

ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ  
ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

ISSN 2618-7124

ГБУЗ «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ДИАГНОСТИКИ И  
ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЕПАРТАМЕНТА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
ГОРОДА МОСКВЫ»

## ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ ЛУЧЕВОЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ



## УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БРАХИОЦЕФАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ

Москва  
2019



**РАДИОЛОГИЯ МОСКВЫ**  
ДИАГНОСТИКА БУДУЩЕГО

**ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ  
ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
ГОРОДА МОСКВЫ  
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ  
ДЕПАРТАМЕНТА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ МОСКВЫ»**

**СОГЛАСОВАНО**

Главный внештатный специалист  
Департамента здравоохранения города  
Москвы по лучевой диагностике

  
С.П. Морозов

«20» декабря 2018 года

**РЕКОМЕНДОВАНО**

Экспертным советом по науке  
Департамента здравоохранения  
города Москвы № 18



«22» \_\_\_\_\_ 2018 года

**УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
БРАХИОЦЕФАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ**

Методические рекомендации № 137

**ISSN 2618-7124**

УДК 615.84+616-073.75

ББК 53.6

У-51

**Организация-разработчик:** Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы» (ранее – Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический центр медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы»)

**Составители:**

**Тимина И.Е.** – д. м. н., профессор, старший научный сотрудник отделения рентгенологии и магнитно-резонансных исследований с кабинетом УЗД ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» МЗ РФ

**Бурцева Е.А.** – д. м. н., врач ультразвуковой диагностики отделения рентгенологии и магнитно-резонансных исследований с кабинетом УЗД ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» МЗ РФ

У-51 Тимина И.Е., Бурцева Е.А. Ультразвуковое исследование брахиоцефальных артерий // Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». – Вып. 28. – 2-е изд. перераб. и доп. – М., 2019. – 40 с.

**Рецензенты:**

**Елена Федоровна Дутикова** – к. м. н., ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского», ассистент кафедры функциональной и ультразвуковой диагностики ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ

**Дмитрий Александрович Дорошенко** – к. м. н., заведующий отделением инструментальной диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница № 15 им. О.М. Филатова ДЗМ», доцент кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова МЗ РФ

**Предназначение:** данные методические рекомендации предназначены для врачей ультразвуковой диагностики, сосудистых хирургов, кардиологов.

*Данный документ является собственностью Департамента здравоохранения города Москвы, не подлежит тиражированию и распространению без соответствующего разрешения*

© Департамент здравоохранения города Москвы, 2019

© ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2019

© Коллектив авторов, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Обозначения и сокращения.....   | 4  |
| Введение.....   | 5  |
| Основная часть. Показания к УЗИ брахиоцефальных артерий.....                          | 6  |
| Методика исследования ветвей дуги аорты.....  | 6  |
| Качественная и количественная оценка кровотока в сонных и позвоночных артериях.....   | 8  |
| Образец протокола ультразвукового исследования брахиоцефальных артерий.....           | 11 |
| Атеросклероз сонных артерий.....  | 12 |
| Диагностика окклюзирующих поражений сонных артерий.....                               | 13 |
| Оценка структурных особенностей атеросклеротической бляшки.....                       | 17 |
| Сложные случаи оценки степени стеноза сонных артерий.....                             | 22 |
| Атеросклеротическое поражение артерий вертебрально-базиллярной системы.....           | 23 |
| Оценка результатов хирургического лечения окклюзирующих поражений сонных артерий..... | 26 |
| Оценка результатов рентгенэндоваскулярного лечения окклюзирующих поражений.....       | 29 |
| Отдаленные результаты реконструктивных вмешательств на сонных артериях.....           | 30 |
| Ультразвуковая диагностика неспецифического аортоартериита.....                       | 33 |
| Заключение.....   | 38 |
| Список использованных источников.....   | 39 |

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

**AS** – подключичная артерия

**AV** – позвоночная артерия

**ВКИМ** – величина комплекса интима-медиа

**ВСА** – внутренняя сонная артерия

**КЭАЭ** – каротидная эндартерэктомия

**ЛСК** – линейная скорость кровотока

**НАА** – неспецифический аортоартериит

**НСА** – наружная сонная артерия

**ОСА** – общая сонная артерия

**ПГС** – плечеголовной ствол

**ПКА** – подключичная артерия

**СДСЧ** – спектр доплеровского сдвига частот

**ЦДК** – цветное доплеровское картирование

**ЭДК** – энергетическое доплеровское картирование

**ЭОДС** – энергия отраженного доплеровского сигнала

**ЦДС** – цветное дуплексное сканирование

**NASCET** – North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (Североамериканские исследования эффективности каротидной эндартерэктомии)

**ESCET** – European Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (Европейские исследования эффективности каротидной эндартерэктомии)

## ВВЕДЕНИЕ

Сегодня цветное дуплексное сканирование (ЦДС) играет одну из ведущих ролей в оценке состояния ветвей дуги аорты, поскольку с помощью этого метода возможно диагностировать весь спектр патологических изменений, начиная с еще невидимого глазом снижения эластических свойств артериальной стенки и дисфункции эндотелия, переходя к ранним атеросклеротическим изменениям и заканчивая окклюзирующими поражениями и оценкой результатов хирургического и рентгенэндоваскулярного лечения в ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде. Важно подчеркнуть, что во многих центрах сосудистой хирургии принято выполнять каротидную эндартерэктомию, являющуюся самой распространенной в ангиохирургии операцией, только на основании данных дуплексного сканирования, без предварительного выполнения ангиографического исследования, а в послеоперационном периоде именно этот метод является подходящим для динамического наблюдения за состоянием артериальной стенки. Все эти обстоятельства требуют от врача ультразвуковой диагностики соблюдения целого ряда методических рекомендаций, которые изложены далее.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### Показания к УЗИ брахицефальных артерий

- наличие шумовой симптоматики при аускультации в проекции сонных артерий;
- наличие очаговой неврологической симптоматики;
- наличие факторов риска развития атеросклероза.

### Методика исследования ветвей дуги аорты

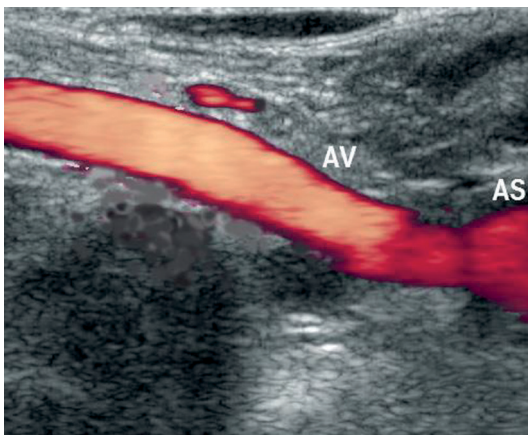
В классическую методику исследования экстракраниального отдела ветвей дуги аорты входит изучение брахицефального ствола, общей, наружной и внутренней сонных артерий, а также артерий, относящихся к вертебрально-базиллярной системе – подключичной артерии и ее первой ветви – позвоночной артерии. Исследование заключается в двустороннем последовательном изучении анатомического хода этих артерий, визуализации просвета и стенок в В-режиме с присоединением режима цветового доплеровского картирования (ЦДК) или энергетического доплеровского картирования (ЭДК), а также – в оценке характера и показателей кровотока с использованием линейных датчиков с частотой излучения 7,5–12 МГц, а для исследования брахицефального ствола и дистальных отделов внутренних сонных артерий – конвексного датчика с частотой 3,5 МГц. Сегодня цветное дуплексное сканирование (сочетание В-режима и ЦДК) ветвей дуги аорты прочно вошло в клиническую практику, поэтому, избегая излишних подробностей, остановимся только на наиболее важных в клиническом отношении аспектах исследования.

Исследование начинают с изучения проксимальных отделов общей сонной артерии (ОСА). Сонные артерии непременно следует визуализировать как в продольной, так и поперечной плоскостях сканирования. При сканировании в продольной плоскости основным ориентиром для локации общей сонной артерии является грудинно-ключично-сосцевидная мышца. Существует три доступа: передний – по переднему контуру грудинно-ключично-сосцевидной мышцы, срединный – по самой мышце, и задний – по заднему контуру мышцы. У каждого пациента информативность доступов варьируется и обуславливается анатомическими особенностями. Затем исследуют бифуркацию, устья наружной (НСА) и внутренней (ВСА) сонных артерий. Вслед за получением изображения устья внутренней сонной артерии необходимо, используя конвексный датчик с частотой излучения 3,5 МГц, оценить всю ВСА на как можно большем протяжении, вплоть до ее входа в череп (исследование с применением только линейного датчика

может значительно снизить информативность в выявлении патологических деформаций дистальных отделов ВСА).

Исследование артерий вертебрально-базилярной системы начинают с визуализации подключичной артерии, изображение которой последовательно получают из надключичного и подключичного доступов. Проксимальный отдел подключичной артерии, особенно левой, и брахиоцефальный ствол визуализируют конвексным датчиком.

Ультразвуковому исследованию доступны все экстракраниальные отделы позвоночной артерии. Проще всего сначала визуализировать позвоночные артерии в сегменте V2. Тактика врача заключается в получении продольного изображения среднего участка общей сонной артерии на уровне четвертого-пятого шейных позвонков, а затем в выполнении небольшого качательного движения датчиком латерально. Позвоночная артерия визуализируется как линейная структура, лежащая между анэхогенными акустическими тенями поперечных отростков шейных позвонков. Следующим этапом является получение изображения устья позвоночной артерии. Для этого датчик последовательно продвигают в сторону ключицы. Устье позвоночной артерии начинается от нижней полуокружности подключичной артерии (**рисунок 1**).

