Транскраниальное сканирование через глазничное «окно».



**Рис. 4.32.** Транскраниальное сканирование через затылочное «окно».



**Рис. 4.34.** Транскраниальное сканирование через затылочную кость.

ковины (заднее темпоральное окно) (рис. 4.35) с первоначальной ориентацией плоскости сканирования параллельно основанию черепа. Это позволяет получить изображение структур головного мозга полушарной и центральной локализации, а также костных структур (пирамиды височной кости), которые служат ориентирами для визуализации сосудов. В данной проекции визуализируются средние, передние и задние мозговые артерии, передние и задние соединительные артерии, поперечное сечение основной артерии, средняя мозговая вена, венная синусная система.



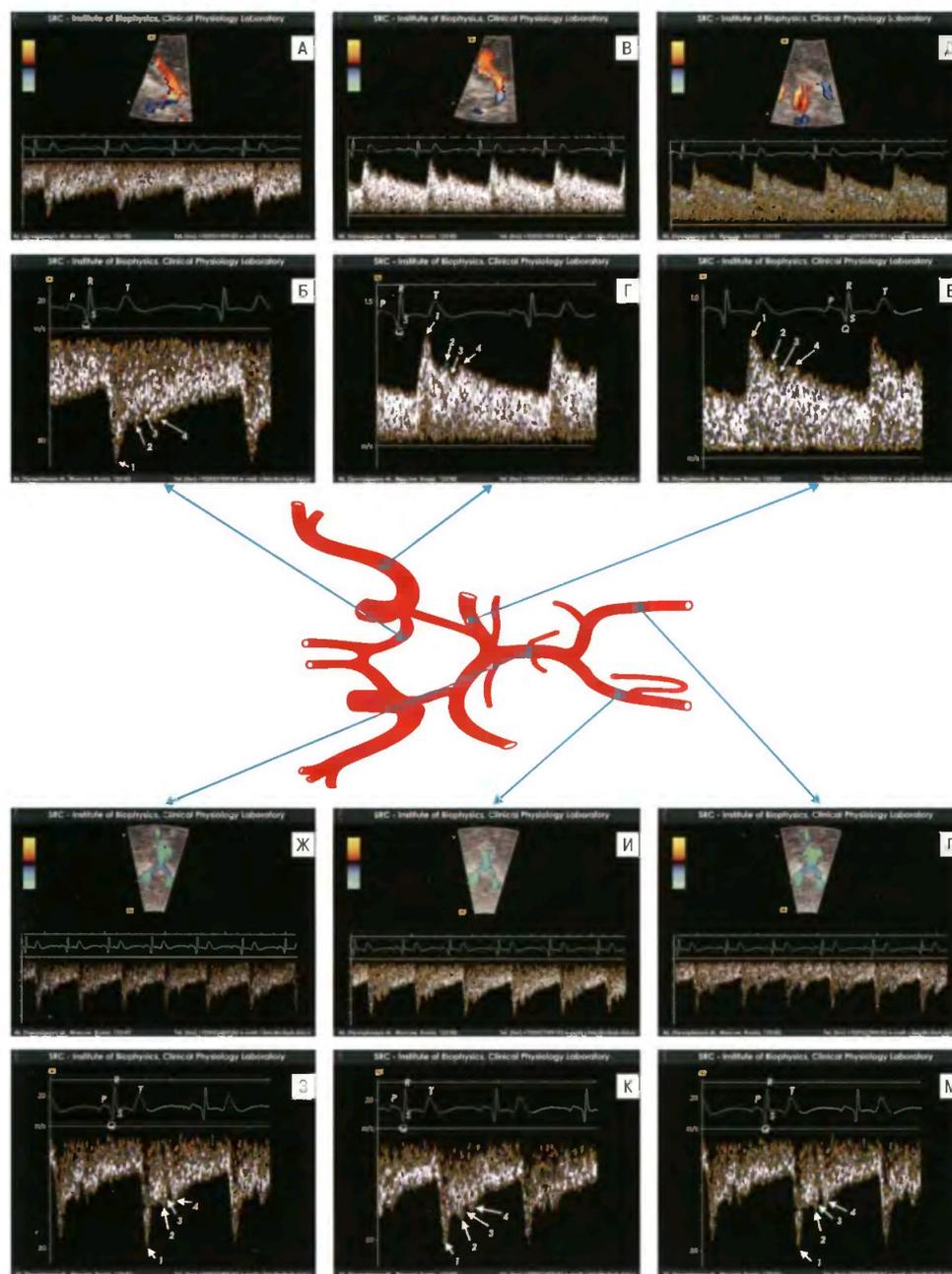
**Рис. 4.35.** Варианты расположения датчика при транскраниальном сканировании через височное «окно». 1 - среднее «окно»; 2 - переднее «окно»; 3 - заднее «окно».



**Рис. 4.36.** Варианты транскраниального сканирования из заднего доступа. А. Варианты сканирования через субокципитальное окно: фронтальное сканирование по средней линии (1), справа (2), слева (3). Б. Сагиттальное сканирование.

дении сканирования через трансорбитальный доступ необходимо работать в диапазоне мощности, допустимом для исследований через глазное яблоко (не выше  $100 \text{ мВт/см}^2$ ). Превышение верхней границы экспериментально установленного диапазона мощности может привести к повреждению тканей.





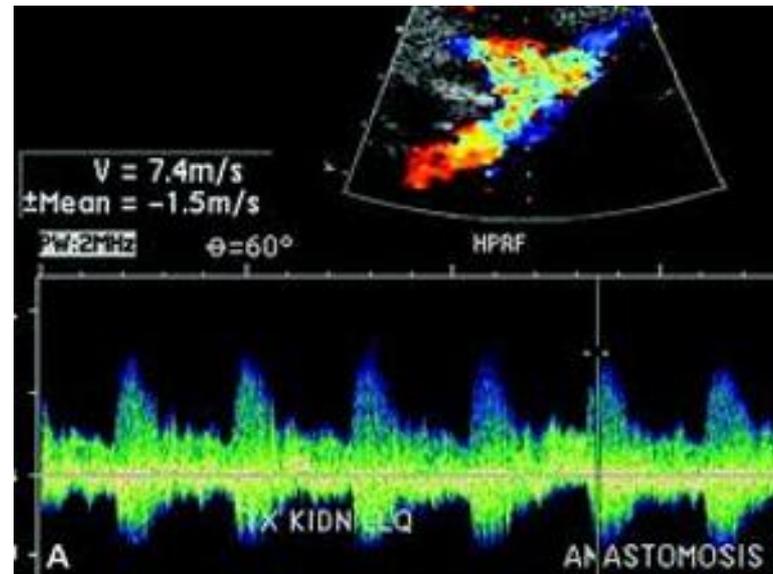
**Рис. 4.42.** Кровоток в артериях основания головного мозга. Дуплексное сканирование с цветовым доплеровским кодированием по скорости, спектральным анализом. Синхронизация с ЭКГ.  
 А, Б. Передняя мозговая артерия (сегмент А1). В, Г. Средняя мозговая артерия (сегмент М1). Д, Е. Задняя мозговая артерия. Ж, З. Основная артерия. И, К. Левая позвоночная артерия. Л, М. Правая позвоночная артерия.  
 Б, Г, Е, З, К, М: 1 - систолический пик; 2 - катакротический зубец; 3 - дикротическая вырезка; 4 - диастолический пик.



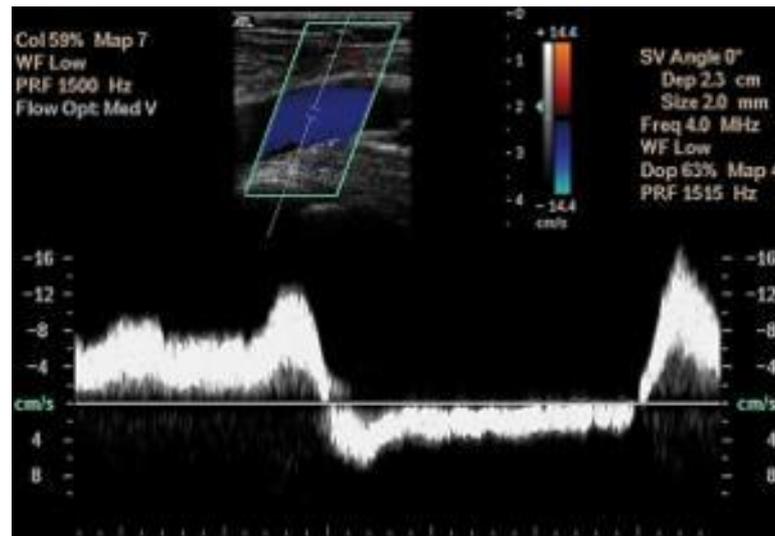
- **Доплеровский режим** дает возможность определить скорость и направление движения крови. Измерение скорости кровотока без погрешности возможно, если угол между направлением ультразвукового луча и направлением кровотока равен 0. Чем больше этот угол будет приближаться к  $90^\circ$ , тем больше будет величина погрешности.



