

Транскраниальные ультразвуковые исследования

Мифтахова Диляра Зуфаровна

ассистент кафедры функциональной диагностики КГМА, филиала ФГБОУ

ДПО РМАНПО Минздрава России,

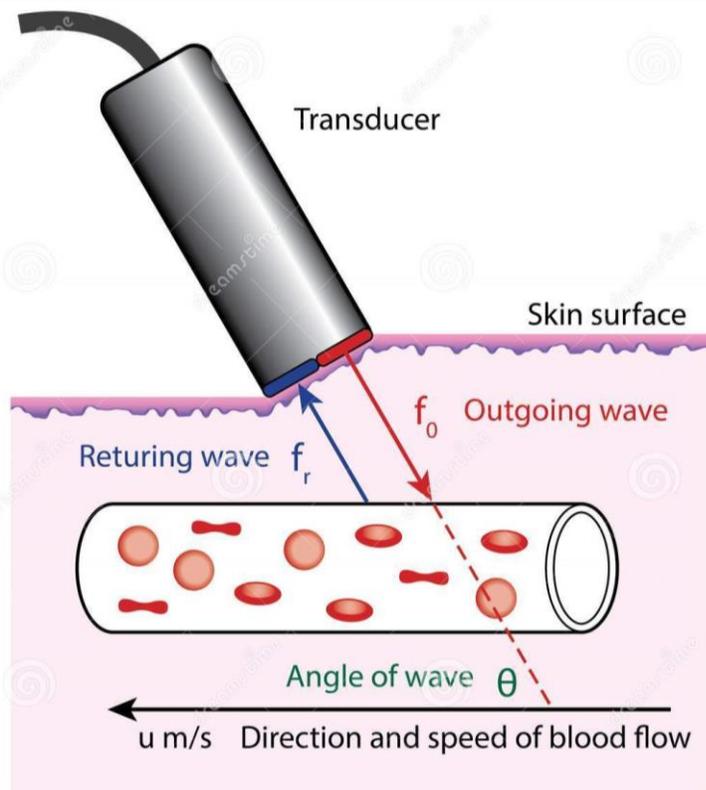
Невролог, функциональный диагност

врач отделения функциональной диагностики 2, МКДЦ

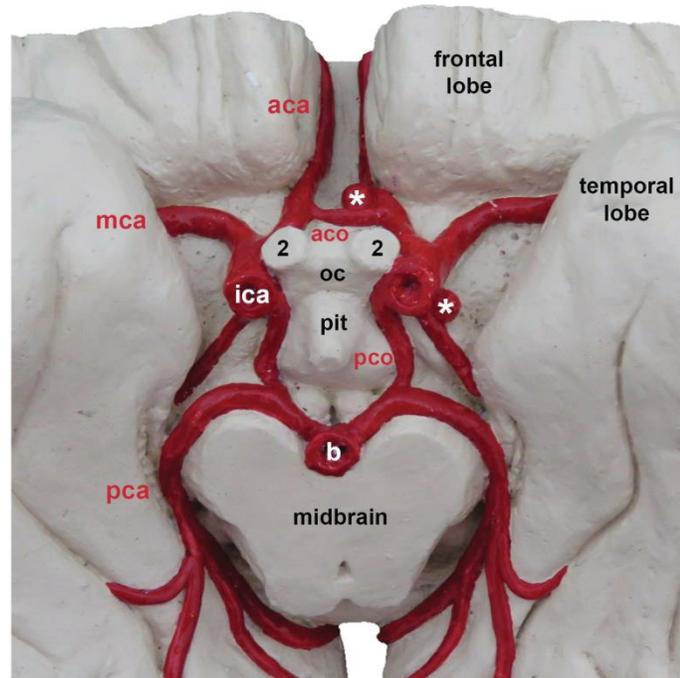
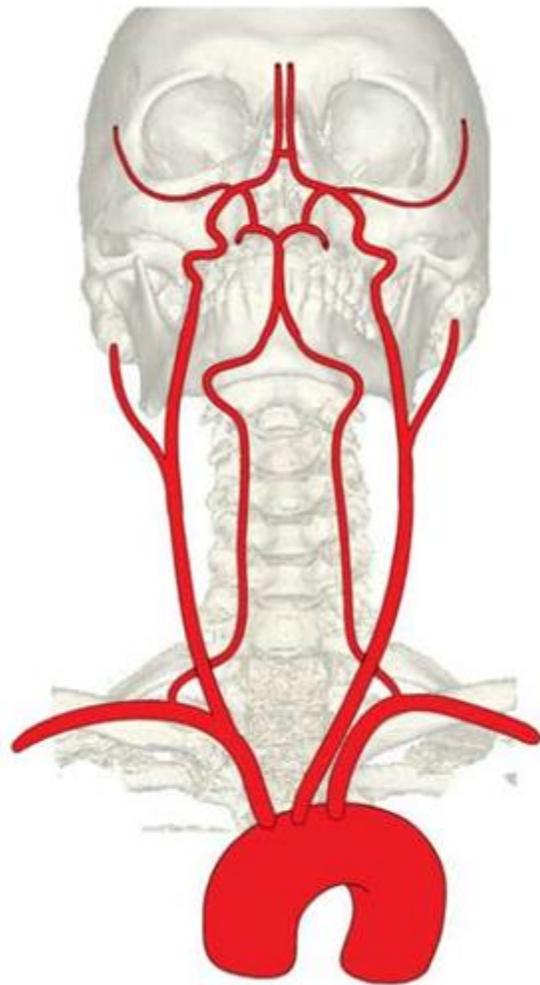


Транскраниальная доплерография

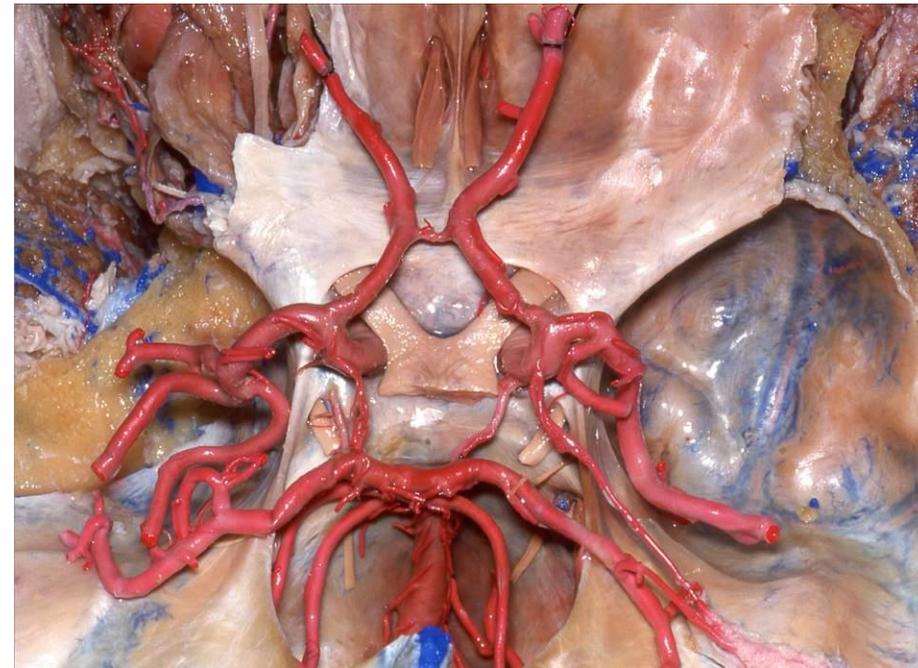
- метод оценки кровотока по сосудам головного мозга;
- В основе метода: «эффект Доплера»
 - изменение частоты волны при отражении от движущегося предмета.



Анатомия брахиоцефальных и интракраниальных артерий. Виллизиев круг.



* common sites of aneurysms



Анастомозы

Анастомоз (с греч)– снабжать отверстием, устьем.

1. Между системами НСА и ВСА:

- назоорбитальный анастомоз;
- Нижнебоковой ствол (между восходящей глоточной артерией и менингеальными ветвями ВСА);
- коллатерали глазной артерии через щечную артерию.

2. Между системами правой и левой ВСА:

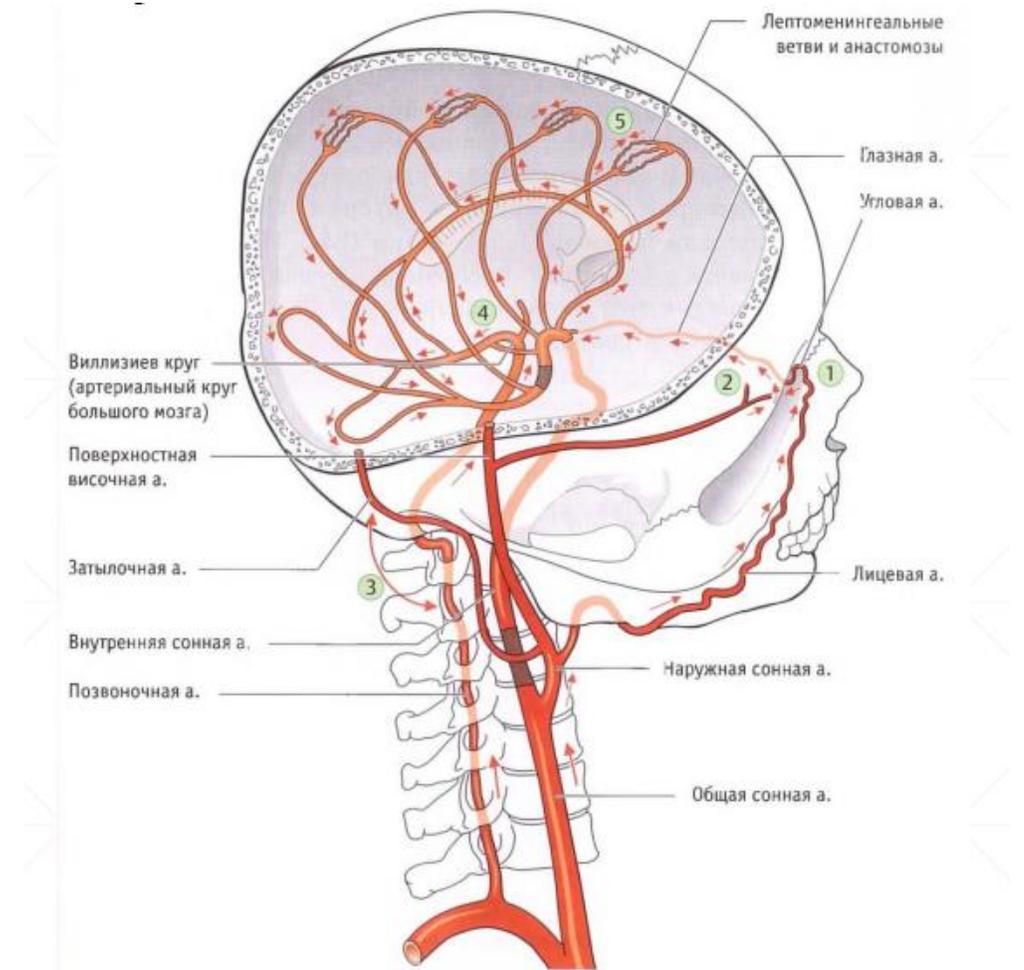
- лептоменингеальные анастомозы
- корковые анастомозы
- передняя соединительная артерия