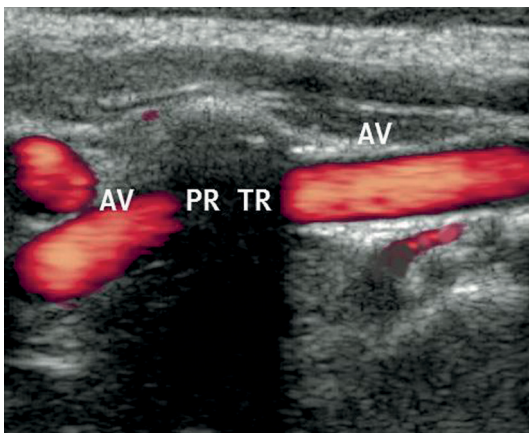


**Рисунок 1** – Дуплексное сканирование; ультразвуковое изображение в режиме ЭДК подключичной артерии в поперечном сечении и устья позвоночной артерии: AV- позвоночная артерия, AS – подключичная артерия

От верхней полуокружности подключичной артерии чаще всего отходит щитошейный ствол. Линейным датчиком чаще удается получить изображение устья правой позвоночной артерии. Если в силу анатомических особенностей



пациента не удается получить изображение артерии линейным датчиком, то целесообразно использование конвексного датчика, дающего более широкий обзор. После визуализации устья прослеживают артерию до ее вхождения в костный канал позвоночника, определяя уровень вхождения (сегмент V1) и последовательно получают изображение артерии в костном канале позвоночника между тенями поперечных отростков шейных позвонков (сегмент V2), см. **рисунок 2**.



*Рисунок 2* – Дуплексное сканирование; ультразвуковое изображение в режиме ЭДК позвоночной артерии в костном канале позвоночника: AV – позвоночная артерия

И наконец, третий сегмент позвоночной артерии визуализируют, располагая линейный датчик под сосцевидным отростком в поперечной плоскости сканирования. Позвоночная артерия определяется в форме подковы возле анэхогенного изображения сосцевидного отростка.

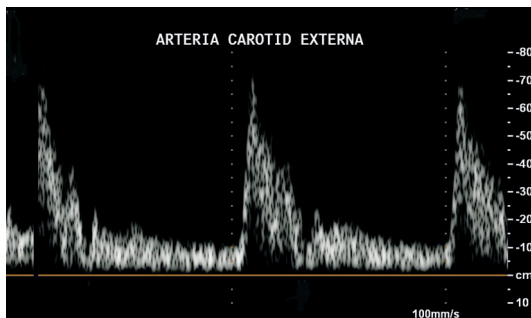
### **Качественная и количественная оценка кровотока в сонных и позвоночных артериях**

В начале этого раздела следует подчеркнуть, что скорость кровотока по магистральным артериям, также как и форма пульсовой волны, зависят от состояния центральной гемодинамики, поэтому ниже приведены параметры кровотока по ветвям дуги аорты при нормальном ее состоянии.

Оценка характера кровотока в ветвях дуги аорты имеет большое диагностическое значение и включает качественный и количественный анализ.

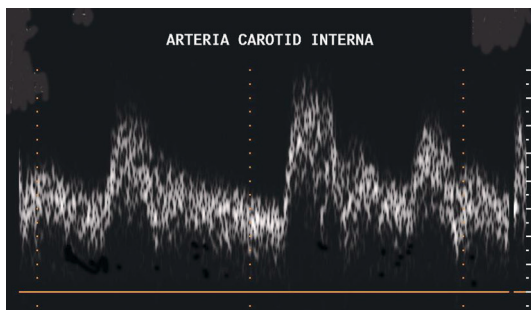
Качественный анализ подразумевает, прежде всего, оценку характера

течения потока, который в норме – ламинарный. На спектре доплеровского сдвига частот это проявляется наличием чистого окна под систолическим пиком кровотока. Спектр доплеровского сдвига частот (СДСЧ) общей сонной и наружной сонных артерий характеризуется высоким и острым систолическим пиком, инцизурой между систолической и диастолической составляющими кровотока и низким уровнем диастолической составляющей, т. е. имеет высокое периферическое сопротивление (**рисунок 3**).



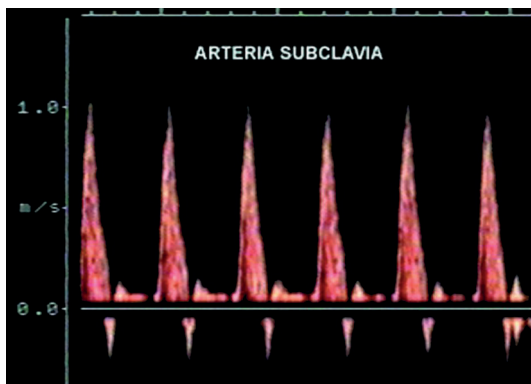
*Рисунок 3* – Спектр кровотока (доплеровского сдвига частот) наружной сонной артерии

Качественный анализ СДСЧ артерий, непосредственно участвующих в кровоснабжении головного мозга, т. е. внутренних сонных и позвоночных артерий, свидетельствует о наличии острого систолического пика, неглубокой инцизуры между систолической и диастолической составляющими и достаточным уровнем диастолической составляющей скорости, т. е. имеет низкое периферическое сопротивление (**рисунок 4**).



*Рисунок 4* – Спектр доплеровского сдвига частот внутренней сонной артерии

Кровоток по подключичной артерии в норме имеет магистральный характер, т. е. характеризуется острым систолическим пиком, обратным кровотоком в период ранней диастолы и небольшим пиком в позднюю диастолу (**рисунок 5**).



*Рисунок 5* – Спектр доплеровского сдвига частот подключичной артерии

Количественная оценка кровотока по общей сонной артерии показывает, что у взрослых пациентов величина систолической скорости кровотока по общей сонной артерии не должна превышать 100 см/сек, значения систолической скорости кровотока по внутренней сонной артерии находятся в диапазоне от 50 до 80 см/сек, а по наружной сонной – от 70 до 120 см/сек.

Значения систолической скорости кровотока по позвоночным артериям в норме вариабельны и находятся в диапазоне от 20 до 60 см/сек. Примерно у трети пациентов есть доминантная позвоночная артерия, которая обладает большим диаметром и более высоким кровотоком по сравнению с противоположной стороной. Следует также подчеркнуть, что от величины диаметра позвоночной артерии зависит уровень периферического сопротивления: чем больше диаметр артерии, тем ниже уровень периферического сопротивления в ней. Нормальная величина диаметра позвоночной артерии составляет от 2,0 до 5,0 мм. Критерием гипоплазии позвоночной артерии является величина диаметра менее 2,0 мм в сочетании с кровотоком, имеющим высокое периферическое сопротивление и низкую скорость. В ходе исследования позвоночных артерий важно определить направление кровотока. В норме по позвоночным артериям направление кровотока антеградное, т. е. к мозгу.

## Образец протокола ультразвукового исследования брахицефальных артерий

Ф. И. О. \_\_\_\_\_

Возраст \_\_\_\_\_

Дата исследования \_\_\_\_\_

### **Справа**

Брахицефальный ствол: проходим, стенки ..., просвет .....

- Стенки ОСА: не утолщены (утолщены), дифференциация на слои сохранена (нарушена).
- *При наличии атеросклеротических бляшек:* локализация, длина, степень стеноза, структура бляшки в ОСА, ВСА и НСА.
- Описание анатомического хода ОСА и ВСА (не нарушен, нарушен).

Нарушение анатомического хода:

- форма изгиба (S-образная, кинкинг, петлеобразование);
- изменения кровотока по ходу изгиба с указанием перепадов ЛСК и наличием или отсутствием турбулентности на вершине максимального изгиба.
- НСА – проходима, просвет свободный.
- *При наличии атеросклеротических бляшек:* степень сужения, структура.

Позвоночная артерия: диаметр, состояние просвета (свободный, стенозированный), если стенозирован – указать степень стеноза.

Направление кровотока по позвоночной артерии (антеградное, ретроградное, анте-ретроградное). Анатомический ход артерии в устье и в костном канале позвоночника.

Подключичная артерия: состояние просвета, тип кровотока (магистральный, магистрально-измененный, коллатеральный). Если имеется сужение артерии – указать, в каком сегменте локализуется – 1, 2 или 3.

### **Слева**

- Стенки ОСА не утолщены (утолщены), дифференциация на слои сохранена (нарушена).
- *При наличии атеросклеротических бляшек:* локализация, длина, степень стеноза, структура бляшки в ОСА, ВСА и НСА.
- Описание анатомического хода ОСА и ВСА (не нарушен, нарушен).

Нарушение анатомического хода:

- форма изгиба (S-образная, кинкинг, петлеобразование);
- изменения кровотока по ходу изгиба с указанием перепадов ЛСК и нали-

чием или отсутствием турбулентности на вершине максимального изгиба.

- НСА – проходима, просвет свободный.
- *При наличии атеросклеротических бляшек:* степень сужения, структура.

Позвоночная артерия: диаметр, состояние просвета (свободный, стенозированный), если стенозирован – указать степень стеноза.

Направление кровотока по позвоночной артерии (антеградное, ретроградное, анте-ретроградное). Анатомический ход артерии в устье и в костном канале позвоночника.

Подключичная артерия: состояние просвета, тип кровотока (магистральный, магистрально-измененный, коллатеральный). Если имеется сужение артерии – указать, в каком сегменте локализуется – 1, 2 или 3.

### **Заключение:**

- нозология патологического процесса (атеросклероз, неспецифический аортоартериит);
- наличие стеноза той или иной артерии, его степень;
- наличие патологической деформации сонных артерий и ее гемодинамическая значимость или ее отсутствие;
- при поражении подключичной артерии указать сегмент, степень поражения, наличие и тип синдрома обкрадывания.

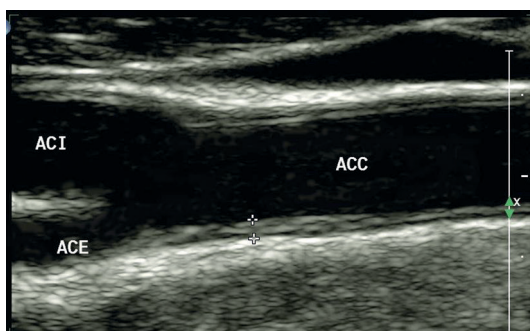
Не следует излишне загромождать заключение описанием линейных скоростей кровотока, следует указывать лишь причины, вызывающие нарушения кровотока в виде его локального повышения, снижения и/или наличия турбулентного потока.

## **Атеросклероз сонных артерий**

Атеросклеротическое поражение диагностируется с помощью ультразвукового исследования на основании регистрации локального утолщения внутренней (интима) и средней (медиа) оболочек артерии и в сочетании с экзогенными образованиями, выступающими в просвет артерии [1].

