

ЭКСПЕРТНЫЙ КОНСЕНСУС НАЦИОНАЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЦЕНТРОВ ПО ПРОФИЛЮ «СЕРДЕЧНО-  
СОСУДИСТАЯ ХИРУРГИЯ» И РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА  
РЕНТГЕНОЛОГОВ И РАДИОЛОГОВ: ПРИНЦИПЫ И ТЕХНОЛОГИЯ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ  
ПРИ ПАТОЛОГИИ БРАХИОЦЕФАЛЬНЫХ СОСУДОВ

Берген Т. А.<sup>1</sup>, Труфанов Г. Е.<sup>2</sup>, Александрова С. А.<sup>3</sup>,  
Синицын В. Е.<sup>4</sup>, Шумилина М. В.<sup>3</sup>, Рычина И. Е.<sup>3</sup>, Таркова А. Р.<sup>1</sup>,  
Фокин В. А.<sup>2</sup>, Скрипник А. Ю.<sup>2</sup>, Дорофеев А. В.<sup>3</sup>,  
Чернявский М. А.<sup>2</sup>, Чернявский А. М.<sup>1</sup>, Голухова Е. З.<sup>3</sup>,  
Шляхто Е. В.<sup>2</sup>

**Контактная информация:**

Берген Татьяна Андреевна,  
ФГБУ «НМИЦ им. акад.  
Е. Н. Мешалкина» Минздрава России,  
ул. Речуновская, д. 15, Новосибирск,  
Россия, 630055.  
E-mail: bergen\_t@meshalkin.ru

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр имени  
академика Е. Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения  
Российской Федерации, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр имени  
В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской  
Федерации, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-  
сосудистой хирургии имени А. Н. Бакулева» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>4</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Московский государственный  
университет имени М. В. Ломоносова»

*Статья поступила в редакцию 11.10.2022  
и принята к печати 27.10.2022.*

**Резюме**

В ежедневной клинической практике методы лучевой диагностики широко применяют при оказании медицинской помощи пациентам с часто встречающимися заболеваниями брахиоцефальных сосудов (БЦС). В работе приведены рекомендации по методикам выполнения трудоемких и дорогостоящих лучевых методов исследований (ультразвуковое исследование (УЗИ), компьютерная томография (КТ), компьютерно-томографическая ангиография (КТА) артерий, КТА вен, магнитно-резонансная томография (МРТ)) у пациентов с заболеваниями брахиоцефальных сосудов. В их основу легли рекомендации экспертов, литературные источники и практический опыт применения методов лучевой диагностики.

Статья содержит структурированные сведения, касающиеся технологии проведения УЗИ, КТА артерий, КТА вен и МРТ у пациентов при стенозе артерий, расслоении (диссекции) артерий, сосудистой мальформации, синус-тромбозе, атеросклерозе. Данные рекомендации являются универсальными и подходят для большинства медицинских учреждений, выполняющих УЗИ, КТ и МРТ брахиоцефальных сосудов.

Соблюдение этих правил позволит повысить клинико-экономическую эффективность при диагностике, лечении и реабилитации пациентов с заболеваниями брахиоцефальных сосудов путем стандартизации процедур УЗИ, КТ, МРТ, эффективно использовать ресурсы учреждений здравоохранения всех уровней при выполнении лучевых методов исследований.

Работа предназначена для всех категорий медицинских работников, выполняющих лучевые методы исследования при заболеваниях брахиоцефальных сосудов (врачей ультразвуковой диагностики, врачей функциональной диагностики, врачей-рентгенологов, рентгенолаборантов) и использующих их результаты в клинической практике (врачей-кардиологов, сердечно-сосудистых хирургов, неврологов, нейрохирургов, анестезиологов-реаниматологов, терапевтов).

**Ключевые слова:** аневризма, диссекция, КТА, МРТ, расслоение, стеноз, томография, УЗИ.

*Для цитирования:* Берген Т.А., Труфанов Г.Е., Александрова С.А., Синицын В.Е., Шумилина М.В., Рычина И.Е., Таркова А.Р., Фокин В.А., Скрипник А.Ю., Дорофеев А.В., Чернявский М.А., Чернявский А.М., Голухова Е.З., Шляхто Е.В. Экспертный консенсус национальных медицинских исследовательских центров по профилю «сердечно-сосудистая хирургия» и Российского общества рентгенологов и радиологов: принципы и технология использования методов лучевой диагностики при патологии брахиоцефальных сосудов. Трансляционная медицина. 2022;9(5):5-19. DOI: 10.18705/2311-4495-2022-9-5-5-19.