- ▣ **УЗИ артерий нижних конечностей** позволяет оценить состояние аорты, наличие аневризмы аорты и подвздошных артерий, характер кровотока и наличие сужений и закупорок в них, однако у тучных пациентов визуализация бывает затруднена. Для уточнения диагноза в таких случаях применяется мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ). Для диагностики артерий ниже паха ультразвуковая диагностика сосудов является "золотым стандартом", позволяя точно оценить анатомию, патологию и характер кровотока в сосудах. Показания к другим методам исследований возникают редко. Во время операций УЗИ сосудов позволяет оценить адекватность сосудистой реконструкции.

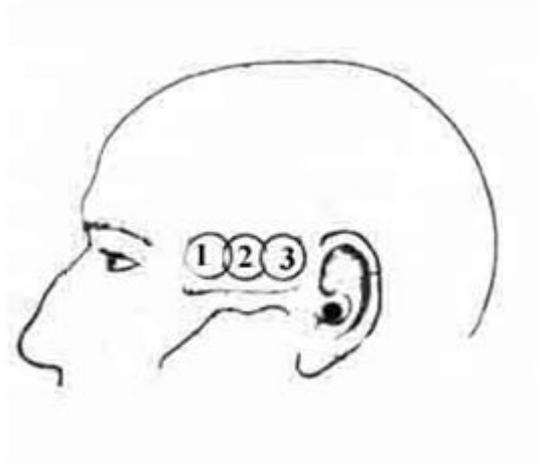


- ▣ **УЗИ вен** - современная флебология не может обходиться без УЗИ исследований. Ультразвуковая диагностика является самым основным методом оценки венозной системы на сегодняшний день. УЗИ позволяет выявлять диаметр вен, наличие тромбоза, патологических венозных сбросов, пороков развития, состояние клапанов. Практически все современные методы лечения варикозной болезни и патологии глубоких вен проводятся под обязательным ультразвуковым контролем



*ТЕМПОРАЛЬНЫЕ ОКНА* РАСПОЛОЖЕНЫ НАД СКУЛОВОЙ ДУГОЙ. РАЗЛИЧАЮТ ТРИ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕМПОРАЛЬНОГО ОКНА:

1. переднее окно расположено над проксимальной частью скуловой дуги;
2. среднее окно расположено между передним и задним окном, в зоне роста волос.
3. заднее окно расположено впереди уха. В некоторых случаях это окно лежит выше остальных;



ПОИСК АКУСТИЧЕСКОГО ОКНА РЕКОМЕНДУЕТСЯ НАЧИНАТЬ НА ГЛУБИНЕ 55-60 мм. НА ЭТОМ УРОВНЕ МОЖНО ПОЛУЧИТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СИГНАЛ ОТ СМА. ДАТЧИК УСТАНАВЛИВАЕТСЯ ПРАКТИЧЕСКИ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО К КОЖЕ (ПАЛЬПАТОРНО ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ЯМКА).



## Критериями для идентификации СМА являются:

- а) кровоток лоцируется на глубине 55-65 мм.
- б) направление кровотока к датчику.
- в) сигнал отвечает редукцией или ослаблением при компрессии гомолатеральной ОСА.

## Критерии для идентификации ПМА:

- а) кровоток лоцируется на глубине 65-70 мм.
- б) направление кровотока от датчика.
- в) реакция кровотока в ПМА при компрессии ОСА зависит от наличия или отсутствия функции передней соединительной артерии (ПСА). В большинстве случаев направление кровотока в ПМА меняется при компрессии гомолатеральной ОСА на обратное при функциональной состоятельности ПСА. При отсутствии функции ПСА компрессия ОСА приводит к редукции кровотока в ПМА.

## Критерии для идентификации ЗМА:

- а) кровоток лоцируется на глубине 65-75 мм.
- б) кровоток в проксимальном сегменте ЗМА направлен к датчику и может иметь двунаправленный спектр. В дистальных сегментах ЗМА регистрируется кровоток с направлением от датчика.
- в) компрессия соименной ОСА вызывает усиление кровотока в ЗМА при состоятельности ЗСА, либо изменения отсутствуют.

## ОРБИТАЛЬНОЕ ОКНО

- При сканировании через орбитальное окно необходимо снизить мощность излучения датчика до 10-20% для исключения повреждающего действия на сетчатку и хрусталик глаза. Датчик помещают на закрытое веко, обильно смазывая гелем. Это позволяет получить хороший ультразвуковой контакт без избыточного давления на глаз. Сифон ВСА лоцируется через орбитальное окно на глубине 60-70 мм. Направление кровотока антеградное (к датчику).
- Локация глазничной артерии проводится через орбитальное окно на глубине 30-45 мм, в норме регистрируется антеградный кровоток, имеющей характерную импульсную волновую форму. На этой глубине не обнаруживается ни один внутричерепной сосуд.



## *СУБОКЦИПИТАЛЬНОЕ ОКНО*

- Акустическая доступность этого окна зависит от позы пациента: наклон головы вперед, при этом пациент лежит на животе или сидит на стуле. Через субокципитальное окно исследуются параметры кровотока в интракраниальных позвоночных артериях и в базилярной артерии. На глубине 60 мм лоцируется позвоночная артерия, при этом датчик располагается латеральнее относительно сагитальной плоскости. Направление кровотока от датчика.



- Локация основной артерии (ОА) проводится на глубине 80-120 мм, датчик размещается строго по средней линии в точке между остистым отростком С2 позвонка и краем затылочной кости, под углом меньше 30 градусов и направление кровотока в ОА ретроградное (от датчика).



## 5.1. ДИАГНОСТИКА СТЕНОЗА ОБЩЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ.

- В 70-х годах был предложен метод «спектрального анализа» доплеровского спектра, позволивший количественно оценить степень стеноза общих сонных артерий.
- При величине препятствия менее 30% редукции просвета по диаметру локальных гемодинамических сдвигов не отмечается. Характеризуется:
  - - незначительным увеличением индекса спектрального расширения за счет умеренной турбулентности потока;
  - - незначительное увеличение систолической максимальной частоты по сравнению с соименной артерией;
  - - небольшой разброс систолического пика;
  - - сигнал в пре- и постстенотической зонах не изменен.
- При данной степени стеноза кровоснабжение мозга сохранено достаточным для его нормального функционирования.



# 5.1. ДИАГНОСТИКА СТЕНОЗА ОБЩЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ. ПРОДОЛЖЕНИЕ

- ▣ Признаки стеноза артерии до 50%:
- ▣ - в месте препятствия и непосредственно за ним значительно возрастает линейная скорость кровотока;
- ▣ - разброс спектра высоких частот;
- ▣ - увеличивается индекс циркуляторного сопротивления в престенотической и стенотической зонах;
- ▣ - увеличивается индекс спектрального расширения, полное заполнение спектрального окна;
- ▣ - концентрация мощности спектра систолической фазы в областях средних частот;
- ▣ - высокий “свистящий” шум;
- ▣ - в дистальном участке сосуда кровотоки выравниваются, практически без снижения линейной скорости кровотока;
- ▣ - дистальнее препятствия может снижаться величина индекса периферического сопротивления.
- ▣ При данной степени стеноза возможно появление обратимых нарушений функции центральной нервной системы при повышенных нагрузках.



# 5.1. ДИАГНОСТИКА СТЕНОЗА ОБЩЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ. ПРОДОЛЖЕНИЕ

- ▣ Признаки стеноза артерии от 50 до 75%:
- ▣ - выраженное увеличение максимальной систолической частоты;
- ▣ - форма доплеровской кривой деформируется за счет уменьшения диастолической составляющей;
- ▣ - выраженный разброс спектра высоких частот;
- ▣ - спектральное окно отсутствует вследствие появления низкоскоростных составляющих спектра;
- ▣ - концентрация мощности спектра систолической фазы в области средних и особенно низких частот;
- ▣ - появление низкочастотного спектра систолической фазы ниже базовой линии;
- ▣ - увеличен индекс циркуляторного сопротивления в престенотической и стенотической зонах;
- ▣ - снижение максимальной систолической частоты и индекса циркуляторного сопротивления в постстенотической зоне;
- ▣ - над местом стеноза присвистывающее звучание, грубый низкочастотный шум, срежет.
- ▣ Это гемодинамически значимый стеноз, проявляющийся снижением локального кровотока до критического уровня, с возможностью развития очаговой симптоматики при неблагоприятных условиях.