С возрастом толщина артериальной стенки [по данным Нота S. и соавт.] в норме увеличивается от 0,48 мм в возрасте до 40 и 1,02 мм к 100 годам и рассчитывается по формуле  $(0,009 \times \text{возраст}) = 0,116$  [2]. Увеличенная сверх возрастной нормы толщина комплекса интима-медиа является маркером начальных атеросклеротических изменений. Методика измерения артериальной стенки в В-режиме приобрела большое клиническое значение в медицинской практике,

позволив проводить скрининг и мониторинг лиц с факторами риска развития атеросклероза. Величина комплекса интима-медиа (ВКИМ) отдельно измеряется в продольном изображении как по ходу общей сонной артерии, так и в области бифуркации и устья внутренней сонной артерии. Наиболее удобным участком считается задняя стенка дистального сантиметра общей сонной артерии. Для измерения ВКИМ оптимизируют изображение с использованием режима увеличения и проводят количественный расчет в дистальной, проксимальной и средней точках дистального сантиметра общей сонной артерии. Границу ВКИМ оценивают между внутренним краем адвентиции и краем интимы, граничащим с просветом сосуда (**рисунок 6**).



**Рисунок 6** – Измерение величины комплекса интима-медиа дистального участка общей сонной артерии: начальные атеросклеротические изменения, ВКИМ = 1,1 мм

Приводимые в литературных источниках границы нормальных значений ВКИМ сегодня неоднозначны, поэтому Zwiebel W.J. рекомендует считать верхней границей нормы отношение величины комплекса интима-медиа 0,9 мм [1].

## **Диагностика окклюзирующих поражений сонных артерий**

В клиническую значимость каротидных стенозов вносят вклад степень сужения и структура атеросклеротической бляшки.

### *Оценка степени сужения артерии*

Ранее, на заре внедрения цветового дуплексного сканирования в клиническую практику, были проведены многочисленные проспективные рандомизированные исследования эффективности каротидной эндартерэктомии,

в том числе Североамериканское (NASCET) и Европейское (ECST), в которых диагностические триалы должны были пройти продолжительную переоценку, чтобы остаться соответствующими настоящей клинической практике. В обоих исследованиях степень стеноза сонных артерий оценивают согласно критериям рентгенконтрастной ангиографии.

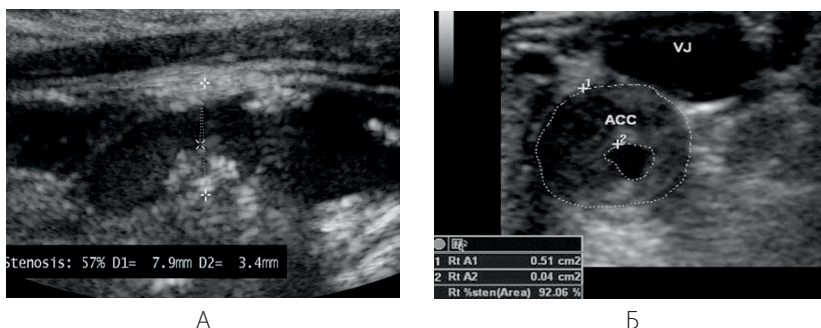
Так, при оценке степени стеноза по NASCET, остаточный просвет сосуда в стенозированной области сравнивается с диаметром внутренней сонной артерии по постбульбарной области. В триале ECST степень стеноза рассчитывается по формуле:  $(1A/B) \times 100\%$ , где А – внутренний диаметр артерии в месте максимального стеноза, В – внешний диаметр артерии в месте максимального стеноза. Таким образом, степень стеноза, измеренная в формуле ECST будет больше, чем по методу NASCET.

На сегодняшний день четко отработаны критерии диагностики степени стеноза по данным ультразвукового изображения и анализу спектра доплеровского сдвига частот. Комитет по согласованию критериев стенозов ВСА в 2002 году отметил, что все исследования сонных артерий необходимо проводить в серой шкале, цветовом доплеровском картировании с обязательным использованием спектра доплеровского сдвига частот. При анализе спектра доплеровского сдвига частот угол не должен превышать  $60^\circ$  и контрольный объем следует помещать в зону максимального стеноза. Комитет рекомендовал, что пиковая систолическая скорость кровотока в ВСА и наличие бляшки на серошкальном или цветовом изображении должны быть основными параметрами, применяемыми для диагностики и градации стенозов ВСА. Более того, эксперты рекомендовали последовательное применение относительно широкого диагностического пласта для оценки степени стеноза ВСА [1].

Оценивая степень стеноза по данным ультразвукового изображения, следует измерять сужение как в продольной плоскости сканирования (измерение стеноза по диаметру), так и в поперечной плоскости (по площади поперечного сечения, **рисунок 7**). Следует помнить, что, визуализируя сонную артерию в поперечной плоскости сканирования, мы имеем возможность, оценивая степень стеноза, учитывать геометрию атеросклеротической бляшки, поэтому такая оценка будет значительно точнее. Комитет по согласованию критериев стенозов ВСА подчеркнул, что итогово оцененная степень стеноза по данным СДСЧ должна коррелировать со серошкальным изображением и цветовым доплеровским изображением.

В заключение следует подчеркнуть: при современном развитии ультразвуковой техники, оценивая степень стеноза сонных артерий, следует использо-

вать именно ультразвуковые критерии, не прибегая к ангиографическим.

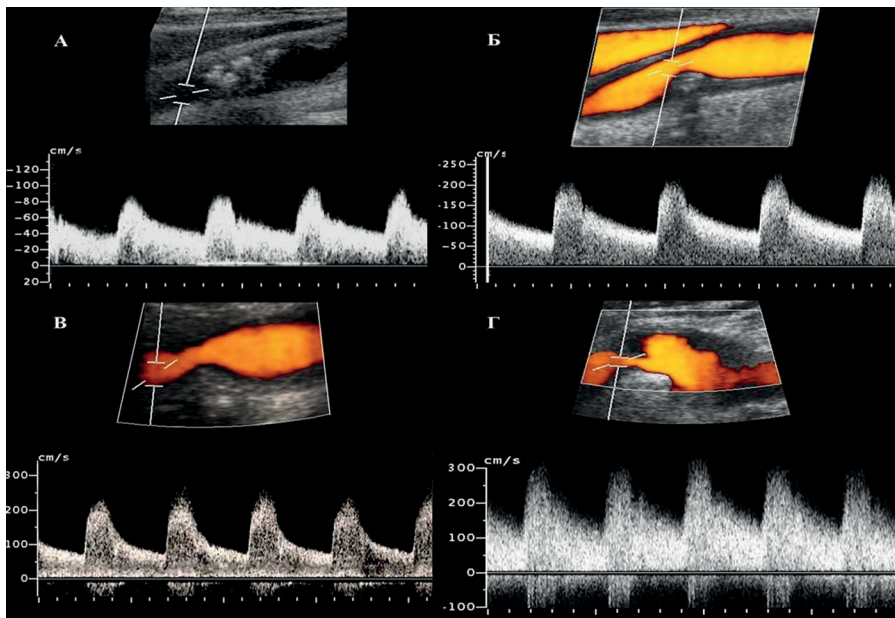


**Рисунок 7** – Варианты измерения степени стеноза кровеносного сосуда: А) продольная плоскость сканирования; измерение степени стеноза по диаметру; Б) измерение степени стеноза по площади поперечного сужения

Многолетняя совместная работа отделений ультразвуковой диагностики и хирургии сосудов института хирургии им. А.В. Вишневского позволила выделить следующую градацию степени стеноза ВСА по данным анализа спектра доплеровского сдвига частот (**рисунок 8**):

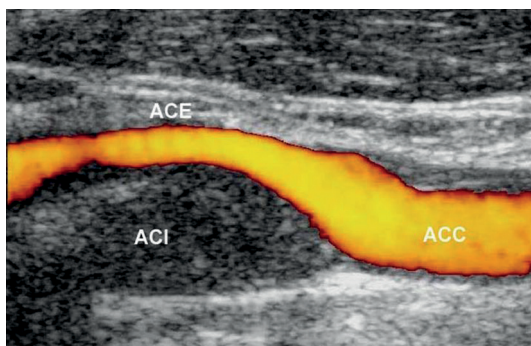
- стеноз до 40% – спектр доплеровского сдвига частот не выявляет отклонений от нормы;
- стеноз от 40 до 59% – форма контура спектра доплеровского сдвига частот не меняется. Отмечают спектральное расширение доплеровского сдвига частот с одновременным уменьшением или исчезновением окна под систолическим пиком (А);
- стеноз 60–70% – увеличивается систолическая скорость кровотока, изменяется форма контура спектра. Отмечается значительное расширение спектра с заполнением окна под систолическим пиком (Б);
- стеноз 75–90% – присущи все признаки, характерные для поражения 60–74%. Кроме этого, регистрируются отрицательные значения доплеровского сдвига частот (В);
- стеноз более 90% – на участке стеноза отмечается значительное снижение скорости кровотока и резкая деформация формы спектра непосредственно за бляшкой со всеми ультразвуковыми признаками, характерными для стеноза 75–90% (Г) [3].





*Рисунок 8* – Триплексное сканирование; изображения и спектрограммы кровотока стеноза внутренней сонной артерии 40–59% (А), 60–74% (Б), 75–90% (В) и более 90% (Г)

Критерием окклюзии внутренней сонной артерии является наличие неоднородных гипоэхогенных масс в просвете сосуда, отсутствие ее окрашивания в режимах ЦДК или ЭДС, отсутствие кровотока в режиме СДСЧ (*рисунок 9*).



*Рисунок 9* – Дуплексное сканирование; окклюзия внутренней сонной артерии в режиме ЭДС

## Оценка структурных особенностей атеросклеротической бляшки

Оценка структуры атеросклеротической бляшки в сонных артериях – одна из важнейших задач, стоящих перед врачом, выполняющим исследование, поскольку одна из ведущих ролей в развитии ишемического поражения головного мозга отводится эмболии артерий мозга из атероматозно измененных бляшек сонных артерий и подчас именно структурные особенности бляшки играют решающую роль в выборе тактики лечения пациента. Сегодня благодаря совершенствованию ультразвуковой техники и появлению таких новых функций, как тканевая гармоника, режим недоплеровской визуализации, трехмерная реконструкция, диагностическая точность исследования в оценке структурных особенностей атеросклеротической бляшки высока.