////////////////////////////////////

## EXPERT CONSENSUS OF NATIONAL MEDICAL RESEARCH CENTERS IN THE FIELD OF CARDIOVASCULAR SURGERY AND THE RUSSIAN SOCIETY OF RADIOLOGISTS: PRINCIPLES AND TECHNOLOGY FOR USING RADIOLOGY METHODS IN PATHOLOGY OF BRACHIOCEPHALIC VESSELS

Tatyana A. Bergen<sup>1</sup>, Gennady E. Trufanov<sup>2</sup>,  
Svetlana A. Alekxandrova<sup>3</sup>, Valentin E. Sinitsyn<sup>4</sup>,  
Margarita V. Shumilina<sup>3</sup>, Inna E. Rychina<sup>3</sup>, Alexandra R. Tarkova<sup>1</sup>,  
Vladimir A. Fokin<sup>2</sup>, Aleksey Yu. Skripnik<sup>2</sup>, Aleksey V. Dorofeev<sup>3</sup>,  
Mikhail A. Chernyavskiy<sup>2</sup>, Alexandr M. Chernyavskiy<sup>1</sup>,  
Elena Z. Golukhova<sup>3</sup>, Evgeny V. Schlyakhto<sup>2</sup>

**Corresponding author:**  
Tatyana A. Bergen,  
Meshalkin National Medical Research  
Center,  
Rechkunovskaya str., 15, Novosibirsk,  
Russia, 630055.  
E-mail: bergen\_t@meshalkin.ru

Received 11 October 2022; accepted  
27 October 2022.

<sup>1</sup> Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup> Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

<sup>3</sup> A. N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery, Moscow, Russia

<sup>4</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

////////////////////////////////////

### Abstract

In routine clinical practice, methods of radiation diagnostics are widely used in the provision of medical care to patients with common diseases of the brachiocephalic vessels (BCV). This article provides recommendations on methods for performing time-consuming and expensive radiological methods (ultrasound (US), computed tomography (CT), computed tomography angiography (CTA) arteries, CTA veins, magnetic resonance imaging (MRI)) in patients with diseases of the brachiocephalic vessels. Based on the recommendations of experts, literature sources and practical experience in the application of radiology methods.

This guide contains structured information regarding the technology of US, CTA and MRI in patients with artery stenosis, artery dissection, vascular malformation, venous sinus thrombosis, and atherosclerosis. These recommendations are universal and are suitable for most medical institutions that perform US, CT and MRI of brachiocephalic vessels.

Compliance with these rules will improve clinical and economic efficiency in the diagnosis, treatment and rehabilitation of patients with diseases of the brachiocephalic vessels by standardizing procedures of US, CT, MRI, and effectively use the resources of a Healthcare at all levels when performing radiological methods.

The manual is intended for all categories of medical staff performing radiological methods in diseases of brachiocephalic vessels (US doctors, functional diagnostics doctors, radiologists) and using their results in clinical practice (cardiologists, cardiovascular surgeons, neurologists, neurosurgeons, anesthesiologists, therapists).

**Key words:** aneurysm, CTA, dissection, MRI, stenosis, tomography, ultrasound.

*For citation: Bergen TA, Trufanov GE, Alekandrova SA, Sinitsyn VE, Shumilina MV, Rychina IE, Tarkova AR, Fokin VA, Skripnik AY, Dorofeev AV, Chernyavskiy MA, Chernyavskiy AM, Golukhova EZ, Schlyakhto EV. Expert consensus of national medical research centers in the field of cardiovascular surgery and the Russian society of radiologists: principles and technology for using radiology methods in pathology of brachiocephalic vessels. Translyatsionnaya meditsina=Translational Medicine. 2022;9(5):5-19. (In Russ.) DOI: 10.18705/2311-4495-2022-9-5-5-19.*

**Список сокращений:** БЦА — брахиоцефальные артерии, БЦС — брахиоцефальные сосуды, ВСА — внутренняя сонная артерия, КВ — контрастное вещество, КТ — компьютерная томография, КТА — компьютерно-томографическая ангиография, КТВ — компьютерная томография вен, ЛСК — линейная скорость кровотока, МРТ — магнитно-резонансная томография, ОСА — общая сонная артерия, ПЭТ — позитронная эмиссионная томография, УЗД — ультразвуковая диагностика, УЗИ — ультразвуковое исследование, ЭКГ — электрокардиограмма.

В ежедневной клинической практике методы лучевой диагностики широко применяют при оказании медицинской помощи пациентам с часто встречающимися заболеваниями брахиоцефальных сосудов. Лучевые методы необходимы для выявления и оценки характера патологических изменений, как средство контроля после открытых и эндоваскулярных вмешательств.

К наиболее часто применяемым, трудоемким и технически сложно исполнимым методам диагностики патологии БЦС относят УЗИ, КТ и МРТ. Многочисленные технологические сложности и отсутствие единых стандартов при выполнении этих дорогостоящих методов создали острую потребность в данной публикации.

## УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ

УЗИ, КТ, МРТ выполняют при всех видах и формах медицинской помощи в амбулаторных условиях, условиях дневного стационара, стационарно

по направлению лечащего врача с обязательным указанием на наличие или отсутствие у пациента противопоказаний к проведению такого вида исследований. Содержание направления регламентируется приказами (приказ Минздрава России № 557н «Об утверждении Правил проведения ультразвуковых исследований» от 8 июня 2020 г. [12] и приказ № 560н Минздрава России «Об утверждении Правил проведения рентгенологических исследований» от 9 июня 2020 г. [13]).

Перед исследованием рекомендуется проводить измерение артериального давления. Синхронизации с электрокардиограммой (ЭКГ) не требуется.