3. Между системами ВСА и ПА

- задняя соединительная артерия

4. Артериальные анастомозы между системами НСА и ПА

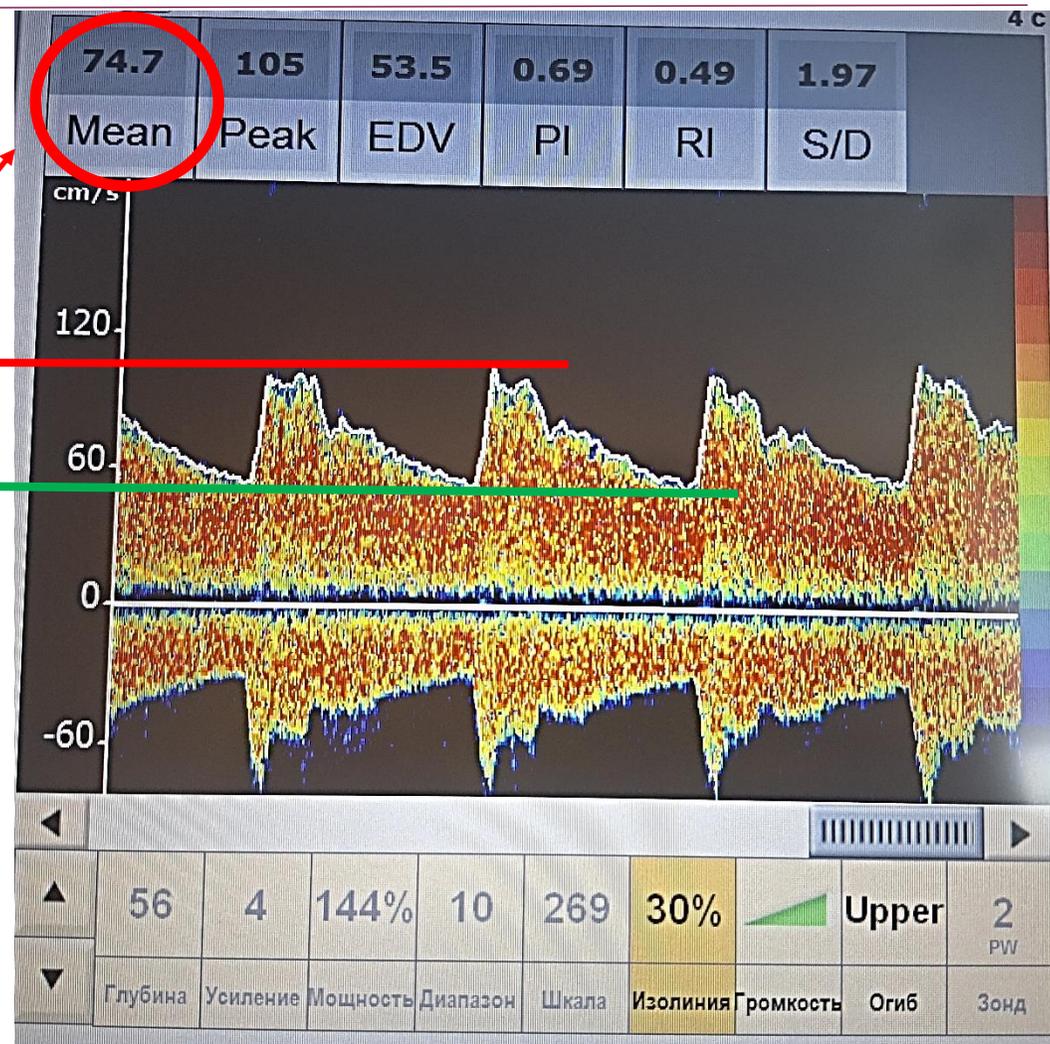
- затылочная артерия+мышечные ветви ПА



Основные параметры доплерограммы

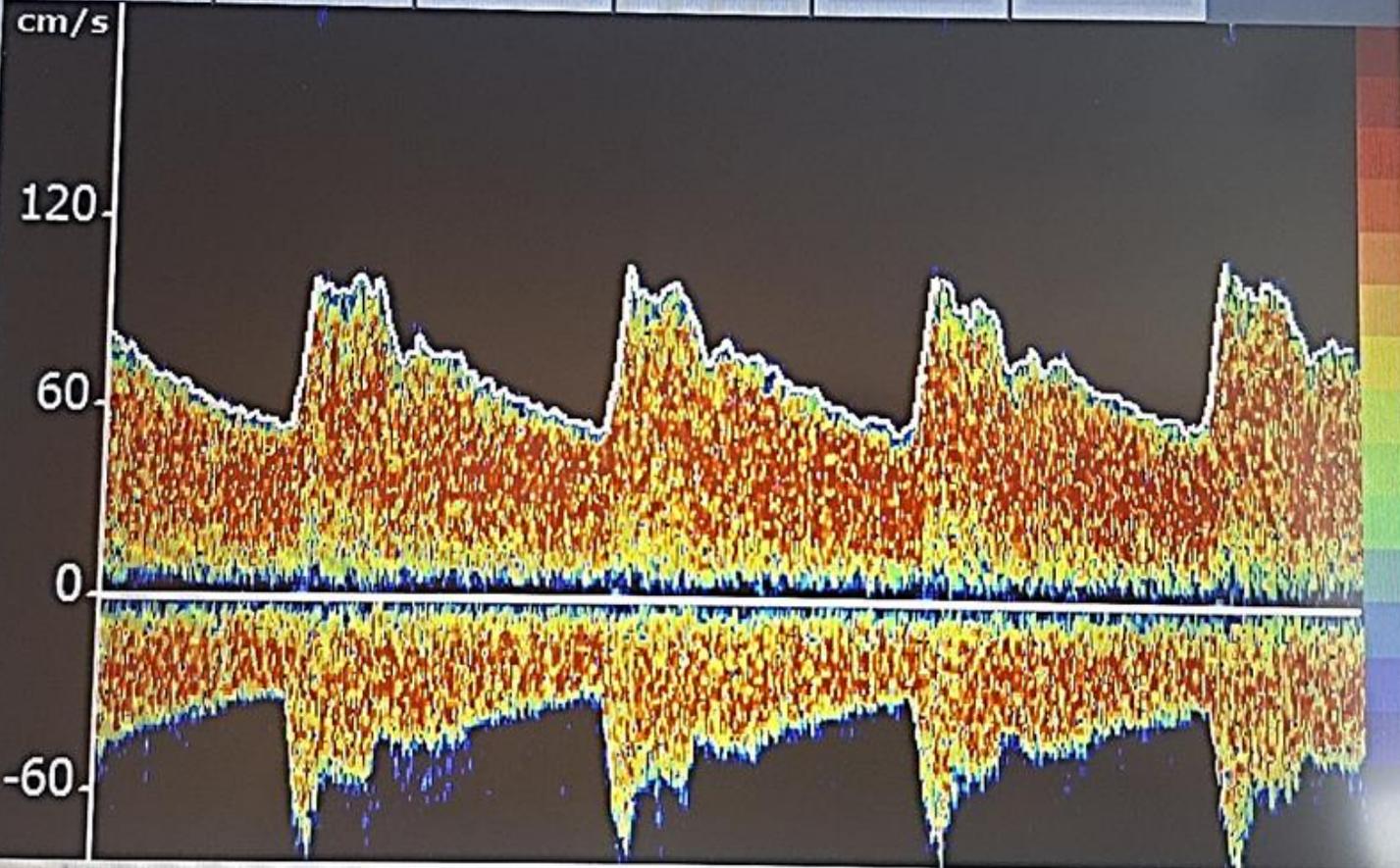
- **Пиковая систолическая скорость (ПСС)** преимущественно отражает состояние проксимальных сегментов сосудистого русла, относительно точки
- **Конечная диастолическая скорость (КДС)** отражает состояние дистальных сегментов и уровень периферического сопротивления
- **ЛСК средняя** отражает оба компонента и в целом свидетельствует о состоянии перфузии.

NB! Линейная скорость кровотока не пропорциональна объемной скорости и не отражает состояние перфузии головного мозга. Кроме того, значения ЛСК зависят от уровня АД и реологических свойств крови.



Почему ТКДС лучше чем ТКДГ?

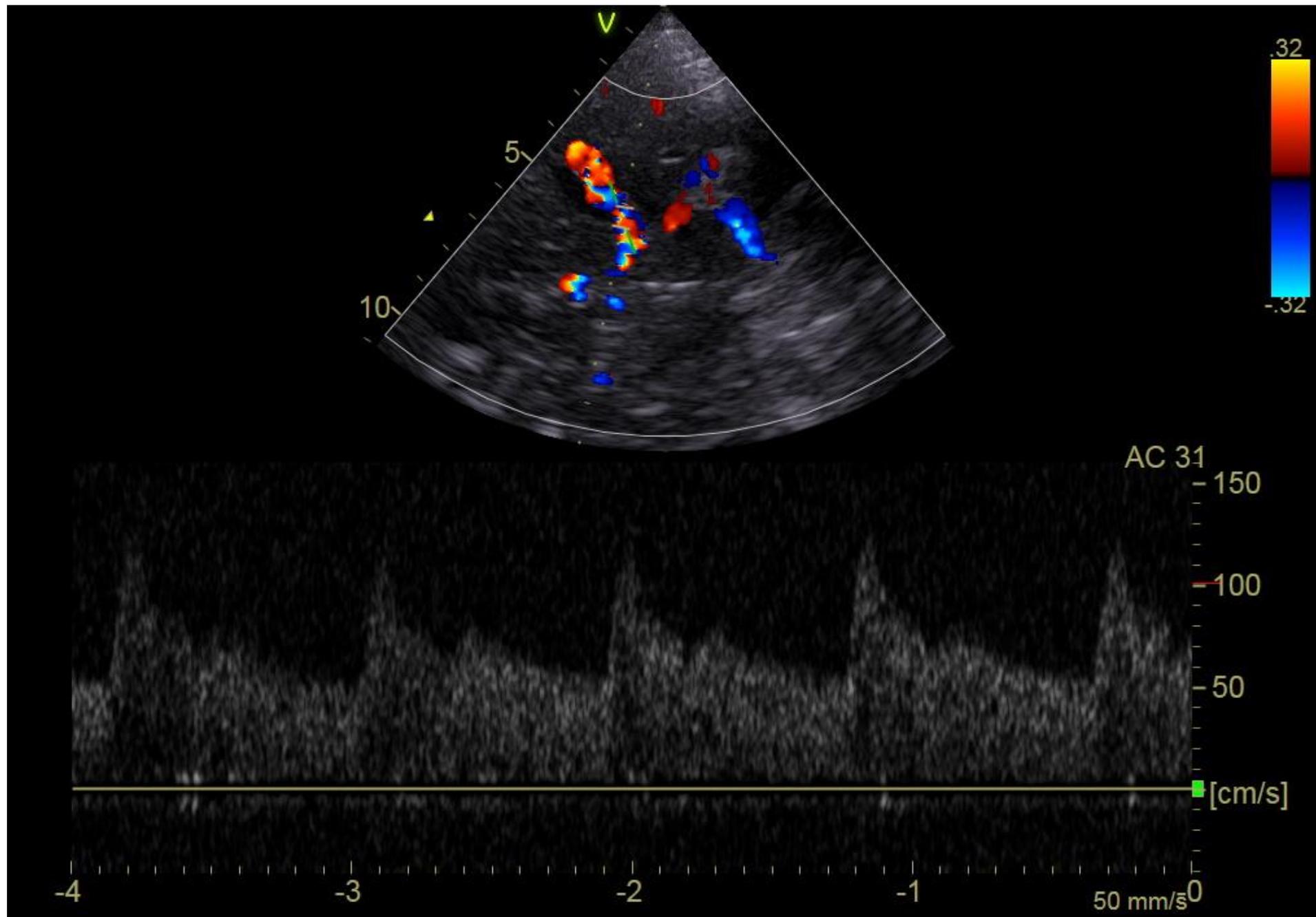
| | | | | | |
|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 74.7 | 105 | 53.5 | 0.69 | 0.49 | 1.97 |
| Mean | Peak | EDV | PI | RI | S/D |