Визуальная оценка структурных особенностей атеросклеротической бляшки основывается на выделении компонентов, имеющих различную эхогенность, в связи с чем был предложен целый ряд классификаций. В основе всех классификаций лежат работы Reily L.M. с соавт., впервые выделивших однородные и неоднородные бляшки [4]. Классификация Reily L.M. с соавт. была детализирована работами Grey-Weale et al. [5], описавшими четыре основных ультразвуковых типа бляшек:

- 1) однородные гипоехогенные;
- 2) однородные гиперэхогенные с наличием участка кальциноза и без него;
- 3) неоднородные с преобладанием гипоехогенного компонента;
- 4) неоднородные с преобладанием гиперэхогенного компонента.

Позднее был добавлен пятый тип бляшки – анэхогенная бляшка.

К референтным значениям эхогенности, с которыми сравнивают эхогенность бляшки, относят: для бляшки средней эхогенности – грудинно-ключично-сосцевидную мышцу, для гипоехогенной бляшки – просвет сосуда, для гиперэхогенной бляшки – кость шейного позвонка [6].

Резюмируя многочисленные работы, посвященные изучению морфологической структуры удаленных бляшек, можно сказать, что однородная анэхогенная бляшка представляет собой фиброзно-жировую бляшку, содержащую большое количество липидов, что коррелирует с высоким содержанием липопротеидов низкой плотности в сыворотке крови и повышением риском развития симптомов ишемии [7, 8].

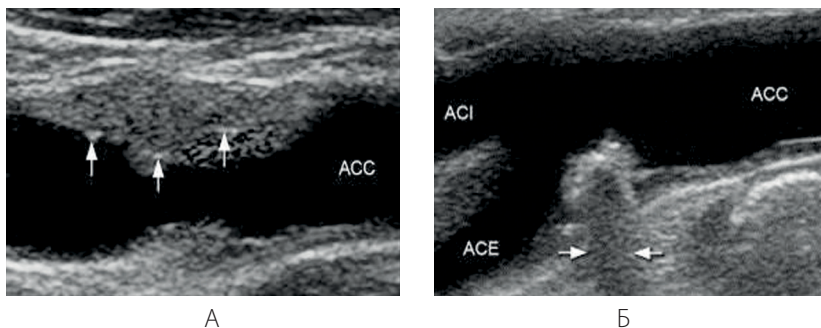
Однородная бляшка средней эхогенности морфологически соответствует фиброзной бляшке, содержащей большое количество коллагена. Больше сложностей возникает при оценке компонентов гетерогенной бляшки. Согласно опубликованным данным, некрозам, гемorragиям, липидным отложениям и тромботическим наложениям соответствуют гипо- и анэхогенные зоны, однако

даже при использовании новых режимов, которые повышают качество ультразвукового изображения, не обнаружено дополнительных ультразвуковых критериев в интерпретации гипо- и анэхогенных зон, формирующих неоднородную бляшку [9, 10].

Крупные гиперэхогенные включения, по данным Hunt J.L. et al. (2002), соответствуют кальцинозу и наличию костной ткани в бляшке [11]. Мы провели градацию часто встречаемых гиперэхогенных структур в составе атеросклеротической бляшки. Гиперэхогенные включения в толще атеросклеротической бляшки могут быть представлены в виде:

- 1) точечных включений (при гистологическом исследовании могут соответствовать кристаллам холестерина, солям извести в виде пыли);
- 2) глыбок:
  - с акустической тенью (при гистологическом исследовании могут соответствовать участкам кальциноза);
  - без акустической тени (при гистологическом исследовании могут соответствовать участкам фиброза, гиалиноза, отложениям кальция);
- 3) массивных включений (при гистологическом исследовании могут соответствовать участкам массивных очагов обызвествления).

Следует отметить, что включения кальция дают акустическую тень, которая, как правило, отсутствует у кристаллов холестерина (**рисунок 10**) [10].



**Рисунок 10** – Гиперэхогенные структуры в составе бляшки: А) кристаллы холестерина; Б) глыбки кальция, дающие акустическую тень

На основании сопоставления результатов дуплексного сканирования и морфологических исследований удаленных препаратов мы выделили следующие шесть типов атеросклеротических бляшек:

1. Однородные атеросклеротические бляшки (средней эхогенности, анэхогенная, высокой эхогенности), которые мы обозначили как 1, 2 и 3-й типы (**рисунки 11–13**).

2. Неоднородная атеросклеротическая бляшка:

- а) с преобладанием гипоэхогенной зоны в бляшке без нарушения целостности покрышки – 4-й тип (рисунок 14);
- б) с преобладанием гипоэхогенной зоны в бляшке в сочетании с нарушением целостности покрышки – 5-й тип (рисунок 15);
- с) на фоне чередования ан- и гипоэхогенной зон с преобладанием компонентов высокой эхогенности с наличием или отсутствием акустической тени – 6-й тип (рисунок 16).

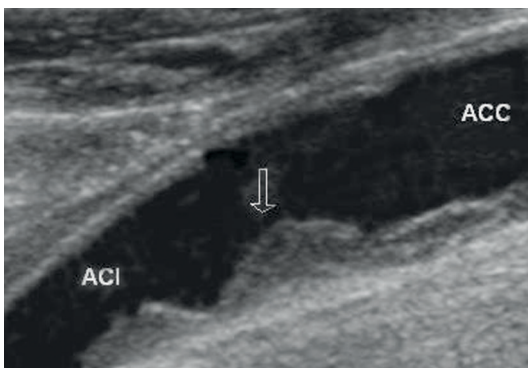


Рисунок 11 – Ультразвуковое изображение в В-режиме атеросклеротической бляшки 1-го типа (однородная средней эхогенности)

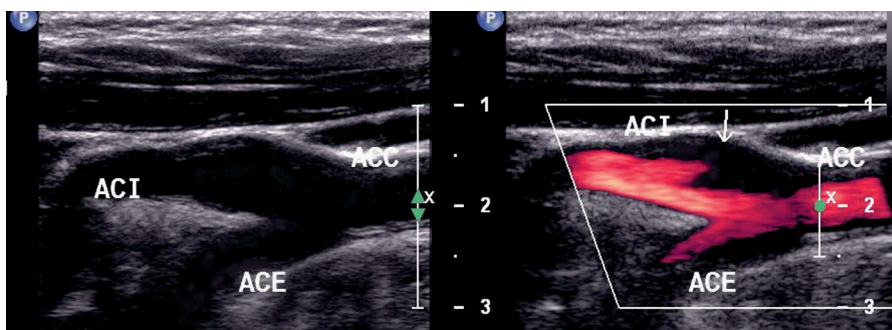
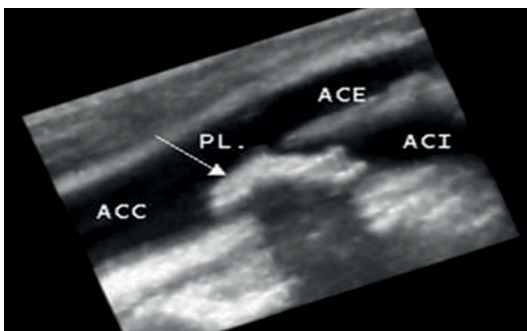
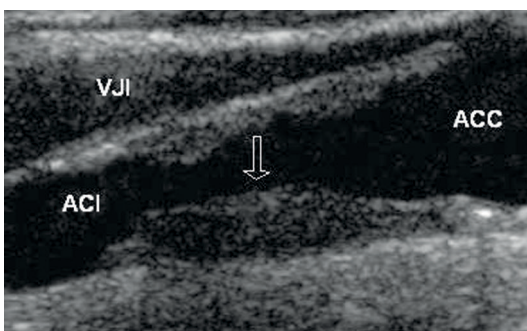


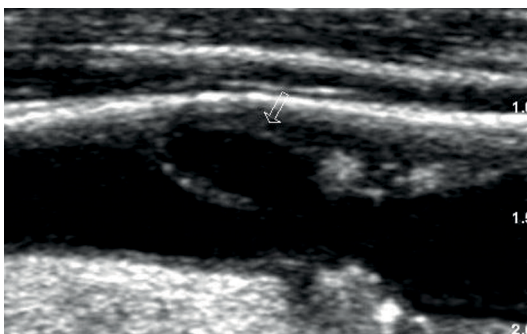
Рисунок 12 – Ультразвуковое изображение однородной анэхогенной атеросклеротической бляшки (бляшка 2-го типа): А) в В-режиме бляшка не визуализируется; Б) дуплексное сканирование; в режиме ЭДК определяется бляшка по передней и задней стенкам сосуда.



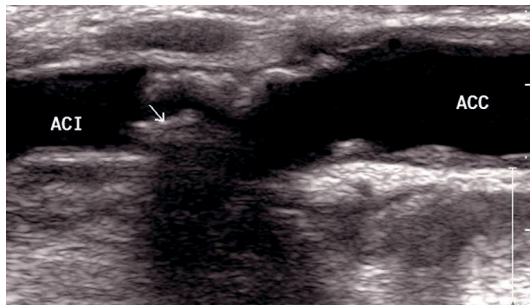
*Рисунок 13* – Трехмерная реконструкция; однородная бляшка высокой эхогенности 3-го типа



*Рисунок 14* – Ультразвуковое изображение в В-режиме атеросклеротической бляшки 4-го типа (неоднородная бляшка с преобладанием гипоэхогенного компонента; определяется целостная фиброзная покрывка)



*Рисунок 15* – Ультразвуковое изображение атеросклеротической бляшки 5-го типа (бляшка с нарушением целостности покрывки)



**Рисунок 16** – Ультразвуковое изображение в В-режиме атеросклеротической бляшки 6-го типа

Одним из актуальных вопросов ангиологии остается сопоставление структурных особенностей атеросклеротической бляшки в сонных артериях с клиническими проявлениями сосудисто-мозговой недостаточности. Geroulakos G. с соавт. проанализировали уровень риска, связанного с каждым типом бляшек [12]. Так, по мнению авторов, наибольший риск представляют анэхогенные и гипозохогенные бляшки.