# 5.1. ДИАГНОСТИКА СТЕНОЗА ОБЩЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ. ПРОДОЛЖЕНИЕ

- ▣ При высоких степенях стеноза (более 75%) “субтотальный стеноз”:
- ▣ - выраженное снижение максимальной систолической частоты в престенотической и стенотической зонах;
- ▣ - систолическая и диастолическая скорости кровотока имеют малоразличимые по абсолютной величине значения, появляется так называемая “стенотическая стена”,
- ▣ - регистрируются спектральные составляющие под нулевой линией;
- ▣ - концентрация мощности спектра систолической фазы в области низких частот выше и ниже базовой линии;
- ▣ - вершина кривой нечеткая, демпфированная;
- ▣ - индекс спектрального расширения увеличен, отсутствие спектрального окна;
- ▣ - увеличение индекса циркуляторного сопротивления в престенотической и стенотической зонах;
- ▣ - выраженное снижение максимальной систолической частоты и индекса циркуляторного сопротивления в постстенотической зоне;
- ▣ - патологические звуковые феномены – демпфирование, заикание, скрежет, грубый низкочастотный шум;
- ▣ - в дистальном отделе сосуда линейная и объемная скорость кровотока снижаются, спектральное заполнение смещается в низкоскоростную область спектра, индексы периферического сопротивления снижены;
- ▣ - сочетанное поражение нескольких МАГ.
- ▣ При данной степени стеноза возникает снижение кровотока ниже критического уровня, и при отсутствии адекватного коллатерального кровообращения развивается локальная ишемия мозга.



## 5.2. ДИАГНОСТИКА СТЕНОЗА ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ.

- При патологии сонных артерий особое значение уделяется нарушению гемодинамики в надблоковых артериях (НБА) – либо ретроградный кровоток, либо двухфазный, либо выраженная асимметрия кровотока по НБА при одностороннем процессе.
- При стенозе ВСА возможны два варианта кровотока в надблоковой артерии:
- 1. Ретроградный кровоток в надблоковой артерии. Компрессионный тест гомолатеральной ОСА приводит к редукции или снижению кровотока в надблоковой артерии, либо его инверсии на антеградный. Наличие ретроградного кровотока в надблоковой артерии при стенозе ВСА указывает на его несомненную гемодинамическую значимость (более 75%).
- 2. Антеградный сниженный кровоток с асимметрией по сравнению с противоположной надблоковой артерией более 30% (при одностороннем поражении ВСА), снижение кровотока в надблоковой артерии до 12 см/сек и менее при стенозе обеих ВСА и невозможности воспользоваться критерием асимметрии.



## 5.2. ДИАГНОСТИКА СТЕНОЗА ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ. ПРОДОЛЖЕНИЕ

- Компрессионный тест ОСА со стороны исследования (редукция или снижение кровотока в надблоковой артерии) указывает на заполнение внутренней сонной артерии из системы одноименной общей сонной артерии. Как правило, сочетанию этих критериев соответствует гемодинамически незначимый стеноз (до 75%) ВСА в экстракраниальном сегменте.
- Диагностика стенозов ВСА строится на выявлении паттернов затрудненной перфузии в престеночных сегментах ОСА и ВСА; остаточного кровотока в СМА на стороне поражения. Явления затрудненной перфузии, так же как и дефицит потока выше зоны поражения, наблюдается при гемодинамически значимых поражениях – стенозах IV-V степени: более 75%. По классификации стенозов по степеням выделяют 5 вариантов: I – стеноз до 40%, II – 40-60%, III – 60-75%, IV – 75-90%, V > 90%. Ориентировочно определить степень стеноза позволяет расчет индекса Arbelli (индекс спектрального расширения), значения которого близки к истинной выраженности сужения сосуда. Для определения ИСР необходимо использовать датчики непрерывного излучения (CW).
- При стенозах ОСА дефицит кровотока в СМА не превышает 15%, что объясняется удовлетворительным функционированием путей коллатерального кровоснабжения. Стенозы ВСА I-III степени при функционирующей передней соединительной артерии (ПСОА) не вызывают дефицита кровотока в СМА на стороне поражения. При IV степени ЛСК в 40% снижается на 25-35%; при V степени дефицит ЛСК в 100% наблюдений превышает 25%. Множественные стенозирующие поражения сосудов головного мозга наблюдаются по данным литературы в 42% случаев. При этом явления дефицита кровотока в обеих СМА наблюдаются менее 50% и не бывает симметричным.



## 5.3. ДИАГНОСТИКА СТЕНОЗА ПОЗВОНОЧНОЙ

### АРТЕРИИ.

Стеноз позвоночной артерии можно заподозрить при асимметрии кровотока более 30% (для одностороннего поражения). Снижение средней скорости кровотока до 2 - 10 см/сек несомненно свидетельствует о наличии стеноза ПА (экстравазальной компрессии или извитости). При двустороннем стенозе ПА приходится ориентироваться только на абсолютные показатели скорости кровотока. В месте стеноза – увеличение линейной скорости кровотока, в большей степени систолической, увеличение систоло-диастолического отношения и увеличение индекса периферического сопротивления. При выраженном стенозе ПА исчезновение диастолической составляющей до базовой линии. Вершина доплерограммы закруглена и “разлохмачена”, исчезновение “плато”, смещение максимума спектральной мощности в область низких частот и распространение спектральной мощности ниже базовой линии, редукция спектрального “окна”. При стенозировании ПА слышен свистящий звук.

Для окончательной дифференцировки изменений ПА следует выполнить пробу с поворотами головы. При увеличении скорости кровотока в ПА говорит в пользу вертеброгенных воздействий. Также необходимо лоцировать интракраниальные сегменты ПА датчиком 2МГц – снижение скорости кровотока по ПА в сегменте V4 (вплоть до остаточного потока – выраженная редукция систолического пика) позволяет диагностировать стенозирование ПА в проксимальных отделах.

Стенозы менее 50% просвета не вызывают ощутимых изменений доплерограммы. Отсутствие выраженного стенозирования контралатеральной ПА стеноз одной ПА не вызывает существенных гемодинамических сдвигов в артериях вертебрально-базилярного бассейна.

Стенозирование ПА дифференцируется с гипоплазией ПА, при которой также снижается линейная скорость кровотока, но не меняются другие показатели доплерограммы, а при локации ПА на интракраниальном уровне сохраняются эти же изменения.

Для точной диагностики стенозов ПА рекомендуется дуплексное сканирование.



## 5.4. ПРИЗНАКИ СТЕНОЗА ПОДКЛЮЧИЧНОЙ АРТЕРИИ (ПКА).

Признаки стеноза проксимального отдела: асимметрия линейной скорости кровотока в подключичной и подкрыльцовой артериях более чем на 30%. На доплерограмме ПКА исчезновение отрицательных зубцов; латентный или преходящий синдром подключичного обкрадывания; положительный тест реактивной гиперемии. При подозрении на синдром подключичного обкрадывания выполняется тест реактивной гиперемии. При помощи манжеты сфигмоманометра производится компрессия плеча в течение 1,5-2 мин (подъем давления в манжете до цифр, превышающих на 20-30 мм рт. ст. систолическое артериальное давление в плечевой артерии) с последующей быстрой декомпрессией. В норме кровотоки при этом не меняются (отрицательный тест). Если после декомпрессии плеча возникает ускоренный кровоток по ПА – это положительный тест реактивной гиперемии, а усиленный кровоток имеет ретроградное направление. Различают три вида синдрома подключичного обкрадывания: постоянный (при окклюзии ПКА или устья ПА) – кровоток по ПА постоянно имеет ретроградное направление, усиливаясь при выполнении теста реактивной гиперемии; преходящий (при выраженном стенозе устья ПКА или устья ПА) - ретроградный кровоток по ПА в систолу, а антеградный кровоток в диастолу, и положительный результат теста – латентный (при умеренном стенозе устья ПКА или устья ПА) – антеградный кровоток по ПА в покое, положительный результат теста.

## 5.5. СТЕНОЗ СРЕДНЕЙ МОЗГОВОЙ АРТЕРИИ (СМА).

- Стенозы СМА характеризуются, помимо аналогичных вышеописанных изменений, признаками активизации коллатерального кровоснабжения ее бассейна через пиальные анастомозы из бассейнов ПМА и ЗМА, что проявляется увеличением линейной скорости кровотока в этих сосудах на фоне снижения периферического сопротивления. Критические стенозы СМА, так же как и ВСА, характеризуются резонансным колебанием сосудистой стенки, что проявляется монотонным звучанием, применительно описанного к церебральному вазоспазму – “mur-mur”.
- В случаях окклюзий ВСА при нефункционирующей ПСА кровотоки в СМА, как правило, не регистрируются или имеют минимальные значения, дефицит потока превышает 80%.