По результатам проведения исследования оформляется протокол, обязательные пункты протокола регламентированы вышеуказанными приказами.

## УЗИ БЦС

УЗИ может проводиться в условиях кабинета ультразвуковой диагностики (УЗД), у постели больного, в реанимации и палате интенсивной терапии с использованием цветовой ультразвуковой диагностической медицинской системы для проведения экспертных УЗИ сосудов взрослых и детей с многоплановой визуализацией в режиме реального времени.

Специалисты, выполняющие УЗИ сосудов: врач ультразвуковой диагностики, врач функциональной диагностики, врач-кардиолог.

УЗИ проводится по назначению лечащего врача или непосредственно лечащим врачом в случае врача-кардиолога (согласно профессиональному стандарту специалиста).

**Требуемые технические параметры****Дуплексное сканирование экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий (БЦА):**

- линейный датчик, 3–12 МГц,
- конвексный датчик, 1–5 МГц,
- секторный датчик, 1–5 МГц,
- удовлетворительное акустическое окно,
- использование цветового доплеровского картирования.

**Дуплексное сканирование интракраниальных отделов БЦА:**

- секторный датчик, 1–5 МГц,
- удовлетворительное акустическое окно,
- использование цветового доплеровского картирования.

**Противопоказания:** нет.

**КТА БЦА, КТА вен**

КТ выполняют в условиях кабинета КТ с использованием автоматического инжектора для введения контрастного вещества (КВ).

Специалисты, выполняющие КТ: врач-рентгенолог, рентгенолаборант.

**Требуемые технические параметры**

- компьютерный томограф с числом рядов детекторов 64 и более (технически возможно проведение исследования на аппарате с числом рядов детекторов 16–32); предпочтительны аппараты с широкими детекторами, двухэнергетические (двухтрубчатые, с 2 рядами детекторов и т. п.) компьютерные томографы,

- автоматический инжектор для введения КВ.

**Перед проведением КТА:**

- установка периферического венозного катетера (желательно 18–20 G),

- исключение противопоказаний к введению КВ (аллергия, выраженное нарушение функции почек, прием метформин-содержащих препаратов при сахарном диабете и т. д. (при обследовании не по жизненным показаниям)),

- предпочтительно проведение исследования натощак (спустя как минимум 3 часа после приема пищи),

- наличие данных предыдущих исследований:
- патология брахиоцефальных артерий: УЗД брахиоцефальных артерий (обязательно),
- расслоение артерий: результат магнитно-резонансной томографии (при наличии), УЗД обязательно (УЗИ может не выполняться как первоочередной метод только при проведении обследования по жизненным показаниям),
- сосудистые мальформации (например, аневризма артерии, артериовенозная мальформация): результат магнитно-резонансной томографии (при наличии).

**Укладка пациента:** лежа на спине с опущенным вдоль тела руками, головой по направлению к гентри.

**Направление сканирования** — снизу вверх.

**Внутривенное контрастирование**

**КТА БЦА, артерий и вен головного мозга:** используется двух- или трехфазный протокол введения контрастного вещества (КВ), предполагающий введение: 1) 10 мл физиологического раствора в качестве первой фазы (тест-болюс), 2) КВ в качестве второй фазы, 3) физиологического раствора (30–50 мл) в качестве третьей фазы. Возможно также использование более сложных протоколов введения КВ.

Применяется КВ с концентрацией йода 300–400 мг/мл.

При проведении КТА артерий: рекомендуемые скорости введения контрастного препарата и физиологического раствора варьируются в диапазоне 4,0–4,5 мл/сек. На более современных аппаратах оптимальные параметры рекомендуется уточнять у производителя оборудования.

Объем вводимого КВ должен рассчитываться непосредственно в момент исследования (после определения зоны и получения данных о продолжительности сканирования).

Средний объем КВ для взрослых: 50–60 мл — для КТА артерий головного мозга, 60–70 — для БЦА.

При выполнении КТ вен (КТВ) объем контрастного вещества рекомендуется увеличить до 100 мл.

Объем вводимого КВ для детей не должен превышать допустимых доз, согласно инструкции по применению КВ.

Порог отслеживания на тестовом срезе (BolusTracking, SureStart, SmartPrep) — выше 120 HU.

Требуется построение тонкосрезовой многоплоскостной реконструкции изображений, рекомендуется построение 3D реконструкций.

**МРТ БЦС**

**Желательная опция:** использование автоматического инжектора для введения контрастного вещества (КВ). Синхронизации с электрокардиограммой (ЭКГ) не требуется.

Специалисты, выполняющие МРТ: врач-рентгенолог, рентгенолаборант.

**Требуемые технические параметры**

- магнитно-резонансный томограф с силой индукции магнитного поля не менее 1,5 Тл.

**Перед проведением МРТ БЦС:**

- исключение абсолютных и относительных противопоказаний к исследованию,
- при использовании контрастного вещества:

- установка периферического венозного катетера (желательно 18–20 G),
- отсутствие противопоказаний к введению КВ (выраженное нарушение функции почек и т. д.),
- предпочтительно проведение исследования натощак (спустя как минимум 3 часа после приема пищи),
- наличие предыдущих данных рентгенологических или инструментальных исследований:
- результат УЗД (обязательно) и КТА (при наличии) при патологии брахиоцефальных артерий.