Исследования, проведенные в институте хирургии им. А.В. Вишневского, также свидетельствуют, что эмбологенно опасны бляшки 4-го и 5-го типов, в то время как бляшки 6-го типа существенно реже являются причиной развития очаговой неврологической симптоматики. Особенно следует выделить бляшки 5-го типа, т. е. бляшку с нарушением целостности покрышки, которая в 93% случаев сопровождалась проявлениями очаговой неврологической симптоматики. У пациентов, имевших однородные бляшки высокой эхогенности, диагностировали только бессимптомное течение заболевания.

На сегодняшний день в клиническую практику активно внедряется методика оценки стабильности атеросклеротической бляшки по данным ультразвукового исследования с контрастным усилением препаратом «Соновью» (Бракко, Швейцария), представляющим собой гексафторид серы. Сущность исследования заключается в том, что применение контрастного препарата позволяет выявить наличие неоваскуляризации в каротидной бляшке, которая является маркером ее нестабильности.

Неоваскуляризация бляшки, выявленная при ультразвуковом исследовании с контрастным усилением, коррелирует с гистологической плотностью вазоворум. Механизм, благодаря которому вазоворум вносят вклад в развитие нестабильности бляшки, может быть связан с накоплением лейкоцитов и разви-

тием бляшечного кровоизлияния. Эндотелиальные клетки в сети ваза вазорум способствуют большей адгезии молекул по сравнению с просветом артерии, что ведет к накоплению лейкоцитов. Более того, эти микрососуды являются незрелыми и хрупкими, склонными к разрывам и геморрагиям, которые усугубляют нестабильность бляшки и воспроизводят источник свободного холестерина для мембран эритроцитов с последующей макрофагальной инфильтрацией и увеличением некротического ядра.

Исходя из вышеизложенного, выявленная в ходе исследования выраженная неоваскуляризация в ядре атеросклеротической бляшки является маркером ее нестабильности. Более того, имеются доказательства, что выявление в сонных артериях бляшек с выраженной неоваскуляризацией коррелирует с повышенным риском развития острых коронарных событий [13, 14].

Это может быть использовано в следующих ситуациях:

1. для стратификации рисков кардиоваскулярных событий;
2. мониторинга эффекта антиатеросклеротической терапии;
3. для пациентов, имеющих распространенные атеросклеротические поражения для выбора тактики и последовательности многоэтапных хирургических вмешательств.

## **Сложные случаи оценки степени стеноза сонных артерий**

1. Трудности в оценке степени стеноза и структуры бляшки могут возникнуть в случае наличия по передней стенке артерии массивного кальциноза, дающего широкую акустическую тень, перекрывающую просвет сосуда. В этих наблюдениях спектр доплеровского сдвига частот на участке акустической тени не регистрируется. Более того, из-за перекрывающей просвет сосуда акустической тени оценить строение атеросклеротической бляшки и проходимость просвета артерии невозможно ни в продольной, ни в поперечной плоскостях сканирования.

В этих случаях только построение трехмерной реконструкции с последующим корректным выбором плоскости и угла ротации дает возможность выбрать правильный ракурс обзора, позволяющий визуализировать бляшку, оценить ее структуру и остаточный просвет артерии. В случае невозможности построения трехмерной реконструкции следует наиболее тщательно исследовать дистальную часть стеноза тотчас за акустической тенью и также попытаться оценить просвет артерии, сканируя ее конвексным датчиком.

2. При наличии локальной гипоехогенной бляшки, особенно с нарушением це-

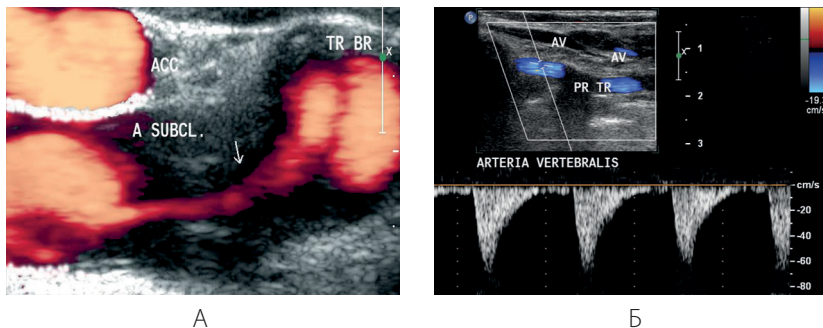
лостности покрышки, локальное повышение спектра доплеровского сдвига частот может не регистрироваться.

В этом случае только тщательное выполнение сканирования как в продольной, так и в поперечной плоскостях сканирования с применением таких технологий, как тканевая гармоника, цветное и энергетическое картирование, режим недоплеровской визуализации помогает поставить правильный диагноз. У труднодоступных пациентов возможна гипердиагностика гипозехогенных бляшек в области бифуркации общей сонной артерии. Визуализация интимы по передней стенке бифуркации и устья ВСА позволяет избежать гипердиагностики.

### **Атеросклеротическое поражение артерий вертебрально-базиллярной системы**

Для атеросклеротического процесса характерно поражение подключичной артерии в проксимальном отделе, т. е. раньше отхождения первой ее ветви – позвоночной артерии; при этом развиваются характерные изменения гемодинамики в виде синдрома обкрадывания. В случае обкрадывания происходит смена направления потока по ипсилатеральной позвоночной артерии, вследствие чего кровоток по позвоночной артерии (доставляемый в нее через систему коллатералей, в т. ч. через основную артерию) из мозга направляется в верхнюю конечность, т. е. имеет ретроградное направление. Чаще (в 85%) поражается левая подключичная артерия. Ретроградное направление кровотока по позвоночной артерии можно определить, сравнивая его с направлением кровотока по сонным артериям. Когда ретроградный кровоток определяется по правой позвоночной артерии, необходимо определить, что является источником обкрадывания – подключичная артерия, которая влияет на кровоток только по позвоночной артерии, или плечеголовной ствол, влияющий на кровоток как по позвоночной артерии, так и по общей сонной артерии. На **рисунке 17** представлено изображение критического стеноза 1-го сегмента правой позвоночной артерии с развитием полного синдрома позвоночно-подключичного обкрадывания.

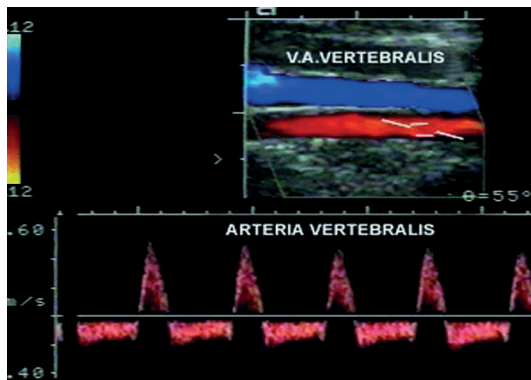




**Рисунок 17** – Критический стеноз 1-го сегмента правой позвоночной артерии с развитием полного синдрома позвоночно-подключичного обкрадывания: А) дуплексное сканирование; в режиме ЭДК определяется критический стеноз в устье правой подключичной артерии; Б) триплексное сканирование позвоночной артерии; ретроградное направление кровотока на спектре доплеровского сдвига часто в правой позвоночной артерии характеризует наличие полного позвоночно-подключичного синдрома обкрадывания

При гемодинамически значимом стенозе 1-го сегмента подключичной артерии (за исключением критического стеноза), когда поражение не вызывает полную реверсию кровотока по позвоночной артерии, наблюдается так называемый переходный синдром позвоночно-подключичного обкрадывания. Изменяющийся баланс гемодинамических сил во время сердечного цикла проявляется в виде двунаправленного потока по позвоночной артерии.

Таким образом, при гемодинамически значимом стенозе 1-го сегмента подключичной артерии в 1-м сегменте артерии регистрируется кровотоков с локальным повышением систолической скорости и признаками турбулентности, дистальнее стеноза (т. е. во 2–3 сегментах артерии) кровотоков приобретает магистрально-измененный тип. Кровотоков по позвоночной артерии имеет ретро-антеградное направление (**рисунок 18**).



*Рисунок 18* – Триплексное сканирование позвоночной артерии; переходный синдром позвоночно-подключичного обкрадывания

При окклюзии подключичной артерии в 1-м сегменте кровотоков не регистрируется, во 2–3 сегментах артерии кровотоки приобретает коллатеральный тип. По ипсилатеральной позвоночной артерии регистрируется кровоток ретроградного направления.

При развитии окклюзии брахиоцефального ствола возможно развитие двух вариантов перестройки церебральной гемодинамики в виде развития позвоночно-подключичного и сонно-подключичного синдромов обкрадывания.

Значительно чаще развивается позвоночно-подключичный синдром обкрадывания (или синдром каротидного восстановления) с возвратом крови в общую сонную артерию. При этом через систему коллатералей кровотоки из левой позвоночной артерии и в меньшей степени – левой сонной артерии, поступает в правую позвоночную артерию, откуда он ретроградно направляется, заполняя правую общую сонную артерию и правую верхнюю конечность. Ультразвуковая картина при таком развитии гемодинамической перестройки выглядит следующим образом:

- дистальный отдел брахиоцефального ствола не окрашивается, кровотоки по нему не регистрируются;
- по правой позвоночной артерии регистрируется кровоток ретроградного направления;
- по правой общей сонной артерии – кровоток антеградного направления, низкоскоростной, форма пульсовой волны напоминает коллатеральную;
- во 2-3 сегментах подключичной артерии регистрируется кровоток коллатерального типа.

Сонно-подключичный синдром обкрадывания при окклюзии брахиоцефального ствола развивается значительно реже. При этом варианте перестройки

ки гемодинамики регистрируется ретроградное направление кровотока по правой общей сонной артерии.