## 5.6. СТЕНОЗ И ОККЛЮЗИЯ ОСНОВНОЙ АРТЕРИИ.

- Диагностика стеноза основной артерии возможна только при ТКД. Основным критерием является резкое усиление кровотока на изолированном участке и увеличение периферического сопротивления. При высоких степенях стеноза возможно симметричное снижение кровотока в ПА на экстра- и интракраниальном уровне с повышением индексов периферического сопротивления. Может наблюдаться компенсаторное усиление кровотока по ВСА с обеих сторон.
- Окклюзия ОА характеризуется отсутствием кровотока дистальнее места окклюзии, либо коллатеральное заполнение ОА из ЗМА. Выраженное симметричное снижение кровотока в ПА на экстра- и интракраниальном уровне с повышением индексов периферического сопротивления. При наличии ЗСА кровотоки в сегменте Р1 ЗМА могут быть направлены в сторону пораженной ОА.



# VI. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

- Основная особенность мозгового кровоснабжения – коллатеральное кровообращение. Значение коллатерального кровообращения в обеспечении компенсаторных процессов в сосудистой системе головного мозга чрезвычайно велико. Богатая сеть анастомозов между артериями, осуществляющими кровоснабжение мозга, открывает большие возможности для перераспределения крови между различными областями его сосудистой системы. В норме анастомозы сосудистой системы функционируют с определенной периодичностью, зависящей от реальных потребностей мозга в тот или иной момент времени. Они используются для обеспечения перетока крови в тот бассейн мозга, кровоснабжение которого ухудшилось в силу каких либо временных ограничений кровотока в приводящем сосуде, возникшего, например, вследствие поворота головы или переразгибания шеи с компрессией одной из мегистральных артерий головы. Это приводит к резкому снижению давления в ней, а вслед за этим – к перетоку крови через артерии виллизиевого круга в сторону внезапно снизившегося давления. Таким образом, важнейший базальный анастомоз – виллизиев круг – выступает в качестве перераспределителя крови.
- Включение механизмов коллатерального кровообращения происходит при стенозировании или тромбозе артерий головного мозга и является самым важным звеном компенсации.



# РАЗЛИЧАЮТ ЧЕТЫРЕ УРОВНЯ КОЛЛАТЕРАЛЬНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ:

- - внечерепной;
- - на основании мозга;
- - на поверхности мозга;
- - внутримозговой.

Внечерепной анастомоз осуществляет коллатеральное кровообращение между надблоковой и супраорбитальной артериями - конечными ветвями глазничной артерии и представляет глазничный анастомоз.

Анастомоз экстра- интракраниальный – между мышечными ветвями ПА и ветвями затылочной артерии - ветви НСА. Также анастомоз между верхней щитовидной артерией из НСА и нижней щитовидной артерией – ветвью подключичной артерии.



- Второй уровень коллатерального кровообращения – большой артериальный круг, который является основным коллатеральным коллектором головного мозга. Преимущество анастомозов типа виллизиева круга заключается в том, что при их включении не требуется большой затраты времени на формирование путей коллатерального кровообращения, таким образом, последние являются механизмом “быстрой” компенсации гемодинамических нарушений.
- Кортиковые и внутримозговые анастомозы имеют значительно меньшее компенсаторное значение для коллатеральной гемодинамики.
- При поражении экстракраниальных МАГ (ОСА, ВСА) коллатеральное кровообращение наиболее часто реализуется через передний отдел виллизиевого круга (через ПСА) и задний отдел виллизиевого круга (ЗСА).
- Включение глазничного анастомоза происходит при функциональной недостаточности виллизиева круга или при двусторонней окклюзии внутренних сонных артерий.
- Варианты коллатерального кровообращения при поражении магистральных артерий многообразны, зависят от индивидуальных особенностей строения виллизиева круга и локализации поражения мозга, что необходимо обращать при интерпретации данных доплерографии.



# VII. УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ДОПЛЕРОВСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ.

## 7.1. Допплерография артерий нижних конечностей.

Метод ультразвуковой доплерографии артерий нижних конечностей основан на регистрации УЗ-доплеровского сигнала скорости кровотока, анализа звуковых сигналов и измерения сегментарного артериального давления. Исследование проводят у больного в состоянии покоя, в положении лежа на спине при локации кровотока в бедренной артерии (БА), задней и передней большеберцовой артерии (ЗБА) (ПБА), артерий тыла стопы (АТС) и на животе при регистрации кровотока подколенной артерии (ПА). Используются датчики 4 МГц для инсонации БА, ПА и 8 МГц – для ЗБА, ПБА и АТС. Датчик устанавливается в проекции анатомического расположения артерии или в точке максимальной пульсации под углом примерно 45° к поверхности кожи. Характеристика кровотока основана на оценке формы кривой. В норме кровотоки по артериям верхних и нижних конечностей имеет магистральный тип.

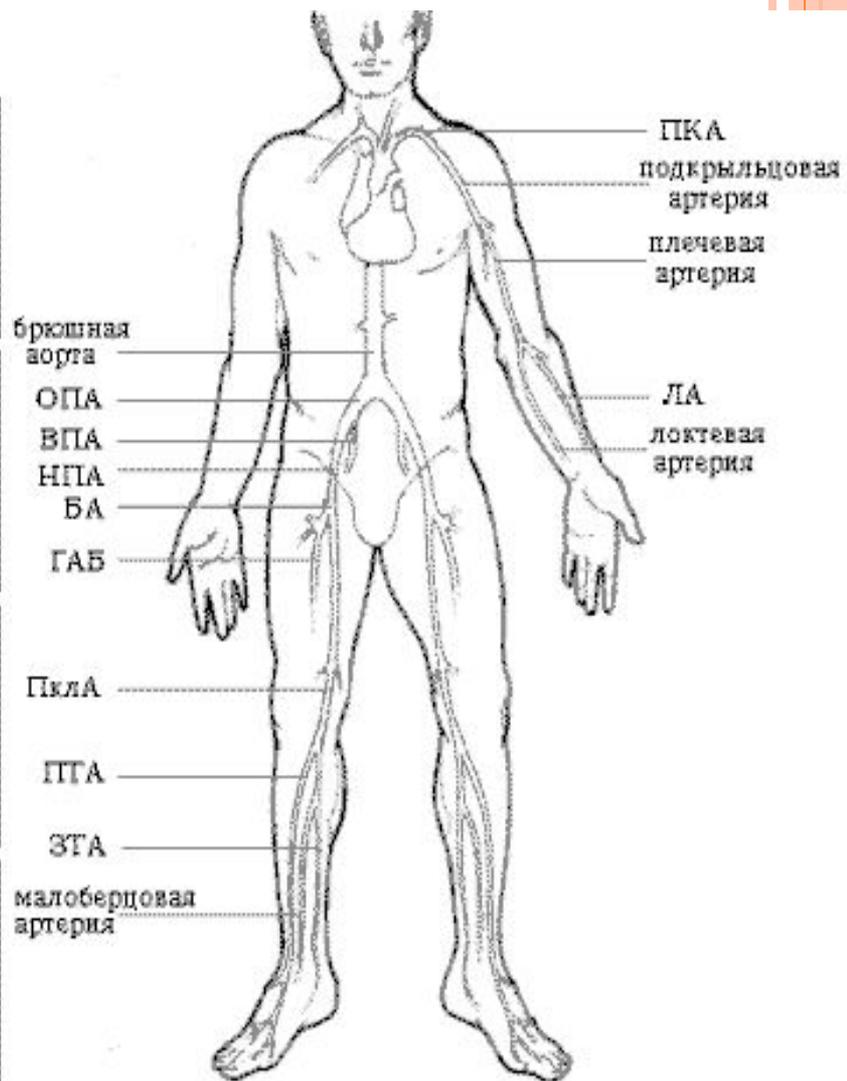
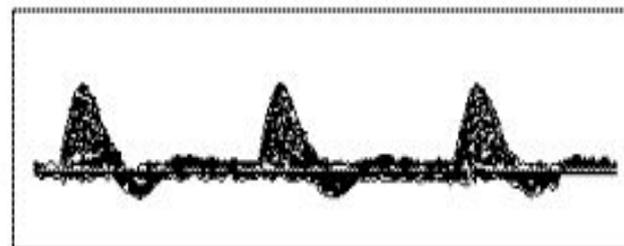
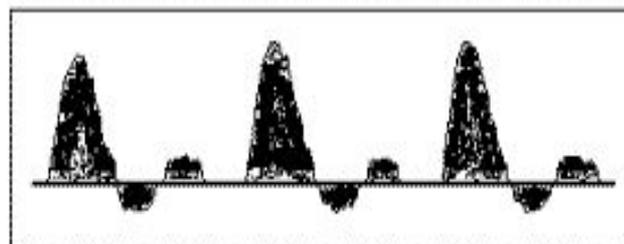
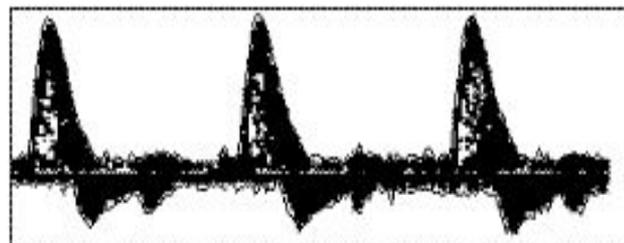
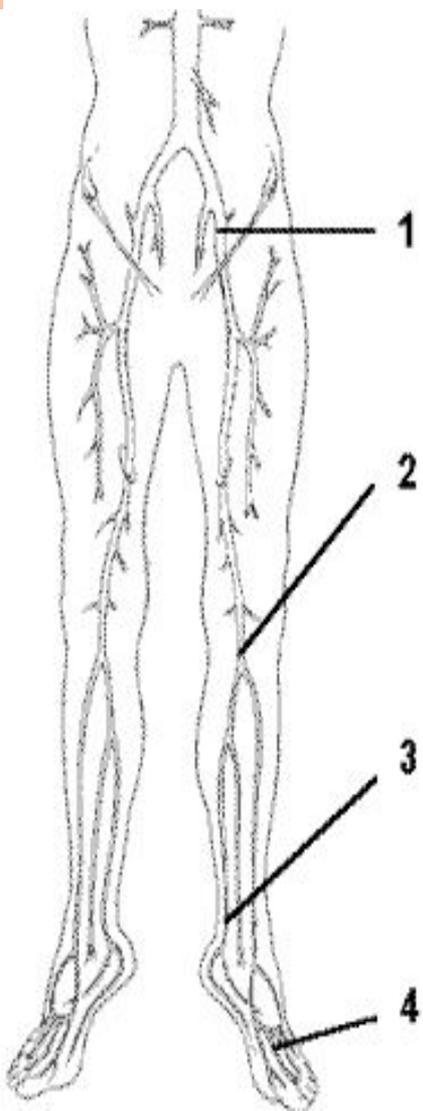
Наиболее важной характеристикой формы волны кровотока является пик в систолу, отражающий величину и характер поступательного кровотока. В периферических артериях в норме систолический пик острый, высокий и хорошо выражен. Уменьшение амплитуды, искажение формы пика в виде расширения, расщепления или закругления указывает на наличие препятствия кровотоку проксимальнее исследуемой точки.