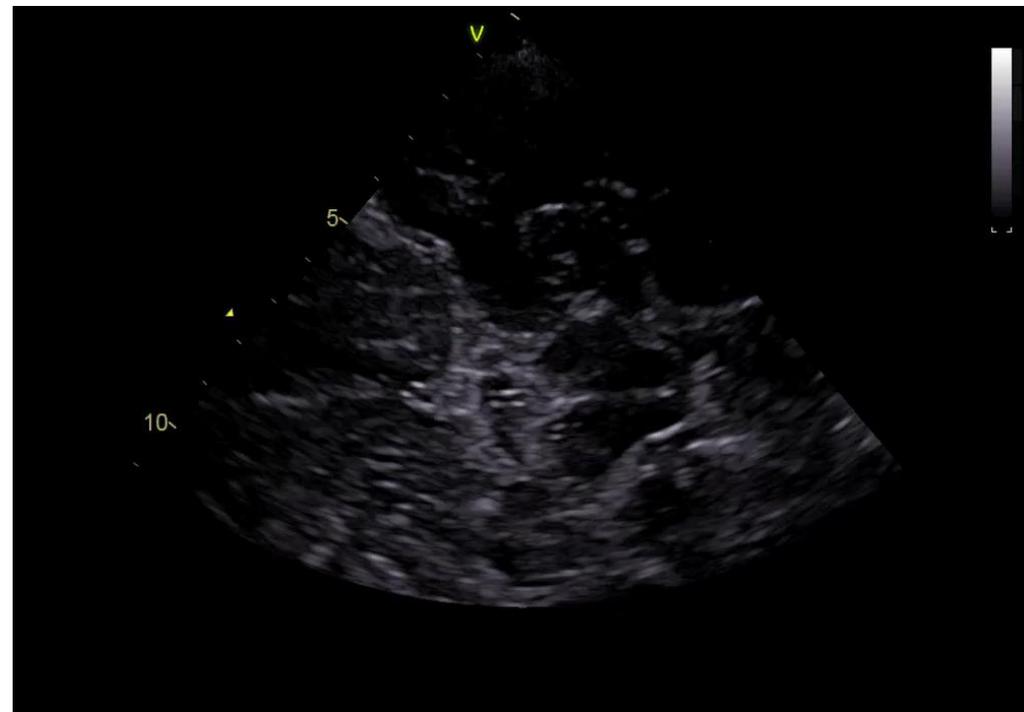
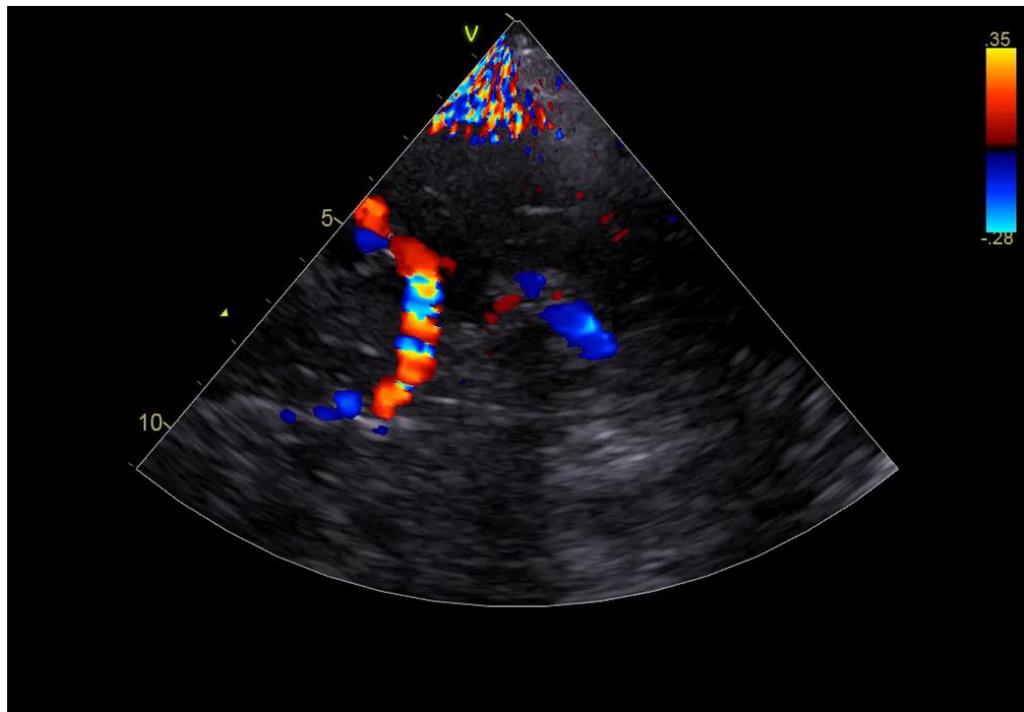
◀ [Progress Bar] ▶

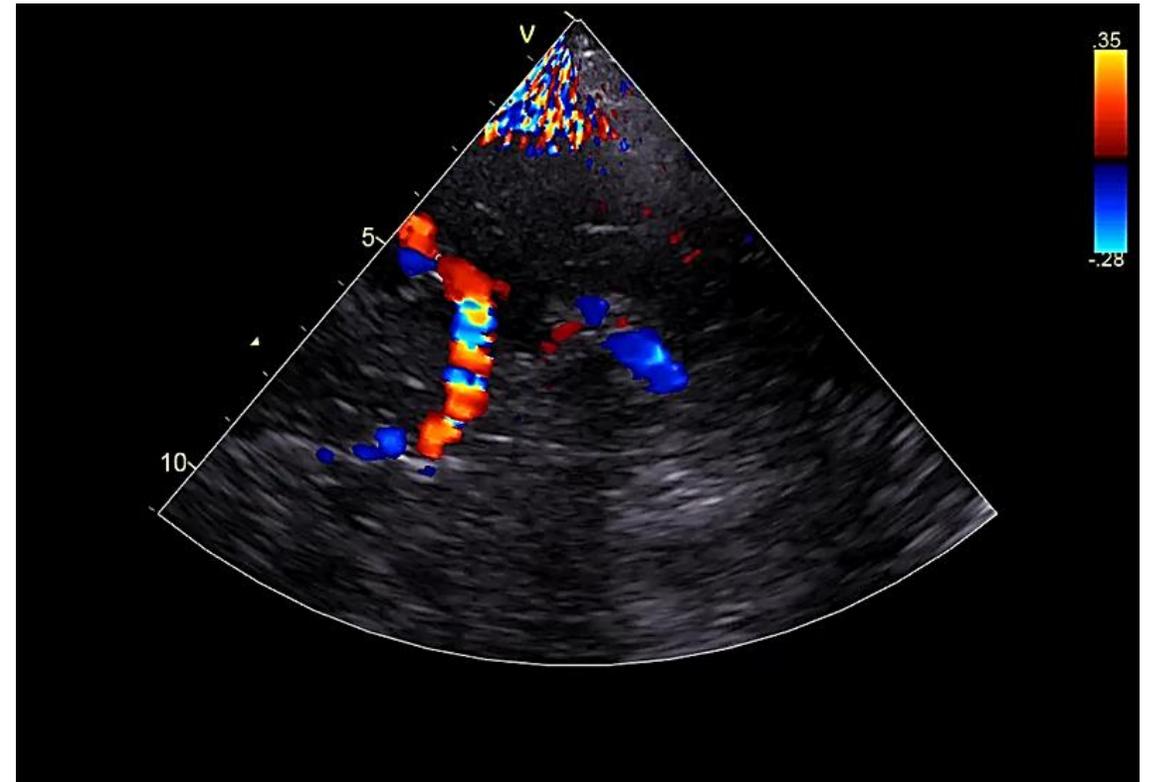
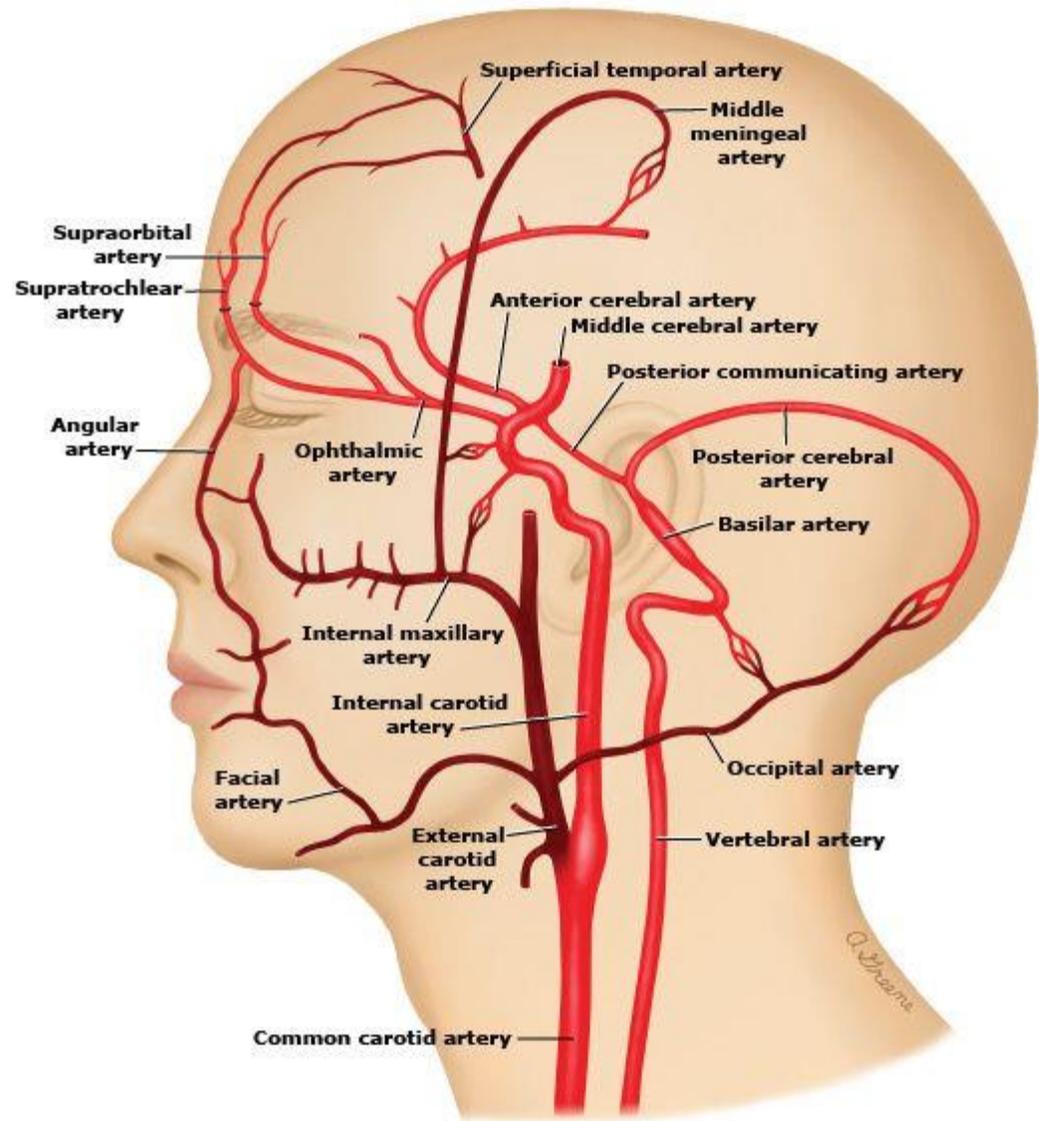
| | | | | | | | | |
|---|----|---|------|----|-----|-----|-------|----|
| ▲ | 56 | 4 | 144% | 10 | 269 | 30% | Upper | 2 |
| | | | | | | | | PW |

| | | | | | | | | | |
|---|---------|----------|----------|----------|-------|----------|-----------|------|------|
| ▼ | Глубина | Усиление | Мощность | Диапазон | Шкала | Изолиния | Громкость | Огиб | Зонд |
|---|---------|----------|----------|----------|-------|----------|-----------|------|------|



ТКДС





Индексы периферического сопротивления.

Отражают сопротивление в дистальных отделах сосудистого русла

*В сосудах с высоким периферическим сопротивлением индексы выше (сосуды конечностей, ОСА, НСА и НБА) чем в сосудах с низким периферическим сопротивлением – артериях мышечного типа (сосуды головного мозга).

Индексы сопротивления применяются для оценки состояния артериол.

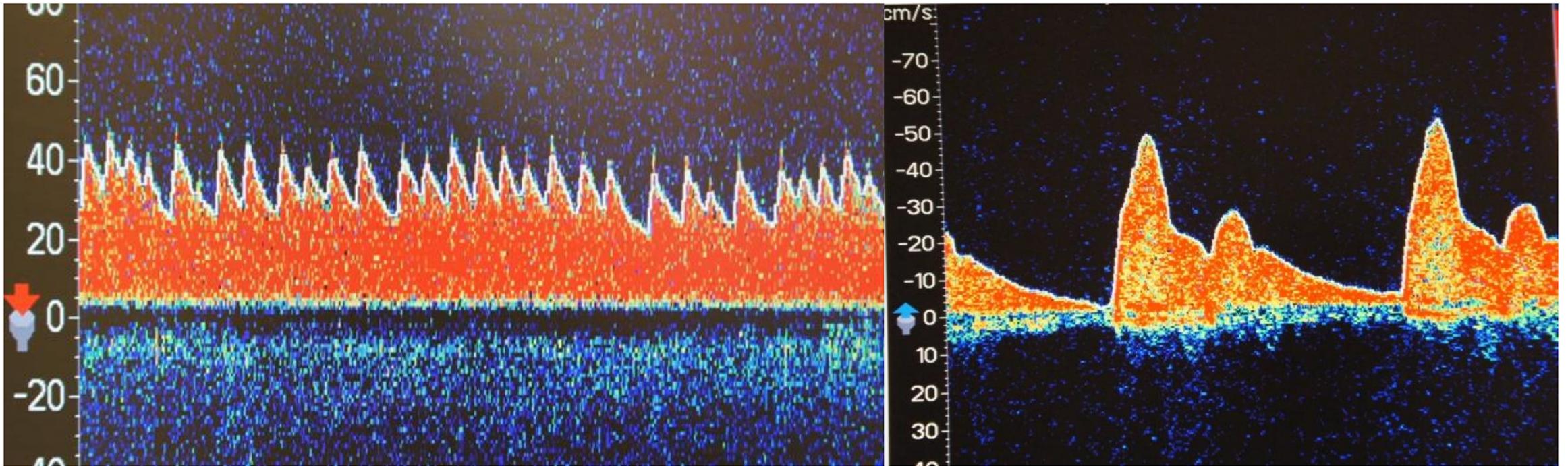
периферическое сопротивление зависит:

- от вязкости крови;
- уровня внутричерепного давления.