### Оценка результатов хирургического лечения окклюзирующих поражений сонных артерий

К наиболее часто выполняемым операциям на ветвях дуги аорты относится каротидная эндартерэктомия, заключающаяся в удалении атеросклеротической бляшки из каротидной бифуркации. Удаление захватывает интиму артерии и часть меди. В зависимости от локализации и протяженности атеросклеротической бляшки во внутренней сонной артерии проводят следующие виды операций:

- «классическую» каротидную эндартерэктомию с пластикой артериотомического отверстия синтетической заплатой (выполняют при наличии пролонгированной бляшки длиной до 4 см, **рисунок 19 А и Б**);
- эверсионную каротидную эндартерэктомию (выполняют при наличии локальной бляшки длиной до 2 см, **рисунок 20**);
- протезирование внутренней сонной артерии.

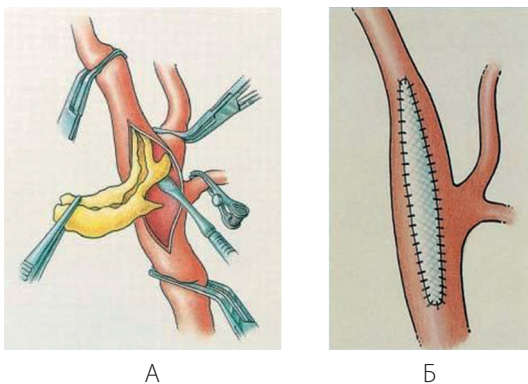
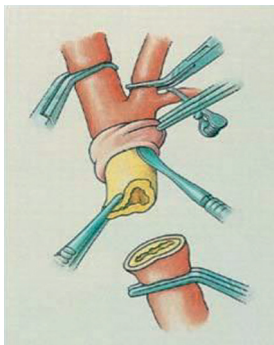


Рисунок 19 (А, Б) – классическая каротидная эндартерэктомия с пластикой

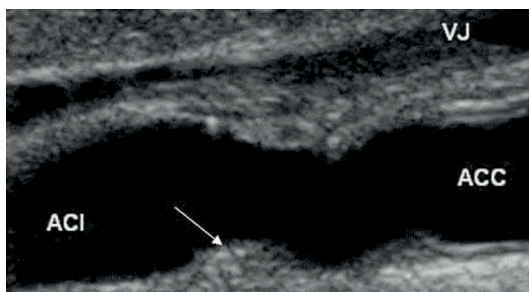


**Рисунок 20** – Эверсионная каротидная эндартерэктомия, схема

После выполненного реконструктивного вмешательства эта категория пациентов нуждается в обязательном регулярном наблюдении за состоянием артериальной стенки на месте удаленной бляшки. Ультразвуковое исследование является идеальным методом динамического наблюдения у этих больных.

В ближайшем послеоперационном периоде после выполнения каротидной эндартерэктомии ультразвуковое исследование реконструированной сонной артерии проводится для оценки результатов хирургического лечения, а также является отправной точкой в мониторинговании состояния артериальной стенки на месте удаленной бляшки.

В норме в ближайшем послеоперационном периоде в зоне выполненной КЭАЭ стенка сонной артерии представлена лишь адвентицией (**рисунок 21**). При исследовании в режиме ЦДК или ЭДК просвет сонных артерий окрашивается полностью и равномерно, регистрируется ламинарный кровоток без локальных нарушений СДСЧ с систолической скоростью от 0,4 м/с до 0,8 м/с, но не более 1,0 м/с.

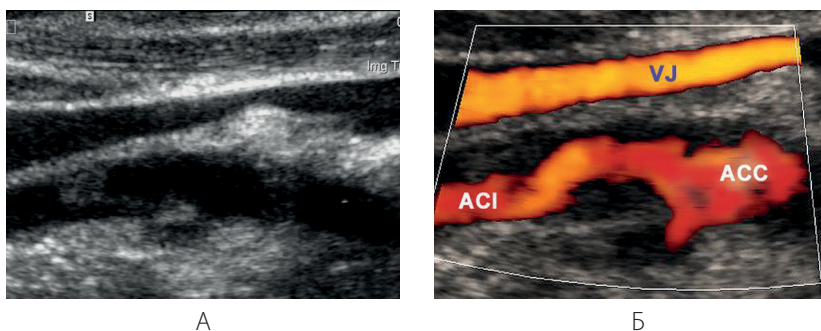


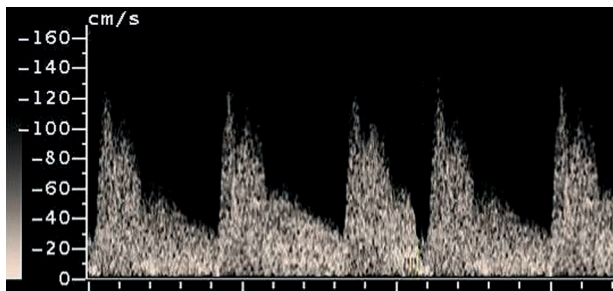
**Рисунок 21** – Ультразвуковое изображение в В-режиме; стенка сонной артерии в зоне реконструкции представлена адвентицией

Ультразвуковое исследование позволяет диагностировать такие дефекты оперативного вмешательства, как гемодинамически незначимый резидуальный стеноз, изгиб артерии, флотацию остатков интимы, которые, как правило, не сопровождаются развитием очаговой неврологической симптоматики, но требуют динамического наблюдения, поскольку могут являться причиной развития раннего рестеноза. Развитие в ближайшем послеоперационном периоде клинических проявлений очаговой неврологической симптоматики требует выполнения экстренного дуплексного сканирования. К патологическим изменениям, которые могут быть выявлены у пациентов с клиническими проявлениями очаговой неврологической симптоматики, следует отнести пристеночный или окклюзирующий тромбоз, диссекцию интимы. Повторные экстренные хирургические вмешательства с восстановлением кровотока по экстракраниальным артериям в ближайшее время после диагностики тромбоза или диссекции интимы позволяют достигнуть полного или частичного регресса неврологической симптоматики у этих больных.

Диагностика пристеночного тромбоза реконструированных артерий достаточно сложна, поскольку свежие тромботические массы анэхогенны и в В-режиме практически не визуализируются. Ультразвуковыми критериями диагностики пристеночного тромбоза являются неполное мозаичное окрашивание просвета артерии при исследовании в режиме цветового доплеровского картирования в сочетании с изменениями СДСЧ в виде турбулентного кровотока с систолической скоростью более 1,2 м/с (рисунок 22 А, Б, В).

В ходе исследования кровотока на СДСЧ во внутренней сонной и гомолатеральной средней мозговой артериях могут быть зарегистрированы множественные эмболические сигналы.





В

**Рисунок 22** – Пристеночный тромбоз ВСА: А) ультразвуковое изображение в В-режиме; Б) ультразвуковое изображение в режиме ЭДК; В) СДСЧ в ВСА

В случае окклюзирующего тромбоза в просвете сосуда визуализируются гипоэхогенные тромботические массы в просвете артерии, в режиме ЦДК артерия не окрашивается, кровотока в ней не регистрируется. В гомолатеральных средней и передней мозговых артериях регистрируется коллатеральный тип кровотока при сохранении магистрального типа кровотока в задней мозговой артерии.

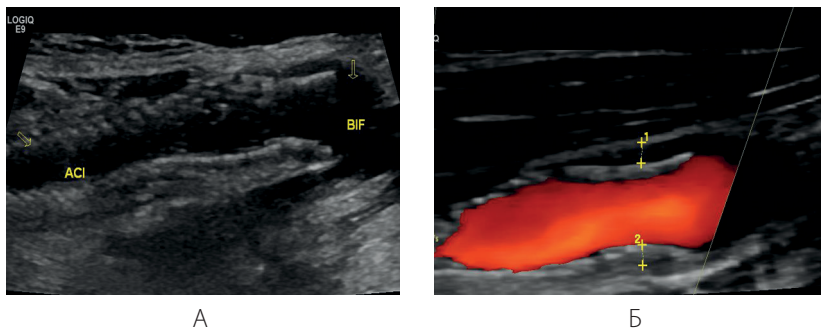
### **Оценка результатов рентгенэндоваскулярного лечения окклюзирующих поражений**

Стентирование сонных артерий сегодня является альтернативой открытой хирургии и широко внедряется в клиническую практику.

Основными ультразвуковыми критериями успешного стентирования являются:

- полное покрытие стентом атеросклеротической бляшки в артерии;
- плотное прилегание стента к стенкам артерии;
- регистрация ламинарного кровотока без локальных нарушений до стента, на его участке и дистальнее стента.

На **рисунке 23** продемонстрированы результаты стентирования внутренней сонной артерии: в просвете артерии определяется стент, который в проксимальной части незначительно неплотно прилегает к стенкам артерии, однако результат стентирования следует признать успешным, поскольку по артерии регистрируется ламинарный кровоток без локальных нарушений.

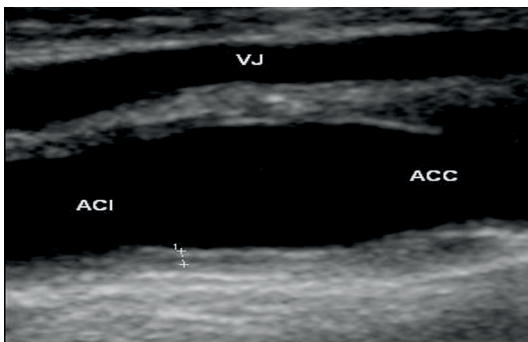


**Рисунок 23** – Ультразвуковое изображение стента во внутренней сонной артерии: А) В-режим; стрелками показаны проксимальная и дистальная границы стента; Б) изображение в режиме ЦДК: в проксимальной части стент отстоит от передней и задней стенок ВСА на 1,6 мм, но это не вызывает локальных нарушений кровотока в артерии, о чем свидетельствует однородное равномерное окрашивание просвета артерии

Основным недочетом выполненного стентирования следует считать неполное покрытие стентом атеросклеротической бляшки, неполное расправление стента в артерии. К поздним осложнениям стентирования следует отнести рестеноз в стенте, тромбоз стента.

### **Отдаленные результаты реконструктивных вмешательств на сонных артериях**

Ультразвуковым критерием нормального состояния сонных артерий на стороне оперативного вмешательства является наличие свободного однородного просвета общей сонной артерии без «ступеньки» или бляшки на границе с зоной эндартерэктомии, отсутствие выраженного расширения зоны анастомоза (бифуркации). В зоне реконструкции стенка артерии представлена адвентицией и неоинтимой, толщина которой не должна превышать 3,0 мм, просвет артерий в зоне реконструкции однородный свободный, анатомический ход – прямолинейный (**рисунок 24**), по данным СДСЧ – кровоток ламинарный, с систолической скоростью не более 1 м/с и наличием чистого артериального окна под систолическим пиком.