Конец систолического пика сразу сменяется периодом значительного обратного кровотока в начале диастолы. Выраженность обратного кровотока в ранней диастоле определяется как величиной артериального пульса, так и периферическим сопротивлением. Наличие обратного кровотока свидетельствует о нормальной проходимости артерий проксимальнее исследуемой точки. Отсутствие пульсации обратного кровотока в начале диастолы является важным УЗ-признаком окклюдированного поражения артерии.

От середины и до конца диастолы в форме волны кровотока обычно наблюдается одна или несколько волн кровотока, являющихся отражением эластичности артериальной стенки. Сглаживание или исчезновение колебаний в конце диастолы позволяет предполагать снижение эластичности, но может указывать и на окклюдированное поражение, расположенное проксимальнее.



# УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ДОПЛЕРОВСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ



- При стенозе, расположенном проксимальнее точки локации, выявляется однофазовая пульсация с расширением, расщеплением систолического пика и отсутствием обратного кровотока в ранней диастоле. Определяется звуковой сигнал с ослабленным первым компонентом и сглаженностью второго и третьего пика, так как скорость кровотока уменьшена. Описанные изменения характеризуют магистрально-изменный тип кровотока.
- По мере прогрессирования окклюзирующего процесса происходят дальнейшие изменения формы волны. При критическом стенозе или окклюзии кровотока в проксимальном сегменте характеризуется сглаженной пульсацией, снижением и закруглением систолического пика, замедленным подъемом и спадом кривой кровотока. Чем более выражено поражение, тем хуже коллатеральное кровообращение и на кривой кровотока наблюдается больше изменений. На слух определяется непрерывный, низкочастотный звук малой интенсивности. Описанная картина характерна для коллатерального типа кровотока в исследуемой артерии.
- Для количественного анализа формы волны кровотока используются показатели пиковых значений скорости кровотока. При интерпретации абсолютных показателей необходимо учитывать уровень системного АД и величину сердечного выброса.



- Полуколичественную оценку формы кровотока проводят с применением ряда расчетных индексов:
- - пульсаторный индекс (PI) представляет собой отношение суммы пиковых скоростей прямого и обратного кровотока к средней скорости. В норме PI превышает 5,5 по ОБА и нарастает по величине в дистальном направлении. Значение его не зависит от угла между направлением УЗ-луча и сосудом.
- - Демпинг – фактор или фактор демфирования (ДФ) – выявляет также как и PI окклюзирующее поражение в периферических артериях. ДФ рассчитывают как отношение дистального PI к проксимальному. Например,  $ДФ1 = PI_{ОБА} / PI_{плечевой\ артерии}$ . Нормальные значения ДФ лежат в пределах 1,15-1,48 и не изменяются на протяжении артериального русла конечности.
- Таким образом, анализ кровотока базируется на качественной оценке формы волны и ее производных, т.е. расчетные индексы. Характерными признаками развития окклюзирующего поражения являются: изменение формы и величины систолического пика, исчезновение волны обратного кровотока, снижение показателей PI менее 4 и ДФ менее 1.



## Измерение артериального давления.

Исследование проводят в положении лежа на спине. Сначала измеряют артериальное давление на плече при локации кровотока в лучевой артерии. Необходимым условием является измерение АД на обеих руках. Измерение артериального давления на нижних конечностях производят на 4 уровнях: лодыжка и верхняя часть голени, нижняя и верхняя треть бедра. Размер пневматической манжеты должен соответствовать размеру конечности, ширина ее должна составлять 40% от окружности конечности, в противном случае могут быть получены неверные результаты. Сегментарное давление определяют для каждого уровня конечности, контролируя сигнал кровотока. Локацию кровотока производят на ЗБА или АТС. В случаях, когда невозможно определить кровоток по этим артериям, лоцируют кровоток по ПА для измерения давления на бедре. Отметим, что систолическое АД является давлением в артерии, расположенной под манжетой, а не в артерии, где проводится локация кровотока.

У здоровых лиц давление, измеренное в верхней трети бедра, превышает давление на плече на 20-30 мм рт. ст., а на уровне лодыжки приближается или несколько выше системного. При окклюзирующих поражениях артерий, уменьшение притока крови к конечности приводит к местной гипотензии. Падение систолического давления в лодыжке пропорционально степени артериального поражения. Так, ишемическая боль в покое обычно ассоциируется с систолическим давлением в лодыжке менее 40 мм рт. ст.

Вариантом нормы считается разница давлений менее 20 мм рт. ст. между конечностями на одном и том же уровне. Градиент давления между соседними уровнями измерения АД в норме не превышает 30 мм рт. ст. Разницу более 30 мм рт. ст. рассматривают как признак, отражающий окклюзию или резкий стеноз артерий между этими сегментами.

Результаты измерений могут быть выражены не только в виде абсолютных значений, но и в форме индексов. Лодыжечно-плечевой индекс или лодыжечный индекс давления (ЛИД) рассчитывают как соотношение АД лодыжки к АД на плече. Значение ЛИД менее 1,0 указывает на наличие окклюзирующего поражения в артериях конечности. В целом, в конечностях с окклюзией или критическим стенозом на одном уровне ЛИД более 0,5, а при поражениях на нескольких уровнях, менее 0,5. Величина ЛИД позволяет оценить степень развития коллатерального кровообращения и функционального состояния артерий нижних конечностей. Значения ЛИД до 0,7 свидетельствуют об окклюзирующем поражении артерий с КК в стадии компенсации; от 0,7 до 0,4 – в стадии субкомпенсации, снижение ЛИД менее 0,4 указывает на декомпенсацию кровообращения. Тяжесть ишемии нижней конечности, развивающейся при окклюзирующем поражении артерий, зависит от локализации, этажности, степени поражения, состояния дистального русла. Однако, основным фактором, определяющим клиническую картину заболевания, является степень развития КК. Отметим, снижение ЛИД коррелирует степенью ишемии нижних конечностей. Так, при первой степени значения ЛИД варьируют в пределах 0,8-1,0, при второй степени – 0,6-0,8, при третьей степени – 0,4-0,6, а при четвертой – менее 0,4.

Таким образом, измерение систолического АД на уровне лодыжки с расчетом ЛИД является надежным критерием в оценке артериального кровотока нижней конечности. Значение ЛИД менее 1,0, во-первых, свидетельствует о развитии гемодинамически значимого окклюзирующего поражения в артериях нижней конечности, во-вторых, позволяют оценить уровень коллатерального кровообращения и функциональное состояние артерий исследуемой конечности. Однако ЛИД не позволяет локализовать поражение. Измерение сегментарного систолического АД на конечности дает дополнительную информацию о локализации поражения.