#### Информация для пациента

- Подготовка к УЗИ сосудов, МРТ без использования контрастного вещества не требуется.
- Подготовка к КТ и МРТ с контрастированием: в течение 3–6 часов перед исследованием не рекомендуется принимать пищу, пить воду и курить. Перед выполнением КТА необходимо сообщить врачу о заболеваниях щитовидной железы, сахарном диабете, аллергии на йод.

#### Алгоритм использования лучевых и инструментальных методов диагностики при подозрении на патологию БЦА

Алгоритм использования лучевых и инструментальных методов диагностики при подозрении на стеноз брахиоцефальных (наиболее часто сон-

ных) артерий (рис. 1), сосудистую мальформацию (в том числе аневризму артерий головного мозга) (рис. 2), расслоение артерий (рис. 3) и синус-тромбоз (рис. 4) представлен на рисунках 1–4.

#### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ОКАЗАНИИ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В ЭКСТРЕННОЙ ФОРМЕ

##### Интракраниальное кровоизлияние (разрыв аневризмы)

**КТ головного мозга и оболочек:** используется как первый метод диагностики в экстренной ситуации (первые минуты — первые сутки после свершившейся сосудистой катастрофы) для выявления признаков интракраниального кровоизлияния.

##### Проведение КТ:

**Область исследования:** от свода черепа до 1 шейного позвонка с многоплоскостной тонкосрезовой костной и мягкотканной реконструкцией.

##### Важные показатели при анализе и интерпретации полученных изображений:

- дислокация структур головного мозга (латеральная, аксиальная),
- гиперденсные линейные и очаговые изменения в веществе головного мозга и/или субарахноидальном пространстве базальных отделов головного мозга,

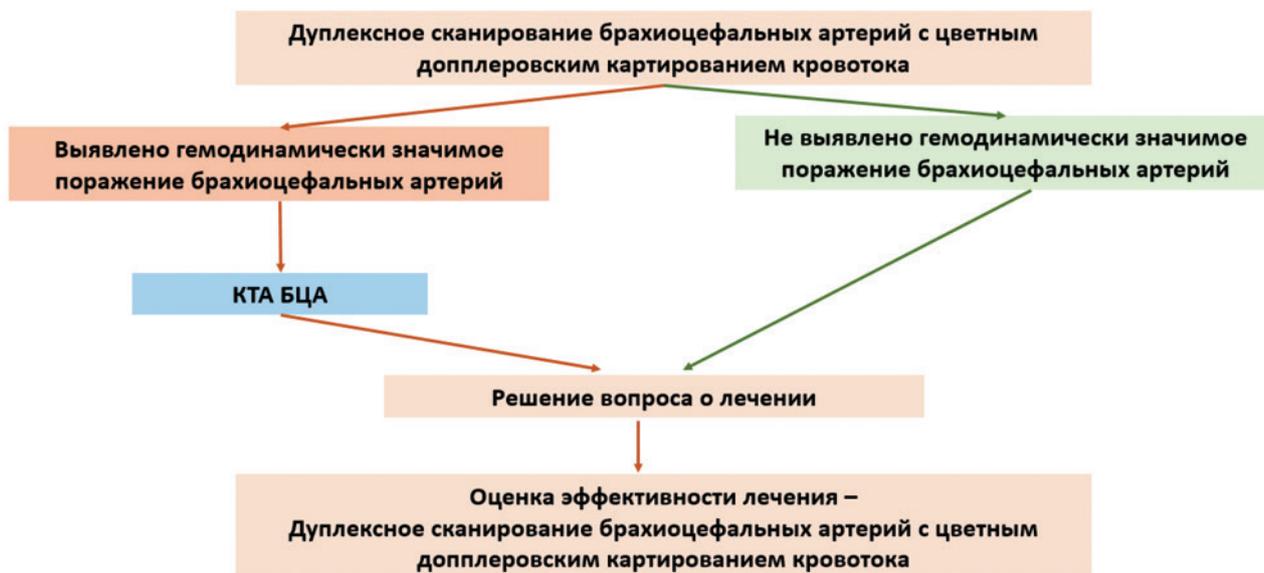


Рис. 1. Схема использования лучевых и инструментальных методов диагностики при подозрении на стеноз брахиоцефальных артерий

Figure 1. Scheme of the use of radiation and instrumental diagnostic methods for suspected stenosis of the brachiocephalic arteries

- признаки отека вещества головного мозга вокруг данных гипертензных очагов.

- линейные гипертензные участки в оболочках толщиной более 1 мм,

**Следует обращать особое внимание на:**

- очаговые гипертензные участки в оболочках,

- распространенные линейные гипертензные участки в оболочках.