Наиболее чувствительным в отношении уровня периферического сопротивления является пульсовой индекс (ПИ) Гослинга

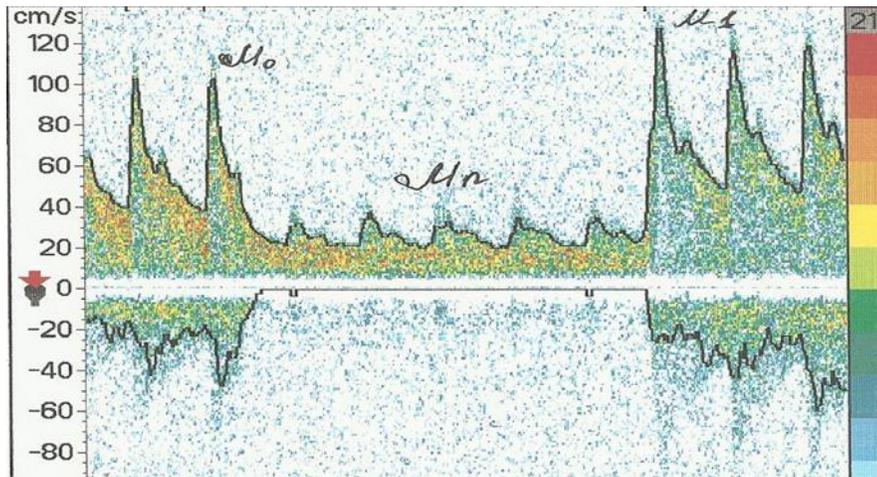
Значения индексов периферического сопротивления достоверно не отражают уровень сопротивления микроциркуляторного русла при:

- недостаточности аортального клапана или брадиаритмии значения ПИ будут намного выше реальных



Оценка регуляции мозгового кровообращения.

Ауторегуляция – это способность мозговых сосудов обеспечивать адекватную перфузию мозга в условиях меняющегося АД. У пациентов с артериальной гипертензией ауторегуляторный диапазон смещен в сторону более высоких значений АД. Данный феномен оценивается с помощью компрессионного теста.



Коэффициент овершута (КО). $КО = M1/M0$ (норма 1,21-1,54)

Уровень КО выше 1,54 - при повышении тонуса резистивных сосудов

Снижение КО до 1,0 является прогностически неблагоприятным признаком

Проба Матаса: перед операциями на брахиоцефальных артериях

- Компрессия ОСА на 2 мин (1 мин)
- Снижение ЛСК по СМА больше чем в 2 раза – неблагоприятный признак.
- Также оценка субъективного состояния пациента (онемение конечностей на контрлатеральной стороне, головокружение,
- потемнение в глазах,...)

Вазомоторная реактивность

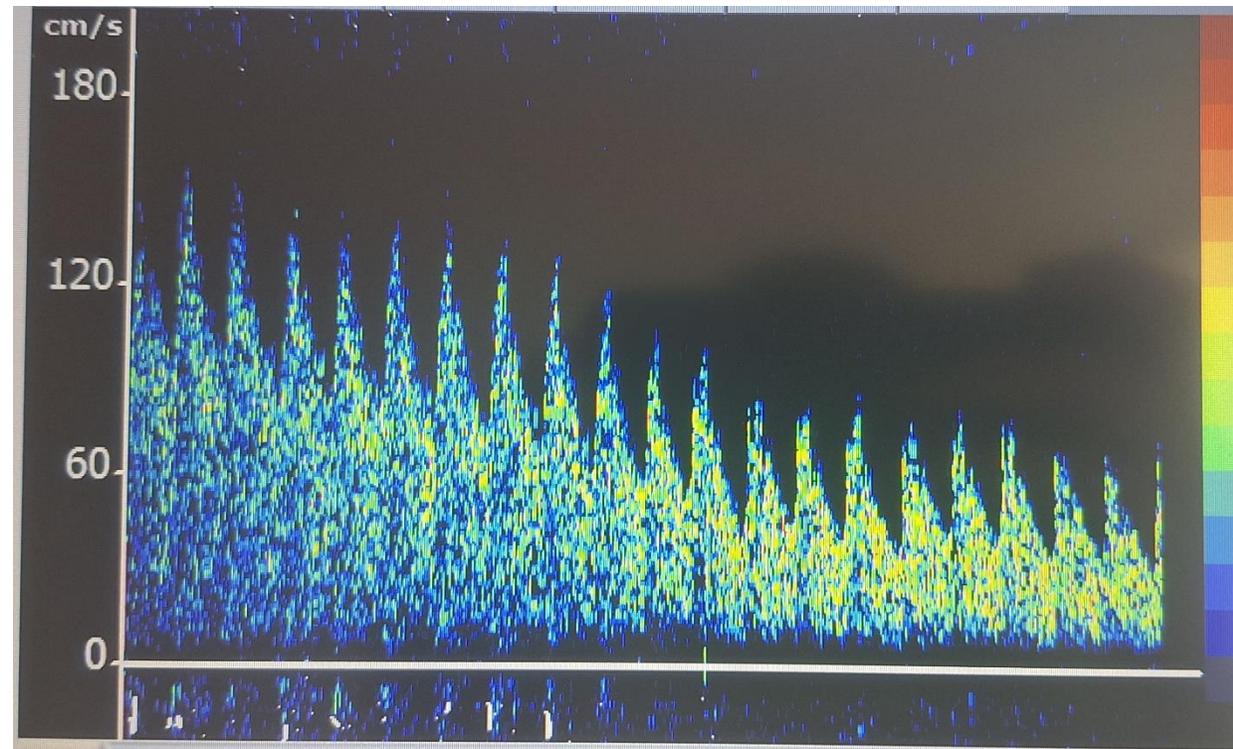
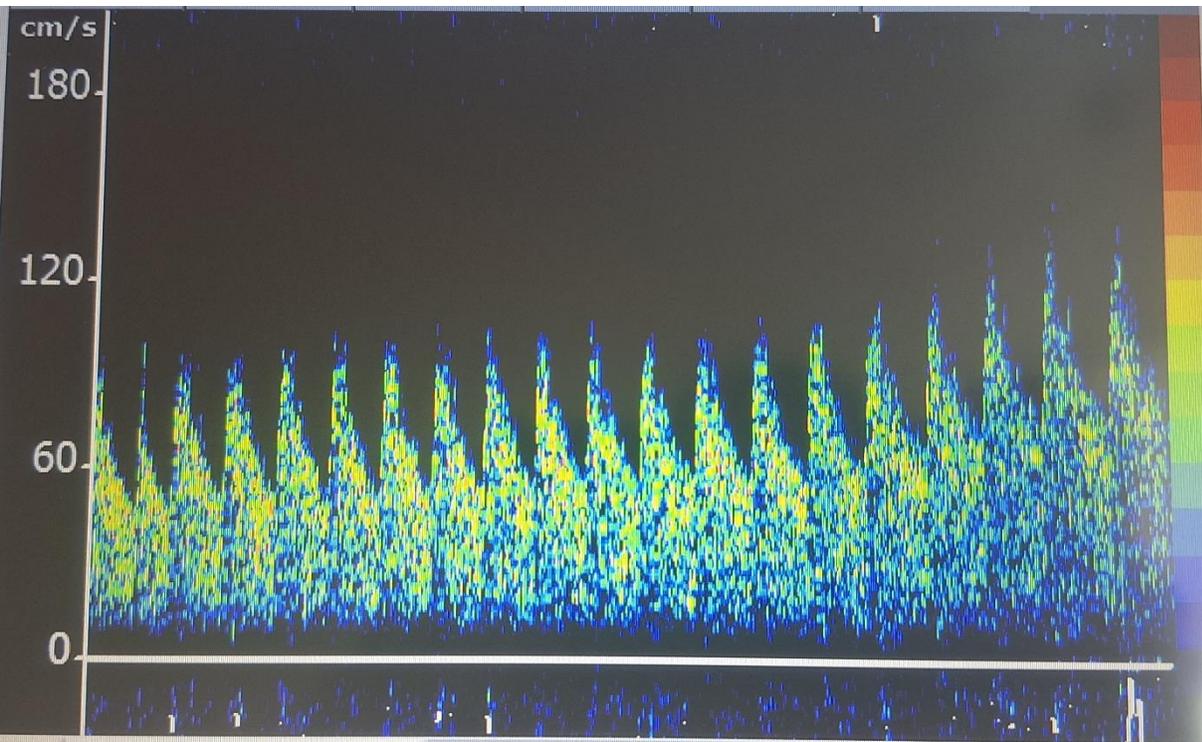
- это способность мозговых сосудов обеспечивать адекватную перфузию мозга в условиях меняющегося газового и метаболического состава крови.

Гиперкапнический тест.

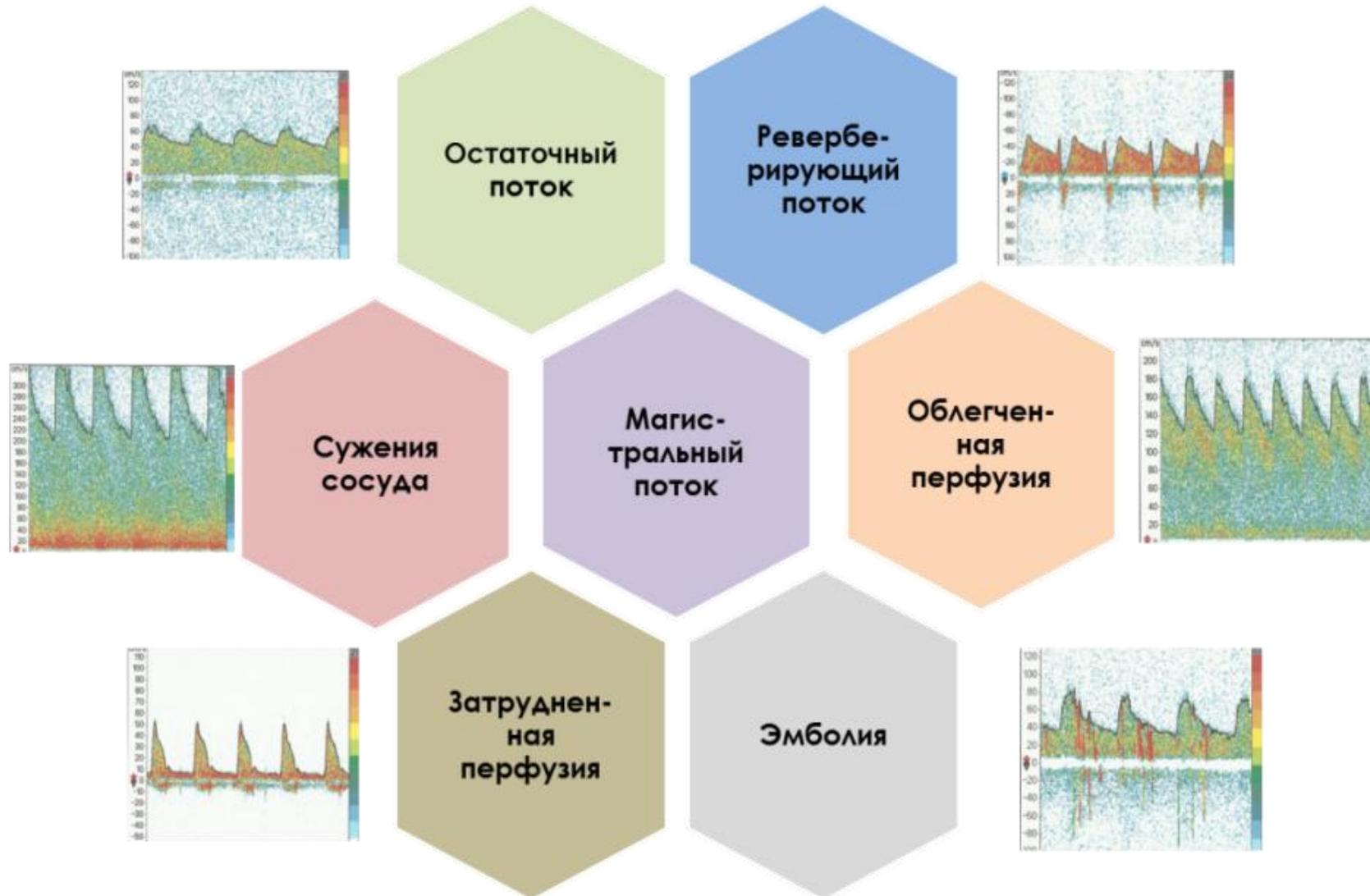
- Служат для оценки резерва вазодилатации резистивных сосудов.
- Гиперкапния достигается путем задержки дыхания в течение 20 секунд.
- Измеряется ЛСК_{ср} покоя (V_0) и ЛСК_{ср} (V_+) - максимальная ЛСК на фоне ги-перкапнии и рассчитывается коэффициент реактивности на гиперкапническую нагрузку (K_{p+}).