- Клиническое обследование больных с поражением артерий нижних конечностей необходимо начинать с расспроса и осмотра конечностей.
  - Существует классификация Покровского-Фонтена, в зависимости от выраженности ишемического болевого синдрома в нижних конечностях, согласно которой, выделяют 4 стадии окклюзионного поражения:
    - I стадия (функциональной компенсации) – боль в нижних конечностях появляется только при большой физической нагрузке, например, при ходьбе на расстояние более 1км, появляются судороги или парастезии в нижних конечностях после длительного пребывания более 1 часа в статическом положении, отмечают похолодание ног;
    - II (субкомпенсации) – боль появляется при ходьбе на меньшее расстояние; если больной обычным шагом может пройти без боли более 200 м, тяжесть ишемии соответствует стадии IIA, если боли возникают при прохождении менее 200 м – стадия IIB, также трофические расстройства (гипотрофия мышц, сухость кожи, ломкость ногтей, трещины кожных покровов на стопе) и похолодание нижних конечностей, зябкость (носки носят даже летом)
    - III (декомпенсации) – наблюдаются боли в покое или при ходьбе менее чем на 25 м; присоединяется неврит, вследствие ишемии, отеки нижних конечностей, синюшность, лимфаденит;
    - IV (деструктивных изменений) – наблюдаются язвенно-некротические изменения в тканях, выраженные отеки нижних конечностей.
- 

## 7.2. УЗ-МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕН НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ.

- Вены нижних конечностей делятся на поверхностные, залегающие в подкожной клетчатке и глубокие, сопровождающие одноименные артерии. Обе венозные системы анастомозируют между собой.
- Поверхностная венозная система.* Ее формируют большая подкожная вена (БПВ) и малая подкожная вена (МПВ).
- БПВ, являясь продолжением медиальной краевой вены стопы, начинается спереди от медиальной лодыжки, следует вверх по медиальному краю большеберцовой кости, переходит на передне-медиальную поверхность бедра и впадает в общую бедренную вену (ОБВ).
- МПВ формируется из латеральной краевой вены стопы, поднимается по задне-латеральной поверхности голени и впадает в подколенную вену (ПКВ) в области подколенной ямки.
- Глубокая венозная система.* Слияние дорсальных и подошвенных вен образует парные задние и передние большеберцовые и малоберцовые вены, которые, в свою очередь, сливаясь, формируют ПКВ.
- Подколенная вена, располагаясь в подколенной ямке кзади и латерально от подколенной артерии, направляется кверху и переходит в бедренную вену (БВ). БВ на протяжении нижних 2/3 бедра сопровождает поверхностную бедренную артерию (ПБА). В верхней трети бедра БВ сливается с глубокой бедренной веной (ГБВ), сопровождающей одноименную артерию, и становится общей бедренной веной (ОБВ).
- ОБВ, пересекая паховую складку, становится наружной подвздошной веной (НПВ), которая после соединения с внутренней подвздошной веной образует общую подвздошную вену (ОПВ).
- Нижняя полая вена представляет собой слияние правой и левой ОПВ.
- Связь между поверхностной и глубокой венозными системами, преимущественно на голени и, в меньшей степени, в области бедра осуществляют перфорантные вены, которые в нормальных условиях шунтируют кровь из поверхностной венозной системы в глубокую. Обтурирующий процесс в глубокой венозной системе, а также нарушение функции венозных клапанов перфорантных вен приводит к патологическому шунтированию крови из глубокой венозной системы в поверхностную, развитие варикозной болезни, венозной гипертензии и трофическим изменениям тканей нижних конечностей.

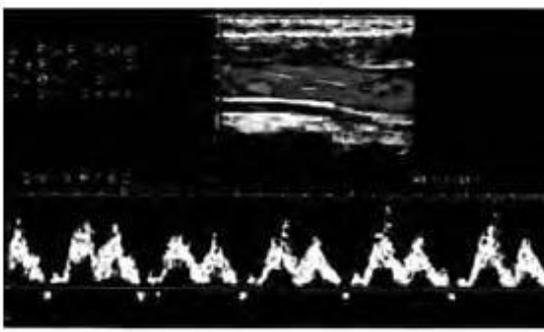


Рис. 5. Исследование кровотока во внутренней яремной вене в спектральном доплеровском режиме

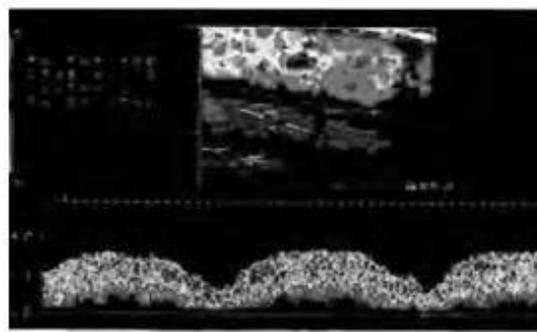


Рис. 6. Исследование кровотока в общей бедренной вене в спектральном доплеровском режиме

- Исследование венозной системы проводят в В-режиме, цветовом и спектральном доплеровском режимах.
- Исследование вен в В-режиме. При полной проходимости просвет вены выглядит однородно эхонегативным. От окружающих тканей просвет ограничен эхопозитивной линейной структурой – сосудистой стенкой. В отличие от стенки артерий структура венозной стенки однородна и визуально не дифференцируется на слои. Сдавливание просвета вены датчиком приводит к полной компрессии просвета. В случае частичного или полного тромбоза просвет вены сдавливается датчиком не полностью или не сдавливается вовсе.
- При проведении УЗДГ анализ осуществляется так же, как в артериальной системе. В повседневной клинической практике количественные параметры венозного кровотока почти не используются. Исключение составляет церебральная венозная гемодинамика. При отсутствии патологии линейные параметры венозной циркуляции относительно постоянны. Их повышение или снижение является маркером венозной недостаточности.
- При исследовании венозной системы, в отличие от артериальной, по данным УЗДГ оценивается меньшее количество параметров:
  - 1) форма доплеровской кривой (фазности пульсовой волны) и ее синхронизация с актом дыхания;
  - 2) пиковая систолическая и усредненная по времени средняя скорость кровотока;
  - 3) изменение характера кровотока (направления, скорости) при проведении функциональных нагрузочных проб.
- В венах, расположенных вблизи сердца (верхняя и нижняя полые, яремные, подключичная), выделяют 5 основных пиков:
  - А-волна – положительная: связана с сокращением предсердий;
  - С-волна – положительная: соответствует выпячиванию атриовентрикулярного клапана в правое предсердие во время изоволюметрического сокращения желудочка;
  - Х-волна – отрицательная: связана со смещением плоскости клапанов к верхушке во время периода изгнания;
  - V-волна – положительная: связана с расслаблением правого желудочка, атриовентрикулярные клапаны сначала закрыты, давление в венах быстро нарастает;
  - Y-волна – отрицательная: клапаны открываются, и кровь поступает в желудочки, давление падает

В венах верхних и нижних конечностей на доплеровской кривой выделяют два, иногда три основных пика, соответствующих фазе систолы и фазе диастолы (рис. 6).

В большинстве случаев венозный кровоток синхронизирован с дыханием, то есть при вдохе кровоток снижается, при выдохе — возрастает, однако отсутствие синхронизации с дыханием не является абсолютным признаком патологии.

При ультразвуковом исследовании вен применяется два вида функциональных проб:

**1. Проба дистальной компрессии** — оценка проходимости венозного сегмента дистальнее места расположения датчика. В доплеровском режиме в случае проходимости сосуда при сжатии мышечного массива дистальнее места расположения датчика отмечается кратковременное увеличение линейной скорости кровотока, при прекращении сжатия скорость кровотока возвращается к исходному значению. При окклюзии просвета вены вызванный сигнал отсутствует.

**2. Пробы для оценки состоятельности клапанного аппарата** (с задержкой дыхания). При удовлетворительном функционировании клапанов в ответ на нагрузочный стимул отмечается прекращение кровотока дистальнее места расположения клапана. При клапанной недостаточности в момент пробы появляется ретроградный кровоток в сегменте вены дистальнее клапана. Величина ретроградного кровотока прямо пропорциональна степени клапанной недостаточности [8, 9].



□ Бедренная вена:

□ Датчик 4 МГц располагается в области ингвальной связки чуть медиальнее сигнала от бедренной артерии.