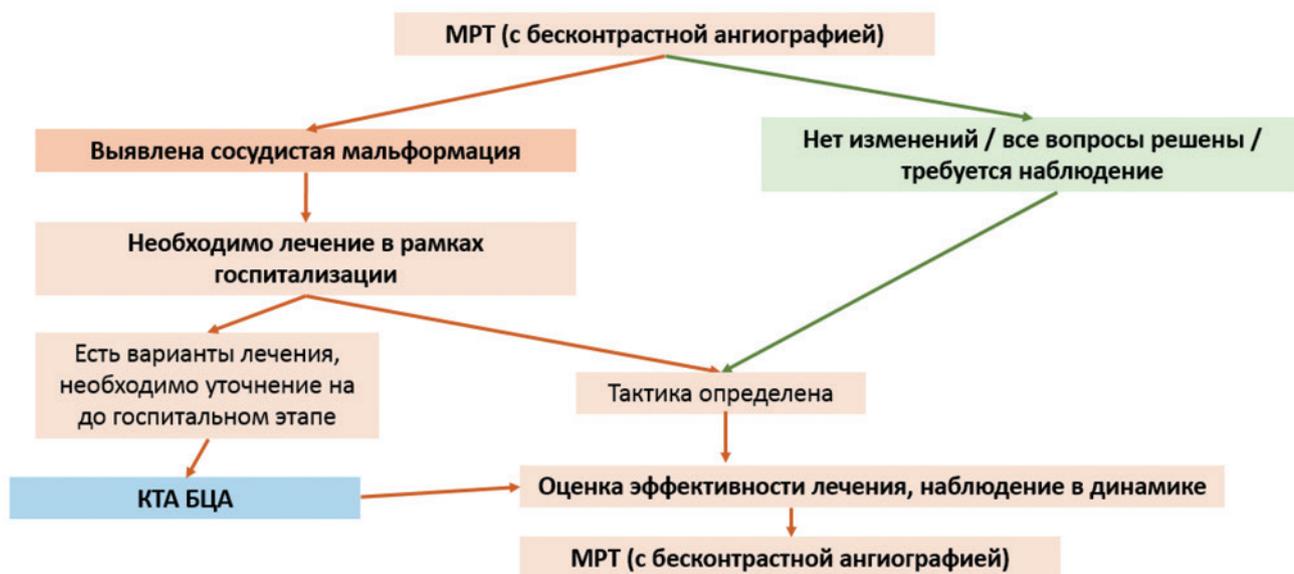


Рис. 2. Схема использования лучевых и инструментальных методов диагностики при подозрении на сосудистую мальформацию головного мозга

Figure 2. Scheme of the use of radiation and instrumental diagnostic methods for suspected vascular malformation of the brain

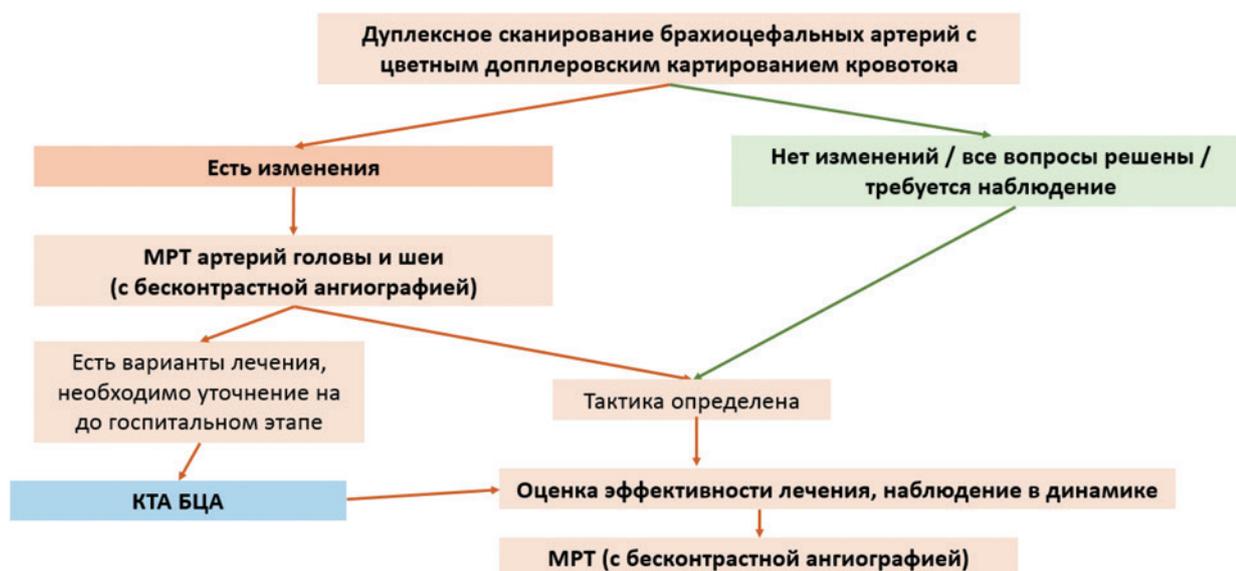


Рис. 3. Схема использования лучевых и инструментальных методов диагностики при подозрении на расслоение артерий

Figure 3. Scheme of the use of radiation and instrumental diagnostic methods for suspected arterial dissection