Гипокапнический тест.

- Служат для оценки резерва вазоконстрикции резистивных сосудов.
- Гипокапния достигается путем частого дыхания в течение 20 секунд.
- Измеряется ЛСК_{ср} покоя (V_0) и ЛСК_{ср} (V_-) - минимальная ЛСК на фоне гипокапнии. Рассчитывается коэффициент реактивности на гипокапническую нагрузку – K_{p-} .
- По результатам обоих тестов рассчитывается индекс вазомоторной реактивности ИВМР, который позволяет оценить весь диапазон цереброваскулярной реактивности



Допплерографические паттерны кровотока.





ЛСК



Pi





Индекс Линдегарда. ПИК.

Индекс Линдегарда - соотношение пиковой систолической скорости в СМА и в гомолатеральной внутренней сонной артерии по данным транскраниальной доплерографии.

Соответствие средней систолической скорости кровотока по СМА и индекса Линдегаарда характеру сосудистого спазма по данным транскраниальной доплерографии [4]

| Средняя скорость по СМА, см/с | Соотношение скоростей СМА/ВСА шея (показатель Линдегаарда) | Значение |
|-------------------------------|--|-----------------|
| < 120 | < 3 | Норма |
| 120—200 | 3—6 | Умеренный спазм |
| > 200 | > 6 | Тяжелый спазм |

| Пороговое значение пиковой систолической скорости кровотока. | см/с |
|--|--------|
| По средней мозговой артерии (СМА) | 120 |
| По передней мозговой артерии (ПМА) | 130 |
| По задней мозговой артерии (ЗМА) | 110 |
| По основной артерии | 75-110 |

Ассоциация нейрохирургов России

КЛИНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ЛЕЧЕНИЕ БОЛЬНЫХ С СУБАРАХНОИДАЛЬНЫМ
КРОВОИЗЛИЯНИЕМ ВСЛЕДСТВИЕ РАЗРЫВА АНЕВРИЗМ
СОСУДОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА.

Клинические рекомендации обсуждены и утверждены на
VI Съезде нейрохирургов России
20.06.2012 г – г. Новосибирск,
На основании Устава АНР, утвержденного 17.06.1995 г.,
Свидетельство о регистрации N 0012010657 от 09.03.2011

Москва 2012

Допплерографические признаки вазоспазма

Паттерн сужения сосуда:

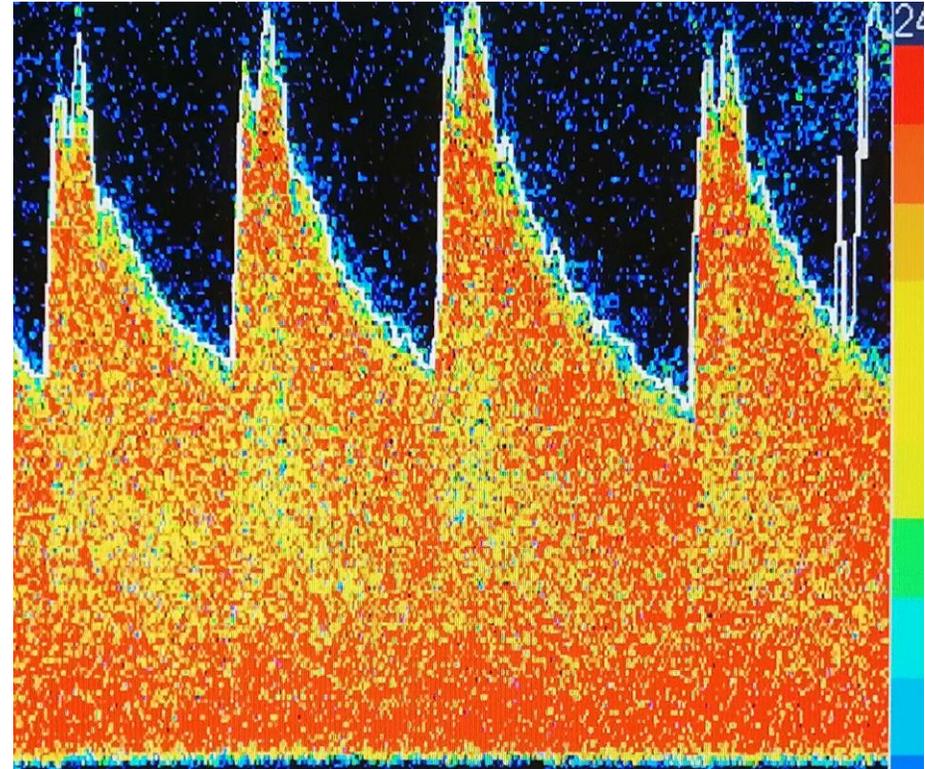
- ↑ЛСК
- ↓ ПИ (компенсаторное снижение тонуса артериол)

↑ Индекс Линдегаарда (Lindegaard) –
полушарный индекс кровотока (ПИК)

- диф.диагностика с паттерном облегченной перфузии (вазопарез) - увеличивается при спазме СМА
- объективная оценка степень спазма при колебаниях
 - ВЧД
 - АД
 - Нв, Нт и др реологических параметров крови

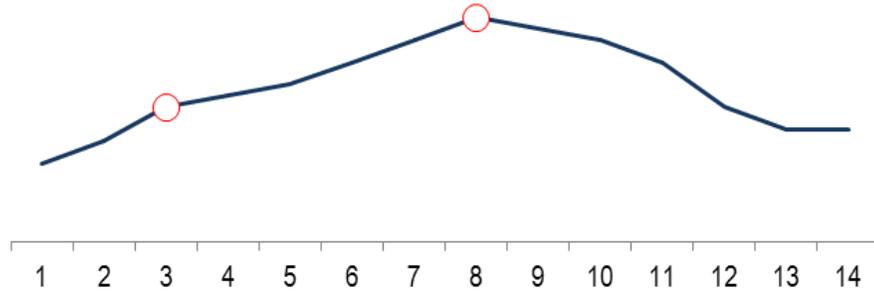
$$\text{ПИК} = \frac{\text{ЛСК}_{\text{ср СМА}}}{\text{ЛСК}_{\text{ср ВСА}}}$$

Норма 1,3-2,1

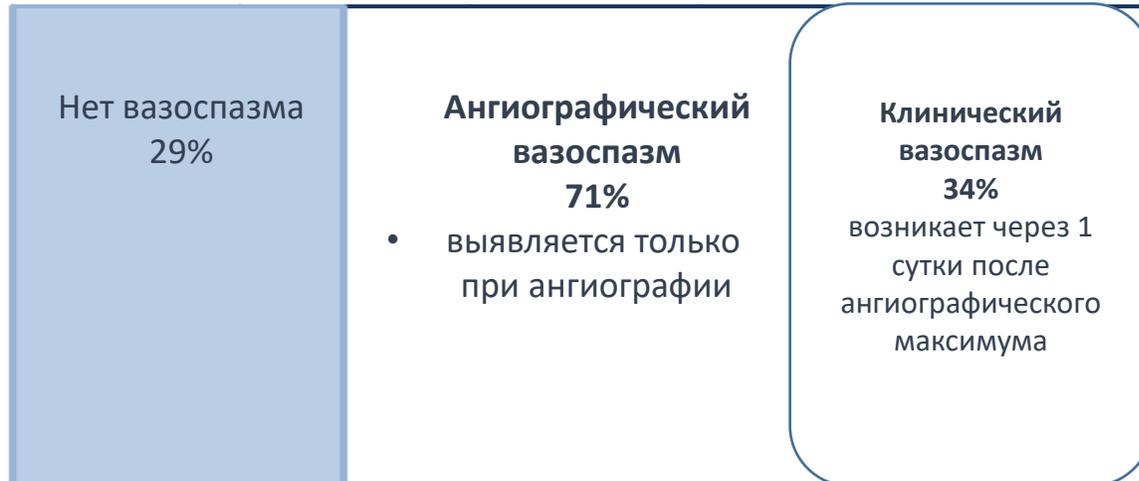


ЛСК_{ср} 199 см/с (норма до 70 см/м); ПИ 0,65 (норма 0,7-0,9)

Динамика вазоспазма



- возникновение 3 - 4 сут.
- максимум 7 - 9 сут.
- разрешается 12-14 сут.



Факторы, определяющие возникновение клинических проявлений

- локализация, выраженность, протяженность
- состояние коллатерального кровообращения
- уровень церебрального перфузионного давления
- реологические факторы

Гемодинамические показатели кровотока по магистральным артериям головы

| Названия артерий | | Глубина, мм | Линейная скорость кровотока ЛСК _{ср} , см/сек | | | | | Пульсовой индекс Pi | | |
|-------------------------|----|-------------|--|-----------|-------|------------|-------|---------------------|-------------|---------|
| | | | D | S | норма | асимметрия | | D | S | норма |
| | | | | | | | норма | | | |
| Внутренняя сонная | C1 | | 31 | 29 | 40±10 | 6 | <30% | 0,92 | 0,85 | 0,8±0,1 |
| Средняя мозговая (СМА) | M2 | 46-50 | 160 | 83 | 60±10 | 48 | <15% | 0,73 | 1,07 | |
| | M1 | 56-60 | 158 | 82 | | 48 | | 0,71 | 1,03 | |
| Передняя мозговая (ПМА) | A1 | 70 | 76 | 53 | 50±10 | 30 | <30% | 1,1 | 0,87 | |
| Задняя мозговая (ЗМА) | P2 | 60-64 | 29 | 36 | 40±10 | 19 | | 1 | 1,25 | 0,7±0,1 |

Показатели реактивности церебральных сосудов

| | ПИК |
|-------|-------------|
| D | 5,1 |
| S | 2,83 |
| норма | 1,3-2,1 |

Гемодинамические показатели кровотока по магистральным артериям головы

| Названия артерий | Глубина, мм | Линейная скорость кровотока ЛСК _{ср} , см/сек | | | | | Пульсовой индекс Pi | | | |
|-------------------------|-------------|--|------------|------------|------------|-----------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | D | S | норма | асимметрия | | D | S | норма | |
| | | | | | | норма | | | | |
| Внутренняя сонная | C1 | 34 | 32 | 40±10 | 6 | <30% | 0,9 | 0,86 | 0,8±0,1 | |
| Средняя мозговая (СМА) | M2 | 46-50 | 205 | 112 | 60±10 | 45 | <15% | 0,44 | | 1,13 |
| | M1 | 56-60 | 171 | 108 | | 37 | | 0,74 | | 0,96 |
| Передняя мозговая (ПМА) | A1 | 70 | 120 | 118 | 50±10 | 2 | <30% | 1 | | 1,01 |
| Задняя мозговая (ЗМА) | P2 | 60-64 | 62 | 31 | 40±10 | 50 | | 0,81 | 0,97 | 0,7±0,1 |