□ Для оценки состоятельности клапанов проводятся функциональные пробы:

□ 1. Проба Вальсальвы используется для оценки функции клапанного аппарата, преимущественно крупных вен нижних конечностей. Принцип маневра заключается в следующем: на вдохе у здоровых лиц значительно уменьшается венозный кровоток, а при задержке дыхания и натуживании на низ живота полное его прекращение и максимальный шум во время последующего выдоха. На недостаточность клапанов указывает ретроградная волна при натуживании со скоростью на пике приблизительно 30см/с и продолжительностью более 1 сек или волна с меньшей скоростью, но с большей продолжительностью.

□ 2. Дистальная компрессия используется для оценки проходимости исследуемого участка сосудистой системы. Поочередно производят компрессию ниже места расположения датчика. В норме при дистальной компрессии выявляется увеличение скорости антеградного кровотока в вене в 2 раза или более. При озвучивании бедренной артерии производят поочередно компрессии бедра, голени и дорсорефлексия стопы.

□ 3. Проксимальные компрессии производят для оценки состояния клапанного аппарата подколенных вен и вен голени и оценивается аналогично пробе Вальсальвы. Датчик расположен ниже места компрессии. В норме проксимальная компрессия не должна вызывать изменения венозного сигнала (т.к. неизменные клапаны пропускают кровь только в проксимальном направлении). При наличии даже субклинического поражения клапанного аппарата проксимальная компрессия вызывает усиление флебошума, что говорит о регургитации кровотока.



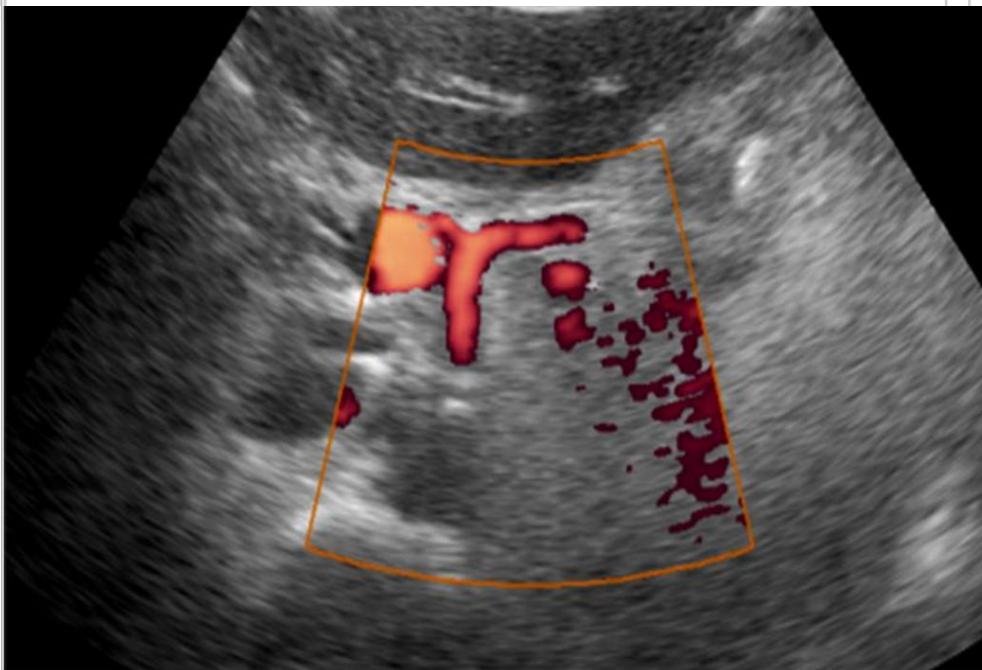
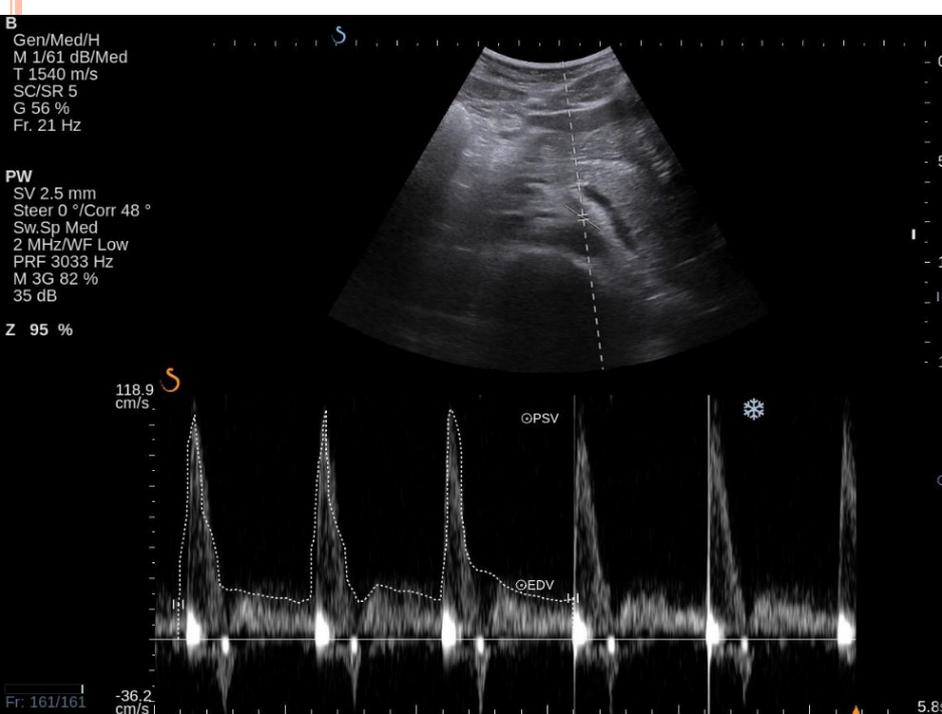
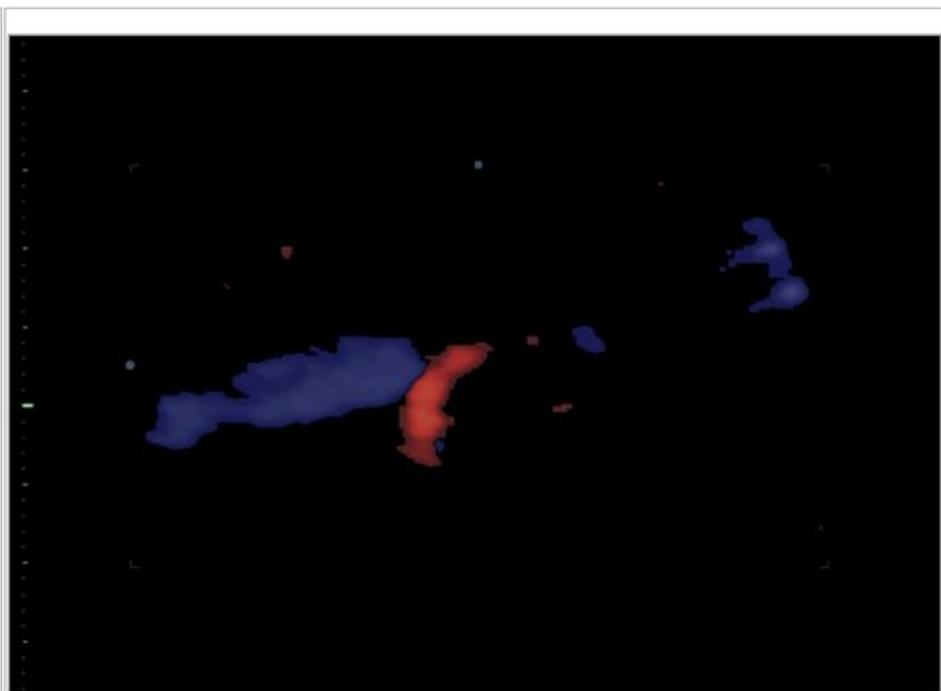
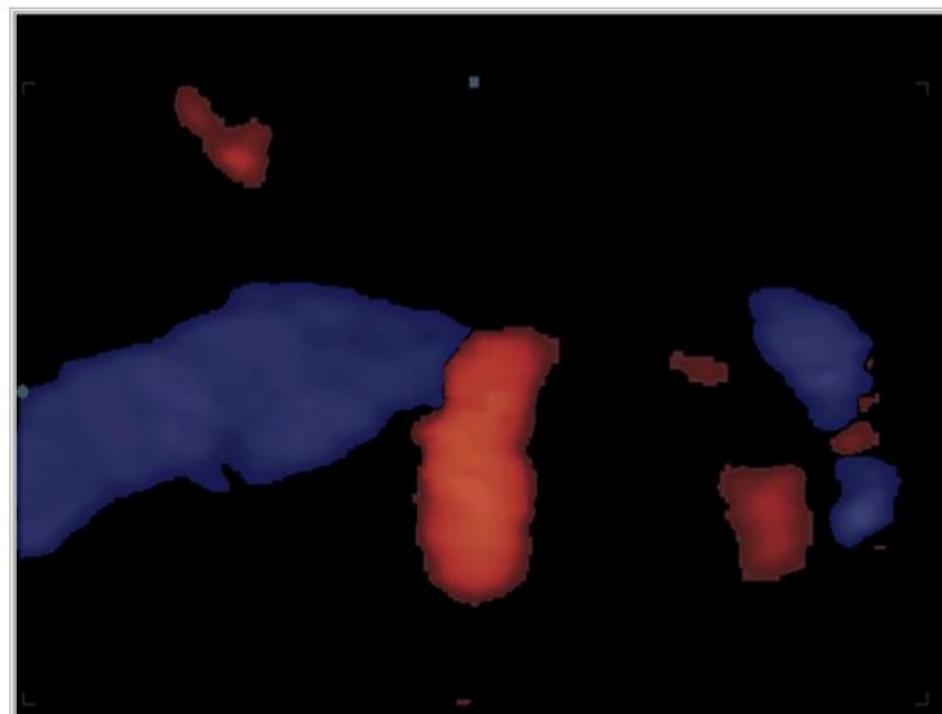