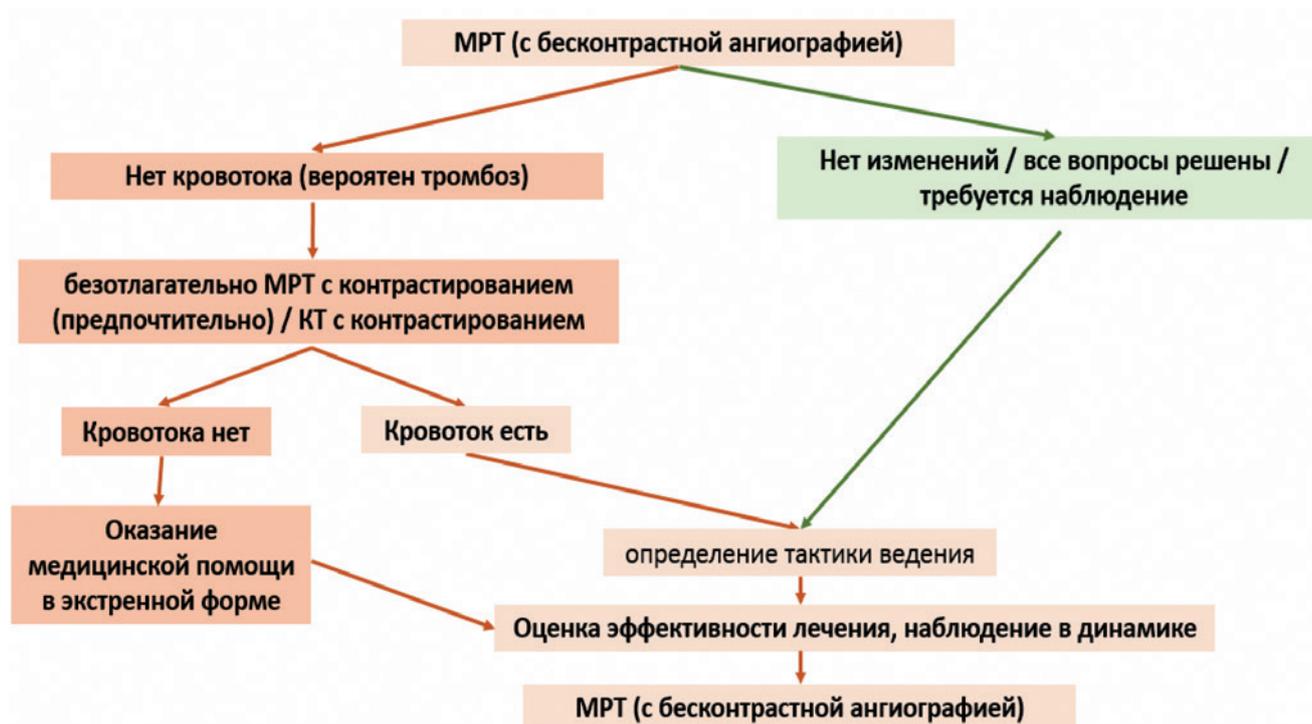


Рис. 4. Схема использования лучевых и инструментальных методов диагностики при подозрении на тромбоз венных синусов головы

Figure 4. Scheme of the use of radiation and instrumental methods of diagnosis in case of suspected thrombosis of the venous sinuses of the head

#### Тромбоз венных синусов

**КТ головного мозга и оболочек с контрастированием:** используется как первый метод диагностики при оказании медицинской помощи в экстренной форме (первые минуты — первые сутки после свершившейся сосудистой катастрофы) для выявления признаков тромбоза венных синусов.

Проведение КТ: Область исследования — как при КТ головного мозга и оболочек. Сначала нативное КТ (до введения КВ). Далее — введение КВ и отсроченное сканирование (1 минута от введения КВ).

**Важные показатели при анализе и интерпретации полученных изображений:**

- гиперденсный сигнал на нативной томограмме от венных синусов,
- отек (вазогенный) прилежащих отделов мозга,
- гипер- и гиподенсные очаги в веществе головного мозга,
- дефект наполнения синуса при контрастировании.

**Следует обращать особое внимание на:**

- признаки отека мозга (аксиальная дислокация, сглаженность извилин, сужение желудочковой системы).

#### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ОКАЗАНИИ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В НЕОТЛОЖНОЙ И ПЛАНОВОЙ ФОРМАХ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ДИАГНОЗА

**Сосудистая мальформация сосудов головного мозга (в том числе аневризма сосудов головного мозга)**

**Дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий с цветным доплеровским картированием кровотока** — для установления диагноза может быть использовано только в специализированных центрах.

**КТА** — использование КТА для установления диагноза (в большинстве случаев при диагнозе «аневризма») обосновано только в специализированных центрах, осуществляющих хирургическое лечение этой патологии.

**Сканирование артерий головного мозга:**

Область исследования: аналогично как головной мозг и оболочки без контрастирования. Контрастирование предполагает два варианта исполнения:

- 1) ручной режим начала сканирования (при визуальном подтверждении КВ в просвете артерий),

тестовый срез устанавливается на уровне субкраниального сегмента сонных артерий;

2) автоматический режим начала сканирования: тестовый срез устанавливается на уровне дуги аорты.