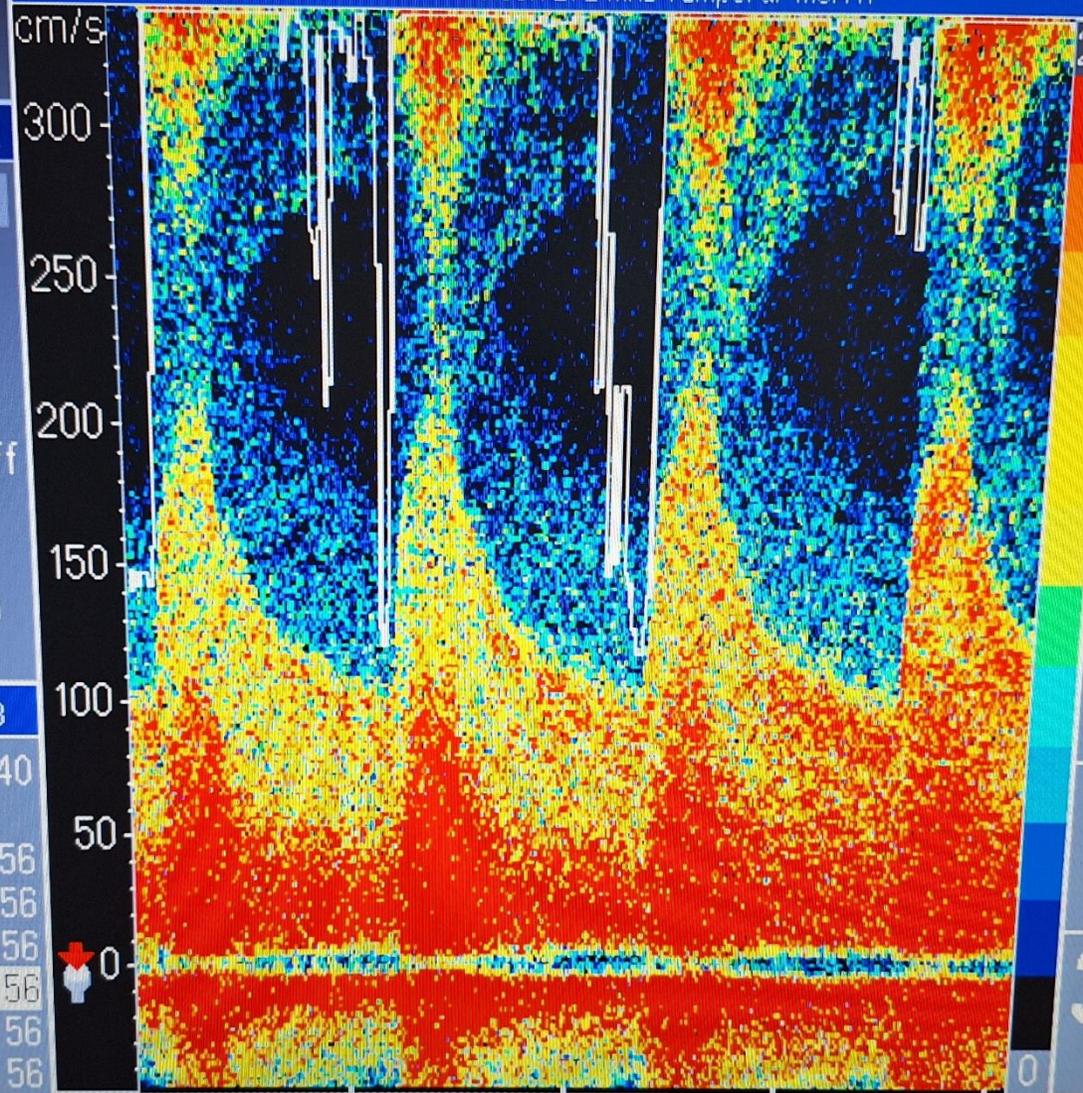
Гемодинамические показатели кровотока по венам головного мозга

| Наименование вен | Систолическая скорость кровотока, см/сек | | Норма, см/сек |
|------------------|--|---|---------------|
| | D | S | |
| Розенталя | 14 | | <16 |

Показатели реактивности церебральных сосудов

| | ПИК |
|-------|-------------|
| D | 5,03 |
| S | 3,38 |
| норма | 1,3-2,1 |

Мон 2: 2 MHz Temporal MCA R



24
56
DEPTH
100
POWER
15
SAMPLE
312
MEAN
0.23
PI
336
SYS

ff
0
B
40
56
56
56
56
56
56
56
60

Инфо Пациента | Печать Отчета | Граф.Отчет | Огид. Верхняя | Установить Кур.

Гемодинамические показатели кровотока по магистральным артериям головы

| Названия артерий | | Глубина, мм | Линейная скорость кровотока ЛСК _{ср} , см/сек | | | | | Пульсовой индекс Pi | | |
|-------------------------|----|-------------|--|------------|-------|------------|-------|---------------------|------|---------|
| | | | D | S | норма | асимметрия | | D | S | норма |
| | | | | | | | норма | | | |
| Внутренняя сонная | C1 | | 38 | 32 | 40±10 | 16 | <30% | 0,83 | 0,69 | 0,8±0,1 |
| Средняя мозговая (СМА) | M2 | 46-50 | 214 | 108 | 60±10 | 50 | <15% | 0,53 | 0,72 | |
| | M1 | 56-60 | 224 | 101 | | 55 | | 0,51 | 0,85 | |
| Передняя мозговая (ПМА) | A1 | 70 | 145 | 112 | 50±10 | 23 | <30% | 0,68 | 0,66 | |
| Задняя мозговая (ЗМА) | P2 | 60-64 | 45 | 48 | 40±10 | 6 | | 0,63 | 0,66 | 0,7±0,1 |

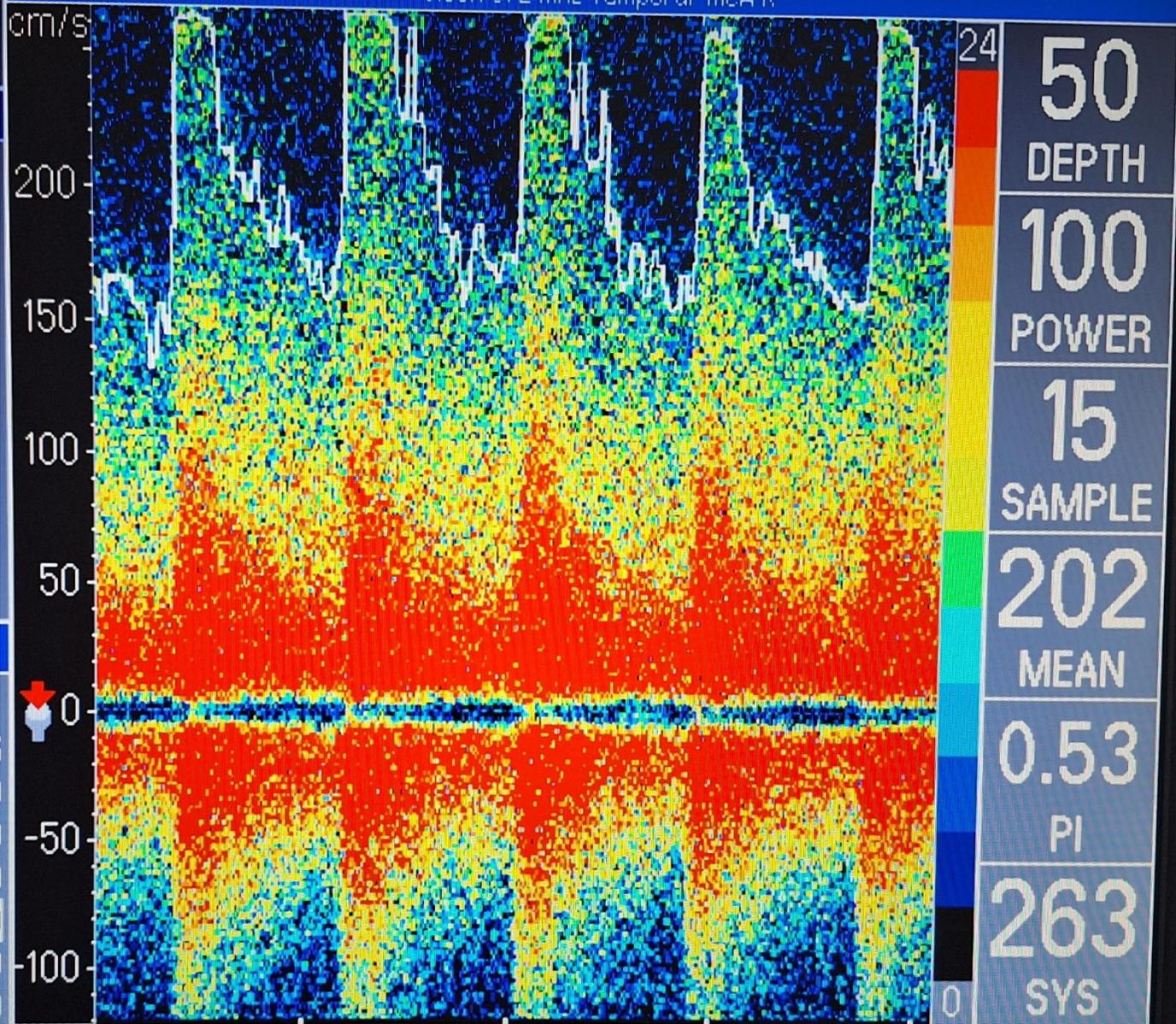
Гемодинамические показатели кровотока по венам головного мозга

| Наименование вен | Систолическая скорость кровотока, см/сек | | Норма, см/сек |
|------------------|--|----|---------------|
| | D | S | |
| Розенталя | 15 | 12 | <16 |

Показатели реактивности церебральных сосудов

| | ПИК |
|-------|-------------|
| D | 5,89 |
| S | 3,16 |
| норма | 1,3-2,1 |

Meon 3: 2 MHz Temporal MCA R



Гемодинамические показатели кровотока по магистральным артериям головы

| Названия артерий | Глубина, мм | Линейная скорость кровотока ЛСКср, см/сек | | | | | | Пульсовой индекс Pi | | |
|-------------------------|-------------|---|------------|------------|------------|-----------|-------------|---------------------|---------|-------------|
| | | D | S | норма | асимметрия | | D | S | норма | |
| | | | | | | норма | | | | |
| Внутренняя сонная | C1 | 37 | 35 | 40±10 | 5 | <30% | 1,05 | 1,19 | 0,8±0,1 | |
| Средняя мозговая (СМА) | M2 | 46-50 | 230 | 98 | 60±10 | 57 | <15% | 0,43 | | 0,87 |
| | M1 | 56-60 | 219 | 99 | | 55 | | 0,51 | | 0,95 |
| Передняя мозговая (ПМА) | A1 | 70 | 120 | 100 | 50±10 | 17 | <30% | 0,77 | | 0,51 |
| Задняя мозговая (ЗМА) | P2 | 60-64 | 39 | 40 | 40±10 | 2 | | 0,98 | 0,77 | 0,7±0,1 |