*Рисунок 24* – Ультразвуковое изображение в В-режиме; нормальное состояние реконструированной сонной артерии

В ряде случаев нормальное течение послеоперационного периода может осложниться развитием рестеноза. В литературе приводится множество определений рестеноза, однако наиболее распространено то, где рестенозом сонной артерии называется повторное сужение артерии на 50% и более.

Рестеноз нельзя рассматривать как неудачу КЭАЭ, поскольку это скорее естественный динамический процесс, развивающийся на месте удаленной атеросклеротической бляшки.

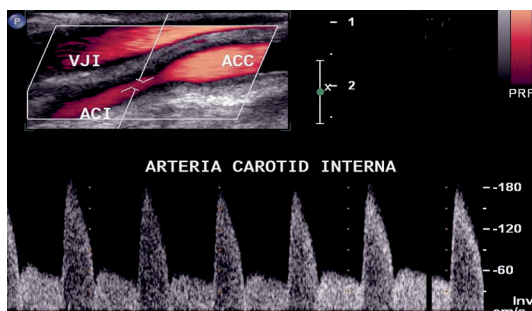
На месте поврежденной артериальной стенки начинают происходить репаративные процессы, заключающиеся в пролиферации гладкомышечных клеток меди, которая начинается примерно через одну неделю и заканчивается только к концу первого года после операции.

Анализ сроков развития рестенозов показал, что в достаточно короткие сроки после операции может происходить спонтанное прогрессирование и утолщение внутренней оболочки реконструированной артерии. Более того, именно в течение первого послеоперационного года риск развития рестеноза наиболее велик [15]. Процесс прогрессирующего утолщения стенки оперированной артерии получил название неоинтимальной гиперплазии. Морфологическое исследование операционного материала пациентов, оперированных по поводу рестеноза в течение первых двух лет после первичной КЭАЭ, свидетельствовало о диффузном фиброзном разрастании, не имеющем сходства с атеросклеротической бляшкой.

Ультразвуковым критерием гиперплазии неоинтимы считается циркулярное, как правило, пролонгированное утолщение стенки артерии, имеющее гипэхогенную неоднородную структуру, локализующееся в зоне реконструкции, толщиной от 3,0 мм и более. Следует подчеркнуть, что в диагностике рестенозов имеются некоторые особенности, в частности, учитывая их гипэхогенную структуру и зачастую сложную геометрическую форму, помимо продольного скани-



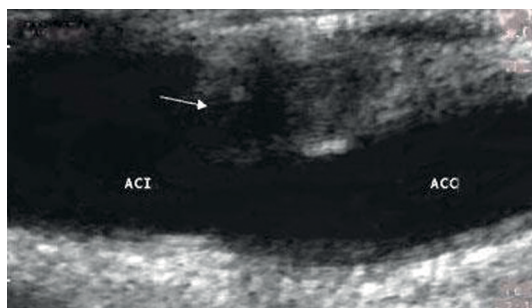
рования, обязательно применение поперечного сканирования зоны реконструкции как в В-режиме, так и в режиме ЦДК. О гемодинамической значимости рестеноза, обусловленного неоинтимальной гиперплазией, следует говорить при наличии сужения просвета артерии, локализующегося непосредственно в зоне оперативного вмешательства, стенозирующего просвет сосуда более 50%, что сопровождается соответствующими изменениями СДСЧ (рисунок 25).



**Рисунок 25** – Ультразвуковое изображение ВСА в режиме ЭДК и спектр доплеровского сдвига частот; циркулярное сужение просвета ВСА (неоинтимальная гиперплазия), сопровождающееся локальным повышением ЛСК до 180 см/сек, что соответствует рестенозу артерии 70%; состояние после эверсионной КЭАЭ

Отмечается временная закономерность: с увеличением срока после операции относительная величина зоны гиперплазии неоинтимы уменьшается, а признаки атеросклероза постепенно нарастают [16].

Ультразвуковая картина позднего рестеноза характеризуется наличием в просвете сосуда структуры, имеющей большое сходство с гетерогенной атеросклеротической бляшкой, большая часть которой имеет пониженную эхогенность. Целостность покрывки может быть либо сохранена, либо нарушена (рисунок 26).



**Рисунок 26** – Ультразвуковое изображение в В-режиме; рестеноз в дистальном отделе

ОСА с распространением на область проксимального анастомоза через 11 лет после оперативного вмешательства; стрелкой отмечено нарушение целостности покрышки

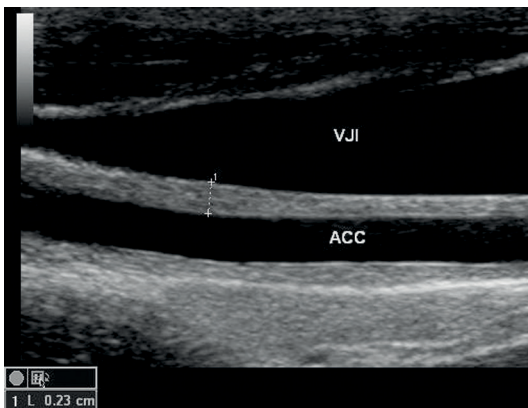
## Ультразвуковая диагностика неспецифического аортоартериита

Среди причин поражения магистральных артерий важное место занимает неспецифический аортоартериит (артериит Такаюса, «болезнь отсутствия пульса», артериит молодых женщин).

Неспецифический аортоартериит (НАА) – системное заболевание, относящееся к группе аллергических васкулитов с преимущественным поражением артерий эластического и мышечно-эластического типов крупного и среднего калибра. Заболевание, как правило, поражает молодых женщин, средний возраст которых составляет  $34,6 \pm 8,4$  лет. НАА характеризуется хроническим воспалительным процессом стенки артерий аутоиммунного генеза с чередованием острой и хронической стадий. В отличие от атеросклеротического поражения, воспалительный процесс преимущественно локализуется в меди и адвентиции сосуда. Характерной особенностью заболевания является поражение проксимальных сегментов ветвей аорты при интактных дистальных отделах. В процессе изучения патологии было установлено, что у пациентов одновременно могут развиваться множественные и сегментарные поражения артерий с наличием стенозов, окклюзий и аневризм [16, 17].

Ультразвуковые методы исследования в настоящее время остаются наиболее эффективными в первичной диагностике неспецифического аортоартериита. Постоянное развитие методов ультразвуковой визуализации позволяет исчерпывающе оценить состояние магистральных артерий, сосудов, участвующих в формировании коллатерального кровообращения, а также паравазальных мягких тканей как на этапе разработки показаний медикаментозного и/или хирургического методов лечения, так и при оценке их эффективности [15, 17].

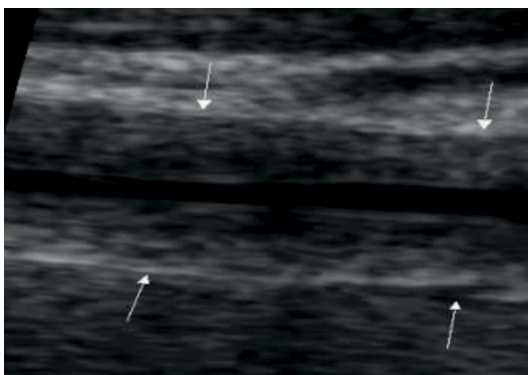
Характерными ультразвуковыми характеристиками состояния артериальной стенки у больных НАА в В-режиме являются повышение эхогенности, отсутствие дифференциации стенки на слои в сочетании с пролонгированным увеличением толщины стенки. По мере прогрессирования воспалительного процесса в стенке артерии и увеличения степени поражения, как правило, отмечается циркулярное пролонгированное утолщение стенок артерий (**рисунок 27**).



**Рисунок 27** – Ультразвуковое изображение пролонгированного утолщения стенок ОСА; В-режим

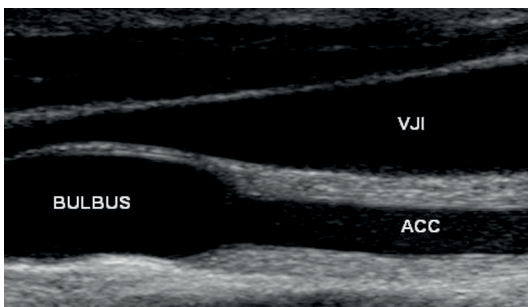
По локализации поражения среди ветвей дуги аорты у больных НАА в воспалительный процесс чаще всего вовлекаются подключичные артерии (ПКА). При этом преобладают гемодинамически значимые стенозы и окклюзии артерий, составляющие 62% и 21,6% соответственно. Излюбленной локализацией воспалительного процесса в ПКА являются II-III сегменты. Нередко (27%) отмечается сочетанное поражение двух сегментов артерии.

На втором месте после подключичных артерий при НАА поражаются общие сонные артерии (ОСА) (**рисунок 28**).



**Рисунок 28** – Ультразвуковое изображение гемодинамически значимого стеноза ОСА (утолщение стенок ОСА до 2,7-2,8 мм в сочетании с нарушением дифференциации стенок на слои); В-режим

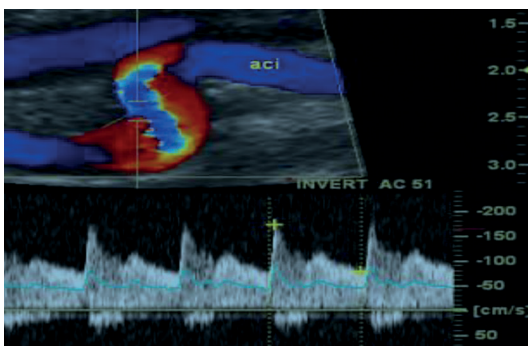
Характерной особенностью заболевания является наличие интактной бифуркации ОСА в сочетании с пролонгированными стенозами различной степени выраженности ОСА, что отличает данное заболевание от атеросклеротического поражения сонных артерий (**рисунок 29**).