**Важные показатели при анализе и интерпретации полученных изображений:**

- локализация аневризмы (90 % передние отделы Виллизиева круга, М1–М2 сегменты средних мозговых артерий),

- обращенность аневризмы (на лицевую или затылочную область, внизу или сверху от артерии и т. п.),

- размеры аневризмы (протяженность и максимальные размеры при веретеновидной форме и размеры аневризматического мешка при мешотчатой форме),

- размеры (площадь) шейки аневризмы (при мешотчатой форме)/шеек аневризмы (при веретеновидной форме).

**Следует обращать особое внимание на:**

- количество аневризм,
- размеры мешка и шейки аневризмы,
- тромбоз аневризматического мешка (тотальный или частичный),

- экстравазацию КВ (признак разрыва аневризмы),

- внутримозговое и/или субарахноидальное кровоизлияние.

**МРТ** — является ведущим методом при подозрении на сосудистую мальформацию головного мозга по клиническим данным, особенно на амбулаторном этапе.

Ограничения: абсолютные противопоказания.

**Минимальный набор последовательностей (протокол сканирования) МРТ** указан в таблице 1.

**Важные показатели при анализе и интерпретации полученных изображений:**

- локализация аневризмы (90 % — передние отделы Виллизиева круга и М1–М2 сегменты средних мозговых артерий),

- обращенность аневризмы (на лицевую или затылочную область, книзу или сверху от артерии и т. п.),

- размеры аневризмы (протяженность и максимальные размеры при веретеновидной форме и размеры аневризматического мешка при мешотчатой форме),

- размеры (площадь) шейки аневризмы (при мешотчатой форме)/шеек аневризмы (при веретеновидной форме),

- изменения прилежащего мозгового вещества.

**Следует обращать особое внимание на:**

- количество аневризм,

- размеры мешка и шейки аневризмы,
- внутримозговое или субарахноидальное кровоизлияние,

- атрофию мозгового вещества в прилежащих к аневризме отделах.

**Расслоение брахиоцефальных артерий**

**Дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий с цветным доплеровским картированием кровотока** является первым методом при подозрении на расслоение артерий.

**Ограничения:** нет.

**Позиция датчика:** в области грудино-ключично-сосцевидной мышцы в проекции общей сонной артерии (ОСА) под углом 90° к горизонтальной оси либо непосредственно над поперечными отростками в горизонтальной плоскости.

**Важные показатели при анализе и интерпретации полученных изображений:**

- локализация (90 % экстракраниальные отделы после травмы в анамнезе),

- локальная асимметрия кровотока (1 сегмент или менее).

**Следует обращать особое внимание на:**

- локальное утолщение стенки позвоночной артерии,

- двустороннее локальное сужение позвоночных артерий за счет утолщения стенки.

**КТА** — используется при установленном диагнозе в специализированных центрах, осуществляющих хирургическое лечение этой патологии.

**Проведение КТА:**

Перед исследованием: анализ результатов УЗИ (не обязательно, только если исследование проводится по жизненным показаниям).

**Методика сканирования КТА БЦА:**

**Нативное сканирование:** не требуется.

**КТА:** Рекомендуется использование методики автоматического отслеживания болюса КВ в просвете дуги аорты. Зона сканирования: от нижней границы дуги аорты до свода черепа.

**Важные показатели при анализе и интерпретации полученных изображений:**

- наличие внутрипросветного дефекта контрастирования,

- протяженность расслоения (диссекции),

- окклюзия (тромбоз) артерии выше уровня расслоения (диссекции).

**Следует обращать особое внимание на:**

- соотношение размеров просветов (истинного к ложному, ложный равен или преобладает над истинным),

- отставание в контрастировании одного из просветов (чаще — истинного),

Таблица 1. Протокол сканирования МРТ при сосудистой мальформации головного мозга

|   | Последовательность  | Плоскость    | Толщина среза (мм)    | Межсрезовый интервал (мм) | Объем сканирования   |
|---|---|--------------|-----------------------|---------------------------|--|
| 1 | T2 TSE  | аксиальная   | 4-5                   | 0.4-0.5                   | От мягких тканей теменной области до нижнего края большого затылочного отверстия           |
| 2 | T1 TSE/SE   | сагиттальная | 4-5                   | 0.4-0.5                   | Включает оболочки височных областей  |
| 3 | FLAIR   | коронарная   | 4-5                   | 0.4-0.5                   | От оболочек затылочной области до передних отделов лобных долей                            |
| 4 | DWI (max b-фактор 1000 с/мм <sup>2</sup> , мин. 2 фактора, построение карт ИКД) | аксиальная   | 4-5                   | 0.4-0.5                   | Как в п. 1   |
| 5 | T2* GRE /SWI  | аксиальная   | 3-5                   | 0.5-1                     | Как в п. 1   |
| 6 | Времяпролетная (предпочтительно) или фазово-контрастная ангиография             | аксиальная   | не более 1.4          | -                         | От нижнего края мозолистого тела до нижнего контура С2-позвонка                            |
| 7 | Времяпролетная (предпочтительно) или фазово-контрастная венография              | коронарная   | определяется задачами | определяется задачами     | От мягких тканей затылочной области до передних отделов лобных долей (локализация синусов) |

- наличие и размеры фенестр (отверстия в отслоившейся интиме),

- наличие псевдоаневризм.