Показатели реактивности церебральных сосудов

| | ПИК |
|-------|-------------|
| D | 5,92 |
| S | 2,83 |
| норма | 1,3-2,1 |

Гемодинамические показатели кровотока по магистральным артериям головы

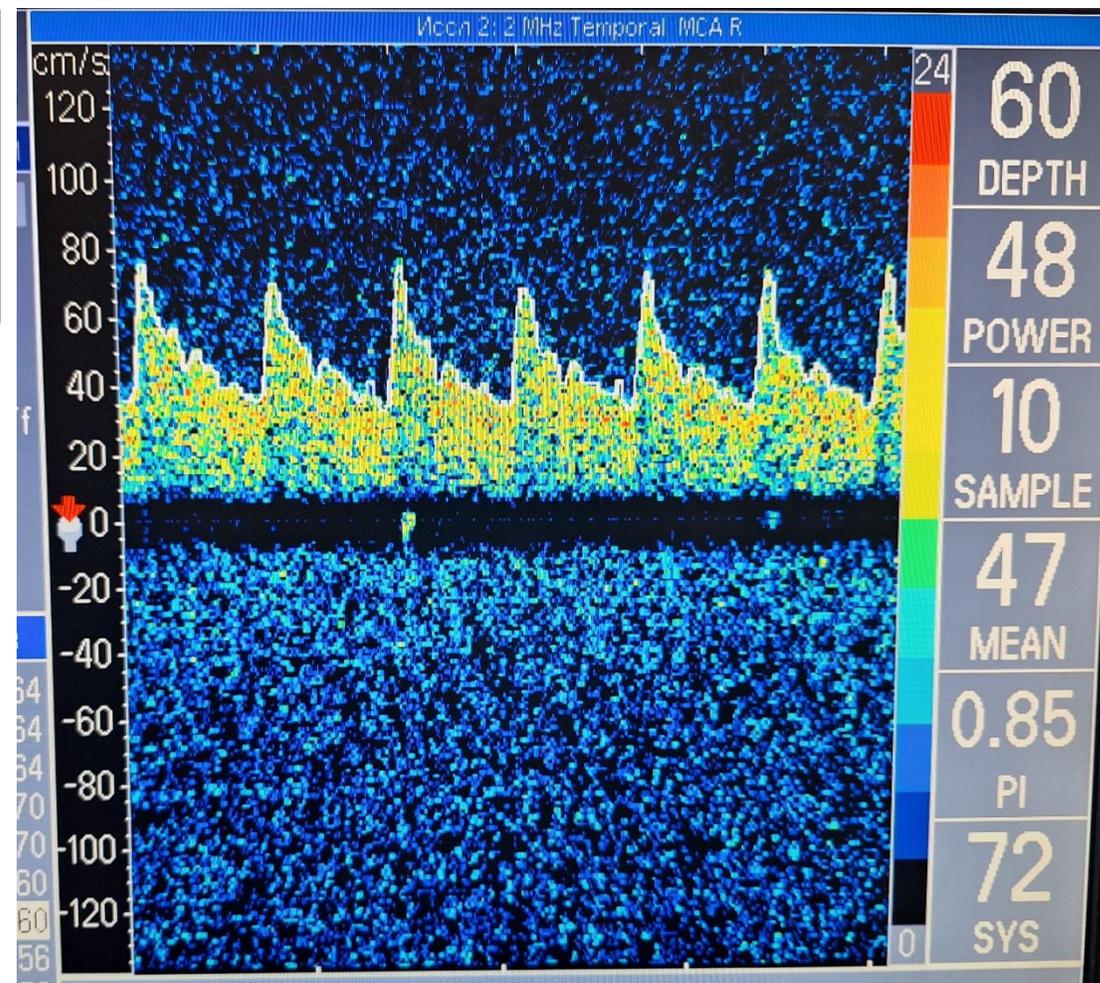
| Названия артерий | Глубина, мм | Линейная скорость кровотока ЛСКср, см/сек | | | | | Пульсовой индекс Pi | | |
|-------------------------|-------------|---|----|-------|------------|-------|---------------------|-------------|---------|
| | | D | S | норма | асимметрия | | D | S | норма |
| | | | | | | норма | | | |
| Внутренняя сонная | C1 | 28 | 31 | 40±10 | 10 | <30% | 1,14 | 1,18 | 0,8±0,1 |
| Средняя мозговая (СМА) | M2 | 46-50 | 53 | 60±10 | 4 | <15% | 0,9 | 0,77 | |
| | M1 | 56-60 | 53 | | | | 0 | 0,82 | |
| Передняя мозговая (ПМА) | A1 | 70 | 47 | 50±10 | 6 | <30% | 0,7 | 0,71 | |
| Задняя мозговая (ЗМА) | P2 | 60-64 | 34 | 31 | 40±10 | 9 | 0,88 | 0,83 | 0,7±0,1 |

Гемодинамические показатели кровотока по венам головного мозга

| Наименование вен | Систолическая скорость кровотока, см/сек | | Норма, см/сек |
|------------------|--|----|---------------|
| | D | S | |
| Розенталя | 10 | 10 | <16 |

Показатели реактивности церебральных сосудов

| | ПИК |
|-------|---------|
| D | 1,89 |
| S | 1,71 |
| норма | 1,3-2,1 |

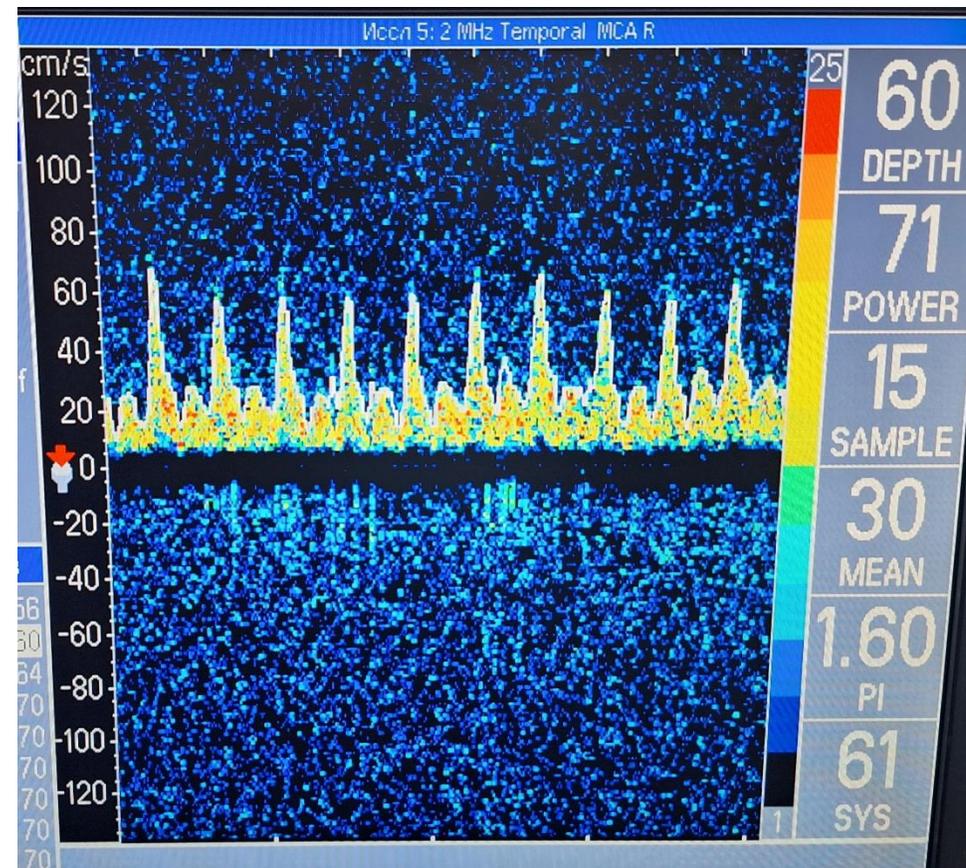


Гемодинамические показатели кровотока по магистральным артериям головы

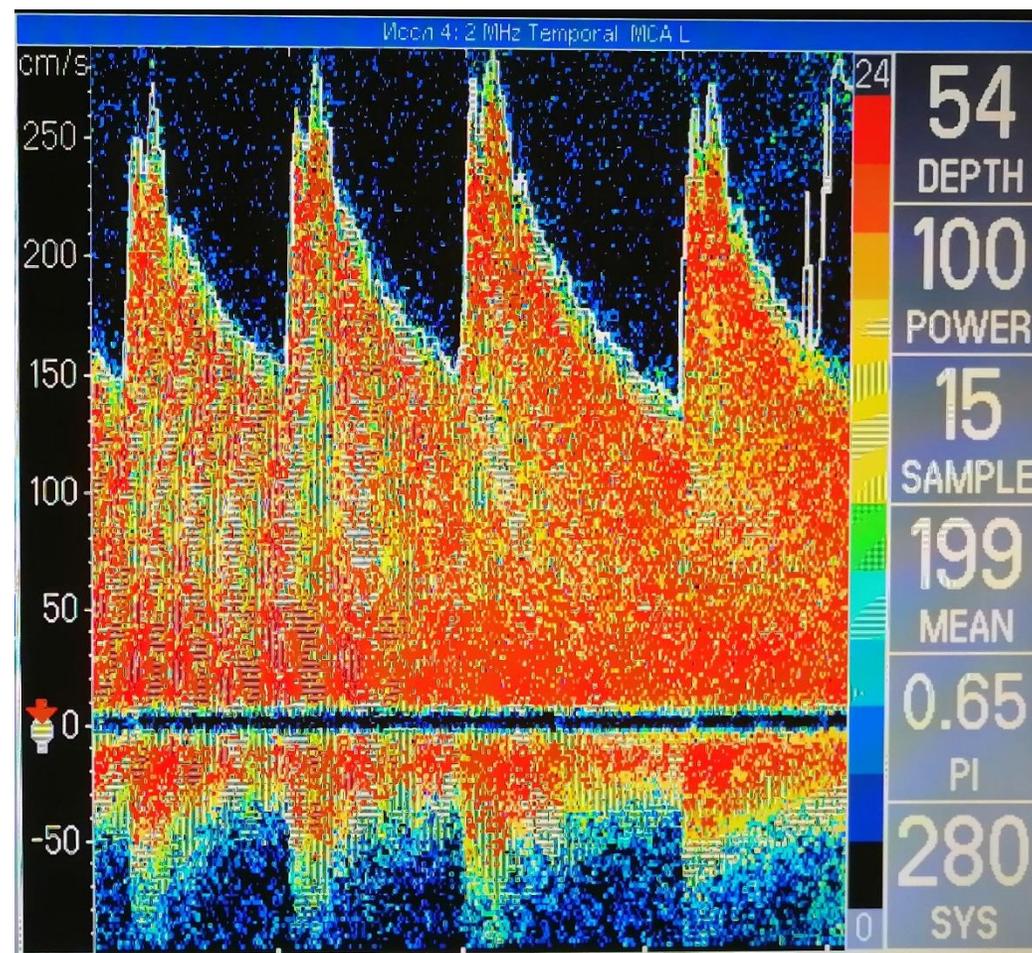
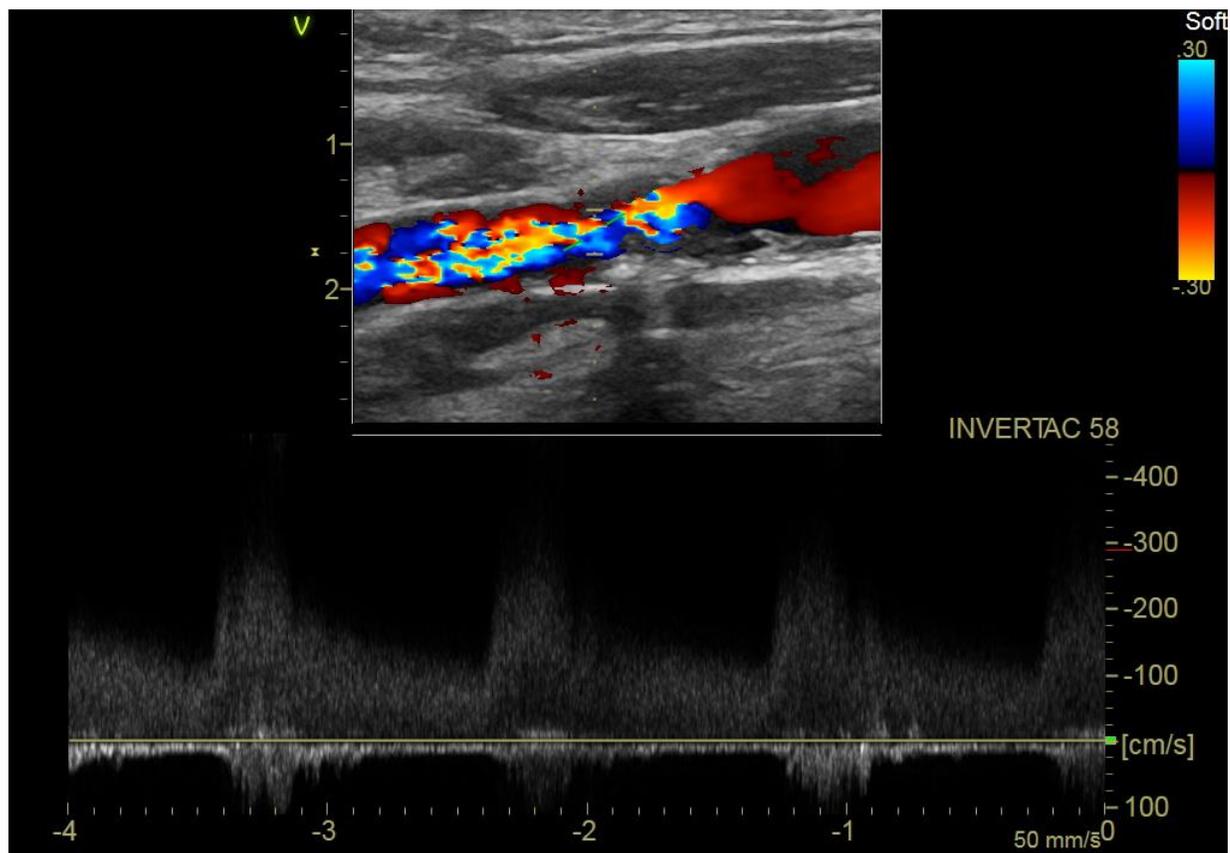
| Названия артерий | Глубина, мм | Линейная скорость кровотока ЛСКср, см/сек | | | | | | Пульсовой индекс Pi | | |
|-------------------------|-------------|---|----|-------|------------|-------|------|---------------------|-------------|---------|
| | | D | S | норма | асимметрия | | D | S | норма | |
| | | | | | | норма | | | | |
| Внутренняя сонная | C1 | | 27 | 31 | 40±10 | 13 | <30% | 1,4 | 1,05 | 0,8±0,1 |
| Средняя мозговая (СМА) | M2 | 46-50 | 54 | 54 | 60±10 | 0 | <15% | 1,2 | 1,13 | |
| | M1 | 56-60 | 55 | 53 | | | | 4 | 1,17 | |
| Передняя мозговая (ПМА) | A1 | 70 | 40 | 40 | 50±10 | 0 | <30% | 1,05 | 1,19 | |
| Задняя мозговая (ЗМА) | P2 | 60-64 | 28 | 24 | 40±10 | 14 | | 1,08 | 1,08 | 0,7±0,1 |