**Рисунок 29** – Ультразвуковое изображение пролонгировано утолщенных стенок ОСА и интактной бифуркации ОСА; В-режим

Следует отметить еще одну особенность развития НАА. В воспалительный процесс чаще и в большей степени вовлекается наружная сонная артерия в сравнении с внутренней сонной артерией. Так, согласно нашим данным, внутренние сонные артерии были интактны у 68,4% пациентов, наружные сонные – лишь в 42%.

Нередко клиническим проявлением НАА является выраженная и продолжительная артериальная гипертензия, в ряде наблюдений приводящая к развитию гемодинамически значимых деформаций дистальных отделов внутренних сонных артерий (**рисунок 30**).



**Рисунок 30** – Ультразвуковое изображение гемодинамически значимой S-образной деформации дистального отдела ВСА в триплексном режиме

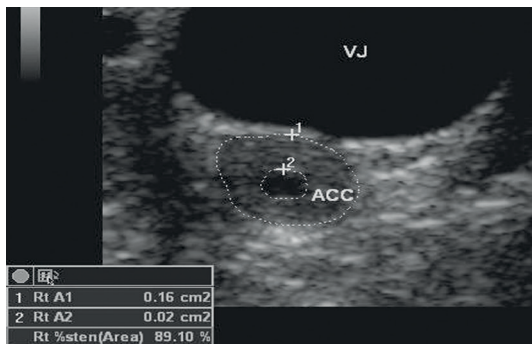
Данное обстоятельство объясняется травмирующей ролью высокого артериального давления, приводящего к патологическим изменениям эластического каркаса с последующим развитием извитостей и перегибов артерий в наиболее уязвимых участках. Образование патологической деформации с развитием септального стеноза является одной из важнейших форм гипертонической ангиопатии, которая является дополнительным фактором риска развития нарушения мозгового кровообращения ишемического и геморрагического характера у данной категории пациентов [18]. В связи с вышеизложенным, важным моментом исследования у данной категории больных является оценка анатомического хода дистальных отделов внутренних сонных артерий с использованием конвексного датчика с частотой излучения 3,5 МГц.

Значительно реже подключичных, общих сонных и наружных сонных артерий в воспалительный процесс вовлекается плечеголовной ствол (ПГС). Чаще поражение носит локальный характер и проявляется в виде начальных структурных изменений стенки или гемодинамически незначимых стенозов. В этих наблюдениях толщина стенки ПГС не превышает 1,5 мм. Среднее значение ВКИМ, являющееся ультразвуковым критерием гемодинамически значимого стеноза плечеголового ствола, составляет  $2,3 \pm 0,5$  мм.

Позвоночные артерии у больных НАА в воспалительный процесс вовлекаются редко, при переходе воспалительного процесса с I сегмента ПКА. Лишь в 6% артерий определяется гемодинамически значимый стеноз позвоночной артерии в области устья.

Отличительной особенностью данного заболевания является формирование развитого коллатерального кровообращения на экстракраниальном уровне при сочетанном гемодинамически значимом поражении артерий каротидного и вертебрально-базиллярного бассейнов. Так, основными путями коллатерального кровообращения у больных НАА, информацию о состоянии которых возможно получить по данным цветового дуплексного сканирования, в 30,5% являются компенсаторно расширенные позвоночные артерии и щито-шейный ствол, в 15,9% – расширенные ветви подключичной артерии, в 42% наблюдений – анастомозы между подключичной и наружной сонной артериями [19].

Еще одной особенностью неспецифического аортоартериита является возможность распространения воспалительного процесса со стенки артерии на окружающие мягкие ткани. В этих случаях в мягких тканях шеи, непосредственно прилегающих к общим сонным артериям, выявляется зона с диффузным повышением эхогенности в сочетании со смазанностью структуры тканей (**рисунок 31**).



**Рисунок 31** – Ультразвуковое изображение воспалительного перипроцесса в мягких тканях на фоне гемодинамически значимого стеноза ОСА; В-режим

Важным моментом ультразвукового исследования является оценка результатов консервативного лечения, в частности пульс-терапии, на основании динамического исследования толщины артериальной стенки в В-режиме. Результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что у 15,5% пациентов отмечен регресс толщины артериальной стенки на фоне нормализации лабораторных показателей воспалительного процесса [19].

Целью послеоперационного ультразвукового исследования у больных НАА является определение проходимости протеза, диагностика таких изменений, как девиация, аневризматическое расширение, стеноз дистального анастомоза или тромбоз.

Ведущим ультразвуковым критерием положительного результата хирургического лечения является восстановление магистрального и антеградного кровотока в исследуемых сосудах. По данным ультразвукового изображения, критерием наличия деформации протеза является изменение прямолинейного хода или обрыв изображения шунта, при этом дальнейшее его изображение появляется при изменении плоскости сканирования. Критерием аневризматического расширения протеза является локальное или диффузное увеличение его просвета, линейный размер которого превышает менее чем в два раза диаметр приводящей или отводящей части протеза.

Тромбозу сосудистых протезов, как правило, предшествует развитие стенозирующих поражений в зоне анастомозов. Поэтому даже при том, что протез функционирует, зоной интереса номер один является область дистального анастомоза. Ультразвуковым критерием развития стеноза в области анастомоза является сужение просвета протеза с локальным увеличением линейной скорости кровотока. Ультразвуковую диагностику тромбоза протеза основывают на признаках отсутствия кровотока в просвете.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, цветное дуплексное сканирование (ЦДС) позволяет диагностировать весь спектр патологических изменений, начиная с еще не видимого глазом снижения эластических свойств артериальной стенки и дисфункции эндотелия, переходя к ранним атеросклеротическим изменениям и заканчивая окклюзирующими поражениями и оценкой результатов хирургического и рентгенэндоваскулярного лечения в ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Цвибель В. Ультразвуковое исследование сосудов. / В. Цвибель, Дж. Пеллерито. - М.: Видар, 2008. - 650 с.
2. Нона S., Nobuyoshi H., Ishida H. et al.: Carotid plaque and intima-media thickness assessed by B-mode sonography in subjects ranging from young adults to centenarians // Stroke. – 2001. – Vol. 32. – P. 830-835.
3. Кунцевич Г.И. Ультразвуковые методы исследования ветвей дуги аорты. Минск: «Аверсэв», 2006. - 203 с.
4. Reilly L.M., Lusby R.J., Hughes L. et al. Carotid plaque histology using real-time ultrasonography: clinical and therapeutic implications // Am.J.Surg. – 1983. – Vol 146. – P. 188-193.
5. Gray-Weale A.C., Graham J.C., Burnett J.R. et al. Carotid artery atheroma; comparison of preoperative B-mode ultrasound appearance with carotid endarterectomy specimen pathology // J. Cardiovasc.Surg. – 1988. –Vol. 29. – P. 676-681.
6. DeBray J.M., Baud J.M., Dautat M. For the Consensus Conference. Consensus concerning the morphology and the risk of carotid plaques // Cerebrovasc. Dis. – 1997. – Vol. 7. – P. 289-296.
7. AbuRahma A.F., Wulu J.T.Jr., Crotty B. Carotid plaque ultrasonic heterogeneity and severity of stenosis // Stroke. – 2002. – Vol. 33. – P. 1772-1775.
8. Pedro L.M., Fernandes e Fernandes J., Pedro M.M. Ultrasonographic risk score of carotid plaques // Eur.J.Vasc.Endovasc. Surg. – 2002. – Vol. 24. – P. 492-498.
9. Schulte-Altendorneburg G., Droste D.W., Haas N. et al. Preoperative B-mode ultrasound plaque appearance compared with carotid endarterectomy specimen pathology // Acta Neurol. Scand. – 2000. – Vol. 101, № 3. – P. 188-194.
10. Тимина И.Е. Сопоставление структуры атеросклеротической бляшки в сонной артерии по данным комплексного ультразвукового и гистологического исследований. / И.Е. Тимина, Н.Д. Скуба, Е.А. Бурцева // Ультразвуковая и функциональная диагностика. - 2004. - № 3. - С. 81–87
11. Hunt J.L., Fairman R., Mitchell M.E. et al. Bone formation in carotid plaque. A clinicopathological study // Stroke. – 2002. – Vol. 33. – P 1214-1219.
12. Geroulakos G., Ramaswani G., Nikolaides A. et al. Characterization of symptomatic and asymptomatic carotid plaques using high-resolution real-time ultrasonography // Br. J. Surg. – 1993. – Vol. 80. – P. 1274-1277.
13. Staub D., Patel M.B., Tibrewala A. et al. Vasa vasorum and plaque neovascularization on contrast-enhanced carotid ultrasound imaging correlates with cardiovascular disease and past cardiovascular events // Stroke. – 2010. – Vol. 41. – P. 41-47.
14. Hoogi A., Adam D., Kerner H. et al. Carotid plaque vulnerability: quantification of enhanced ultrasound with histopathologic correlation //Am. J.of Roentgenology. – 2011. – Vol. 196, Issue 2. – P. 431-436.
15. Keberly M. et al. Tree-Demensional Power Doppler Sonography in Screening for Carotid Artery Disease // Clin. Ultrasound. – 2000. – № 28. – P. 441-451.
16. Stoney R.J., String S.T., Reccurent carotid stenosis // Surgery. – 1976. – Vol. 80. – P. 705-710.
17. Nichol I., Lambert D. Rare Vascular Disorders. A practical guide for the vascular specialist. Ffm Publishing Limited, 2005, P. 29-35.
18. Покровский А.В. Неспецифический аортоартериит (болезнь Такаюсу) / А.В. Покровский, А.Е. Зотиков, В.И. Юдин. - М.: "Ирись", 2002. - 211 с.



19. Бурцева Е.А. Роль ультразвуковых методов исследования в диагностике и выборе тактики лечения больных системными васкулитами (неспецифическим аортоартериитом, облитерирующим тромбангиитом, системной склеродермией). Автореф. дисс. д.м.н., [город], 2009. - 53 с.

---

Подписано в печать 20.09.2019.

Формат 60\*90/16. Бумага офсетная.

Уч.-изд. л. 1,89. Усл.-печ. л. 2,30. Заказ № 2590.3. Тираж 200.

Отпечатано в типографии ООО «Принт»

426035, г. Ижевск, ул. Тимирязева, 5.