Таблица 2

Основные показатели кровотока в непарных висцеральных ветвях брюшного отдела аорты у больных с хроническим абдоминальным болевым синдромом  
(у лиц женского пола)

Артерии	PSV	MDV	EDV	RI	S/D
Чревный ствол	105,3±9,1	37,4±3,1	51,4±7,2	0,57±0,01	2,3±0,3
Общая печеночная артерия	112,2±9,8	17,1±3,3	20,3±5,1	0,82±0,1	5,5±0,3
Селезеночная артерия	77,3±6,7	8,25±2,4	26,9±5,3	0,65±0,1	2,9±0,1
Верхнебрыжеечная артерия	134±11,4	22,5±4,3	18,13±3,1	0,83±0,01	6,1±0,1

Таблица 3

Основные показатели кровотока в непарных висцеральных ветвях брюшного отдела аорты у больных с хроническим абдоминальным болевым синдромом  
(у лиц мужского пола)

Артерии	PSV	MDV	EDV	RI	S/D
Чревный ствол	127,4±10,3	28,7±8,7	43,5±11,2	0,67±0,1	3,2±1,5
Общая печеночная артерия	51,4±5,3	7,3±3,3	22,7±3,1	0,56±0,1	2,3±0,1
Селезеночная артерия	92,44±0,4	11,4±4,1	44,57±9,3	0,52±0,1	2,1±0,1
Верхнебрыжеечная артерия	133±17,1	6,05±2,2	36,5±9,0	0,67±0,1	3,9±0,1

В ЧЕМ ПРЕИМУЩЕСТВА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОППЛЕРОГРАФИИ И ДУПЛЕКСНОГО (ТРИПЛЕКСНОГО) СКАНИРОВАНИЯ ПЕРЕД ОСТАЛЬНЫМИ МЕТОДИКАМИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СОСУДОВ?

- Высокая информативность, которая позволяет выявить самые ранние доклинические признаки сосудистых заболеваний, оценить поражения сосудов и нарушения кровотока
- Является неинвазивной и абсолютно безопасной методикой. Диагностика абсолютно безвредна для пациента - дискомфорта или каких-либо неприятных ощущений во время проведения исследования человек не испытывает.
- Экономичность
- Простота выполнения. Обследование проводится в амбулаторных условиях, не требует специальной подготовки пациента, использования дополнительного оборудования и контрастного вещества.

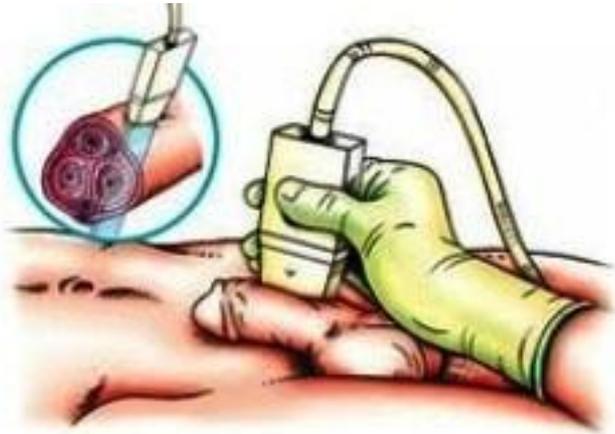


СТЕПЕНЬ И ХАРАКТЕР ЛОКАЛЬНЫХ, А ТАКЖЕ СИСТЕМНЫХ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ПРИ СТЕНООКЛЮЗИРУЮЩИХ ПОРАЖЕНИЯХ ЗАВИСЯТ ОТ НЕСКОЛЬКИХ ФАКТОРОВ:

- Протяженности и диаметра суженного сегмента
- Неровности внутренней поверхности
- Степени несимметричности сужения и его формы
- Соотношения площади поперечного сечения суженного сегмента и площади поперечного сечения неизмененного сосуда
- Градиента артериовенозного давления
- Величины периферического сопротивления дистальнее места стеноза
- Величины сердечного выброса
- Реологических свойств крови
- Наличия и выраженности источников коллатеральной компенсации
- Состояния реактивности сосудистой стенки



# ДОППЛЕРОГРАФИЮ СОСУДОВ ПОЛОВОГО ЧЛЕНА (УЗДГ)



- Что можно определить во время исследования:
- скорость кровотока;
- эластичность стенок сосудов;
- целостность сосудов;
- гематомы;
- сдавление и стеноз;
- атеросклеротическое поражение сосудов.
- Заболевания, которые можно выявить во время доплерографии члена:
- эректильная дисфункция сосудистого генеза;
- кавернозный фиброз;
- болезнь Пейрони;
- повреждения сосудов;
- опухоли.



## 2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ДАТЧИКОВ ДЛЯ ДОППЛЕРОГРАФИИ.

Широкий спектр ультразвуковых исследований сосудов современным доплеровским прибором обеспечивается за счет применения датчиков различного назначения, отличающихся между собой характеристиками излучаемого ультразвука, а также конструктивными параметрами (датчики для скрининговых обследований, датчики со специальными держателями для мониторинга, плоские датчики для хирургических применений).

Для исследования **экстракраниальных** сосудов используются датчики с частотой 2, 4, 8 МГц, **интракраниальных** сосудов – 2, 1 МГц.

Ультразвуковой датчик содержит пьезоэлектрический кристалл, вибрирующий под воздействием переменного тока. Эта вибрация генерирует УЗ луч, который движется от кристалла.

Доплеровские датчики имеют два режима работы:

постоянноволновой (continuous wave CW) и импульсный (pulsed wave PW).

У постоянноволнового датчика имеется 2 пьезокристалла, один постоянно излучает, второй – принимает излучение.

В датчиках PW один и тот же кристалл является принимающим и излучающим. Режим импульсного датчика позволяет осуществлять локацию на различных, произвольно выбираемых глубинах, в связи с чем, именно он используется для инсонации интракраниальных артерий.

Для датчика 2 МГц существует 3-х сантиметровая “мертвая зона”, при глубине проникновения 15 см зондирования; для датчика 4 МГц – 1,5 см “мертвая зона”, зона зондирования 7,5 см; 8 МГц – 0,25 см “мертвая зона”, 3,5 см глубина зондирования.



# ПЕРВЫЕ УЗ-ПРИБОРЫ



# СОВРЕМЕННЫЕ СТАЦИОНАРНЫЕ УЗ-ПРИБОРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСУДОВ



СОВРЕМЕННЫЕ ПОРТАТИВНЫЕ  
УЗ-ПРИБОРЫ ДЛЯ  
ИССЛЕДОВАНИЯ  
СОСУДОВ



- В чисто доплеровских режимах (без одновременного получения В-изображения) используются, как правило, датчики со следующими частотами:
- 2 МГц — для исследования сосудов мозга (транскраниального исследования);
- 3 МГц — для исследования плацентарного кровотока;
- 4 или 5 МГц — для исследования относительно крупных и глубоко расположенных сосудов;
- 8 или 10 МГц — для исследования мелких, неглубоко расположенных периферических сосудов.
- В так называемых дуплексных датчиках, используемых для получения одновременно двухмерного В-изображения и доплеровских измерений, частота для доплеровских измерений ниже, чем частота для В-режима. Например, датчик с частотой 3,5 МГц в В-режиме в доплеровском режиме излучает частоту 3 МГц, в датчике с частотой 5 МГц (в В-режиме) в доплеровском режиме применяется частота 4 МГц.

## ТРЕБОВАНИЯ К УЛЬТРАЗВУКОВЫМ АППАРАТАМ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СОСУДОВ

- Стандартные ультразвуковые исследования без использования доплеровских режимов при наличии соответствующих датчиков возможны на любом ультразвуковом аппарате.
- Оценка параметров сосудистой системы проводится **только при наличии доплеровских режимов**