Показатели реактивности церебральных сосудов

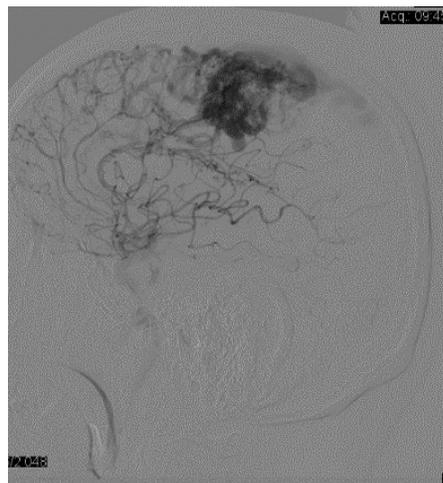
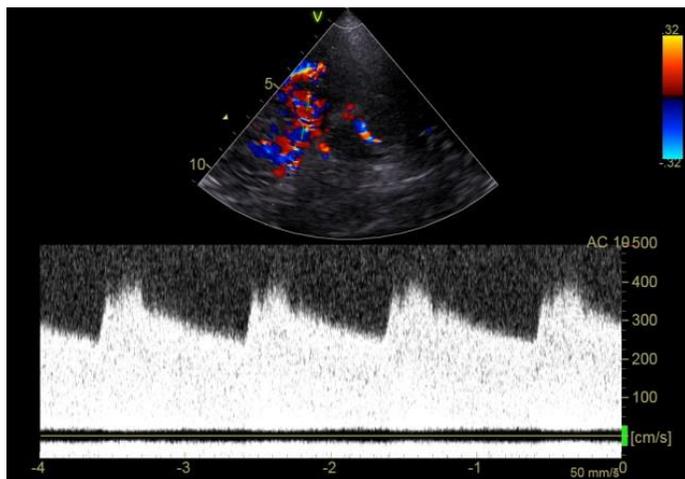
| | ПИК |
|-------|---------|
| D | 2,04 |
| S | 1,71 |
| норма | 1,3-2,1 |



Паттерн сужения сосуда



Паттерн облегченной перфузии



Гемодинамические показатели кровотока по магистральным артериям головы

| Названия артерий | Глубина, мм | Линейная скорость кровотока ЛСКср, см/сек | | | | | Пульсовой индекс Pi | | | |
|-------------------------|-------------|---|-----------|-----------|------------|-----------|---------------------|-------------|-------------|---------|
| | | D | S | норма | асимметрия | | D | S | норма | |
| | | | | | | норма | | | | |
| Внутренняя сонная | C1 | 56 | 54 | 40±10 | 4 | <30% | 0,7 | 0,59 | 0,8±0,1 | |
| Надблоковая | | 50 | 34 | | 32 | | 1,2 | 1,27 | | |
| Средняя мозговая (СМА) | M2 | 46-50 | 79 | 95 | 60±10 | 17 | <15% | 0,62 | 0,55 | 0,8±0,1 |
| | M1 | 56-60 | 73 | 98 | | 26 | | 0,62 | 0,56 | |
| Передняя мозговая (ПМА) | A1 | 70 | 82 | 66 | 50±10 | 20 | <30% | 0,53 | 0,55 | |
| Задняя мозговая (ЗМА) | P2 | 60-64 | 52 | 45 | 40±10 | 13 | | 0,62 | 0,7 | 0,7±0,1 |
| Позвоночная (ПА) | V3 | 50-60 | 41 | 42 | | 2 | <50% | 0,83 | 0,85 | |
| | V4 | 60-70 | 47 | 45 | | 4 | | 0,65 | 0,57 | |
| Основная (ОА) | | 70-80 | 33 | | 45±10 | 0 | | 0,55 | | |

Гемодинамические показатели кровотока по венам головного мозга

| Наименование вен | Систолическая скорость кровотока, см/сек | | Норма, см/сек |
|------------------|--|-----------|---------------|
| | D | S | |
| Розенталя | 14 | 19 | <16 |

Показатели реактивности церебральных сосудов

| | Кр+ | Кр- | ИВМР | КО | ПИК |
|-------|--------|-----------|-----------|-----------|---------|
| D | 39 | 36 | 75 | 1,33 | 1,3 |
| S | 26 | 17 | 43 | 1,31 | 1,81 |
| норма | 25-50% | 25-50% | >70% | 1,21-1,52 | 1,3-2,1 |

Дифференциальная диагностика паттернов облегченной перфузии и сужения сосуда

| параметр | Паттерн облегченной перфузии (АВМ, каротидно-кавернозное соустье, снижение тонуса артериол) | Паттерн сужения сосуда (стеноз, вазоспазм) |
|--------------------------------|---|---|
| ЛСК | ↑ | ↑ |
| ПИ | ↓ | ↓ |
| Индекс Линдегаарда (ПИК) | N | ↑ |
| Кр+ | ↓ | ↓ |
| Кр- | ↓ | N |

*Индекс Гиллера:

- соотношение изменения ПИ и ЛСК ср. во всех сосудах
- использовался для ДД паттерна облегченной перфузии и сужения сосуда

Пациент Ф., 34 года: дважды генерализованные судороги

На ЭЭГ: патологии не выявлено.

На ТКДГ:

Гемодинамические показатели кровотока по магистральным артериям головы

| Названия артерий | Глубина, мм | Линейная скорость кровотока ЛСКср, см/сек | | | | Пульсовой индекс Pi | | | |
|-------------------------|-------------|---|-----|-------|------------|---------------------|------|------|---------|
| | | D | S | норма | асимметрия | | D | S | норма |
| | | | | | | норма | | | |
| Внутренняя сонная | C1 | 99 | 77 | 40±10 | 22 | <30% | 0,47 | 0,62 | 0,8±0,1 |
| Надблоковая | | 23 | 20 | | 13 | | 1,4 | 1,4 | |
| Средняя мозговая (СМА) | M2 46-50 | 229 | 86 | 60±10 | 62 | <15% | 0,43 | 0,6 | 0,8±0,1 |
| | M1 56-60 | 233 | 72 | | 69 | | 0,43 | 0,72 | |
| Передняя мозговая (ПМА) | A1 70 | 141 | 141 | 50±10 | 0 | <30% | 0,48 | 0,4 | |
| Задняя мозговая (ЗМА) | P2 60-64 | 111 | 40 | 40±10 | 64 | <50% | 0,49 | 1,05 | 0,7±0,1 |
| Позвоночная (ПА) | V3 50-60 | 27 | 37 | | 27 | | 0,72 | 0,78 | |
| | V4 60-70 | 27 | 36 | 25 | 0,8 | 0,67 | | | |
| Основная (ОА) | 70-80 | 45 | | 45±10 | 0 | | 0,64 | | |

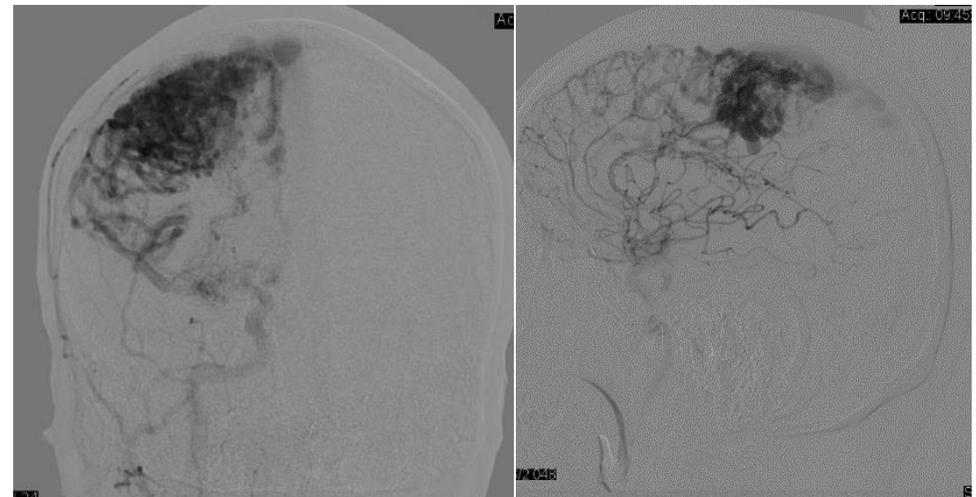
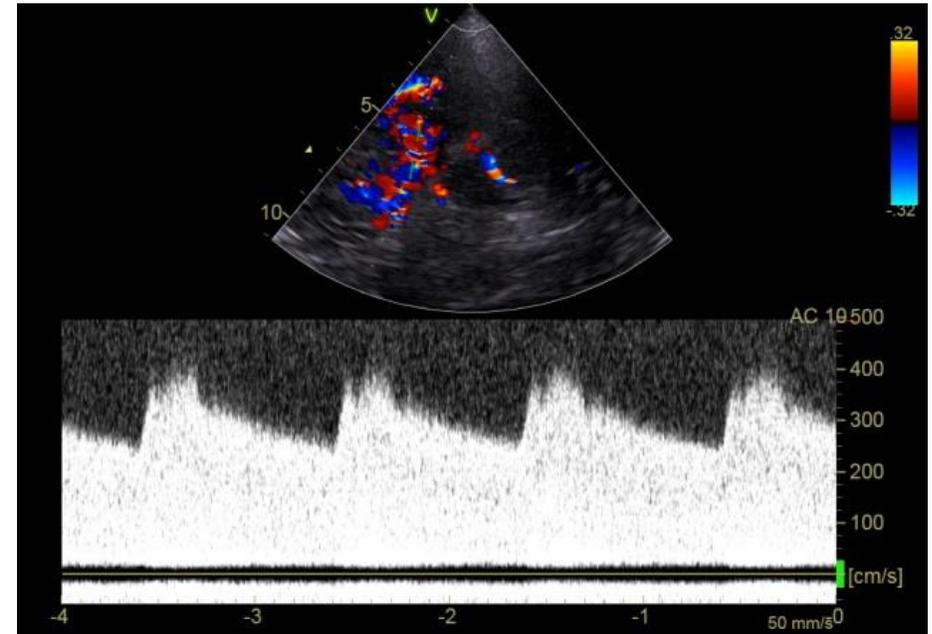
Гемодинамические показатели кровотока по венам головного мозга

| Наименование вен | Систолическая скорость кровотока, см/сек | | Норма, см/сек |
|------------------|--|---|---------------|
| | D | S | |
| Надблоковая | 16 | | 1-5 |

↑ - ЛСК
 ↓ - Pi
 ↓ ↓ ИВМР

Показатели реактивности церебральных сосудов

| | Кр+ | Кр- | ИВМР | КО | ПИК |
|-------|--------|--------|------|-----------|---------|
| D | 3 | 1 | 4 | 1,03 | 2,35 |
| S | 19 | 13 | 32 | 1,12 | 0,94 |
| норма | 25-50% | 25-50% | >70% | 1,21-1,52 | 1,3-2,1 |



Паттерн затрудненной перфузии