**МРТ** — является основным методом диагностики для установления диагноза «расслоение брахиоцефальных артерий» на всех этапах оказания медицинской помощи.

#### Минимальный набор последовательностей (протокол сканирования) МРТ

Протокол сканирования соответствует протоколу, указанному в таблице 1, кроме зоны сканирования п. 1 — в данном случае требуется покрытие зоны голова–шея. Дополнительно в протоколе необходимо использовать T1 TSE/SE с подавлением липидного спектра (селективное жироподавление или гибридная техника у ряда производителей) в аксиальной плоскости

с толщиной среза 3 мм, межсрезовым интервалом 0,3 мм, зона сканирования: зона сужения сосуда на ангиографии (определение интрамуральной гематомы).

#### Важные показатели при анализе и интерпретации полученных изображений:

- утолщение стенки за счет интрамурального кровоизлияния,

- локализация (90 % экстракраниальные отделы позвоночной или внутренней сонной артерии после травмы в анамнезе),

- локальная асимметрия кровотока (1 сегмент или менее).

#### Следует обращать особое внимание на:

- признаки кровоизлияния в стенке позвоночной артерии,

- двустороннее локальное сужение артерий за счет интрамурального кровоизлияния.

### Патология брахиоцефальных артерий (в том числе стеноз сонных артерий)

Дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий с цветным доплеровским картированием кровотока — является первым методом при подозрении на стеноз, скрининговым методом при установленном диагнозе I70 (атеросклероз) по МКБ-10.

**Ограничения:** нет.

**Важные показатели при анализе и интерпретации полученных изображений:**

1. **Локализация поражения:** чаще: общие сонные артерии (проксимальный отдел, средний отдел, бифуркация), луковица внутренней сонной артерии, доступные для осмотра отделы внутренней сонной артерии; позвоночные артерии; реже: брахиоцефальный ствол, подключичные артерии.

2. **Распространение при поперечном сканировании:** локальное (до полуокружности), эксцентрическое (занимает 2/3 окружности), циркулярное.

3. **Протяженность:** локальная (до 15 мм) или пролонгированная (более 15 мм).

4. **Характер поверхности:** гладкий, неровный, с распадом, с изъязвлением, комбинированный, подрытый.

5. **Наличие внутривалящечного кровоизлияния:** с деструкцией покрышки, без деструкции покрышки.

6. **Ультразвуковая структура:** эхогенность (эхогенная, гипоэхогенная, мезоэхогенная, эхопозитивная, гиперэхогенная с акустической тенью, с экранирующим эффектом); однородность (гомогенная, гетерогенная, смешанная).

7. **Степень стеноза** с обязательным указанием метода измерения (отношение диаметра максимального сужения к диаметру референтного участка). Для **внутренней сонной артерии (ВСА)** «референтными» участками определены: ВСА выше уровня ее луковицы (**NASCET**); наружный диаметр ВСА на уровне максимального сужения (**ECST**); на 1 см проксимальнее уровня бифуркации (**индекс CCA**); на 3–4 см проксимальнее уровня бифуркации (**индекс CSI**).

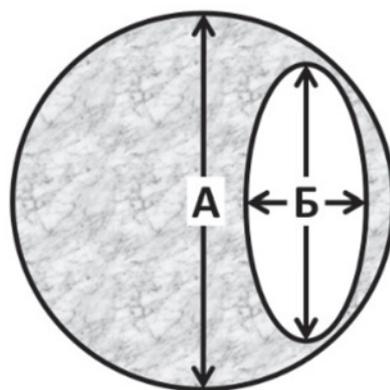
Для оценки степени стеноза сонных артерий при УЗИ рекомендовано **измерение диаметра остаточного просвета в зоне максимального сужения к наружному диаметру при поперечном сканировании (рис. 5).**

**При наличии гемодинамически значимого стеноза ВСА необходимо указать:**

- диаметр луковицы ВСА;
- диаметр дистального отдела ВСА;
- тип бифуркации ОСА (рис. 6).

При указании протяженности поражения ВСА для определения типа хирургического доступа важно указать уровень расположения поражения по отношению к бифуркации ОСА, которая принята за нулевую точку (рис. 7).

**При наличии патологии подключичных артерий или брахиоцефального ствола важно определить** градиент артериального давления между верхними конечностями, при стенозе более 50 % провести пробу с реактивной гиперемией с указанием результата; при наличии синдрома обкрадывания (позвоночно-подключичного, сонно-подключичного или др.) указать его форму: латентная, переходная или постоянная.



**Рис. 5.** Схема измерения степени стеноза при поперечном сканировании артерии: А — наружный диаметр артерии в зоне максимального стеноза, Б — диаметры остаточного просвета артерии

**Figure 5.** Scheme for measuring the degree of stenosis during transverse scanning of the artery: А — outer diameter of the artery in the zone of maximum stenosis, Б — diameters of the residual lumen of the artery

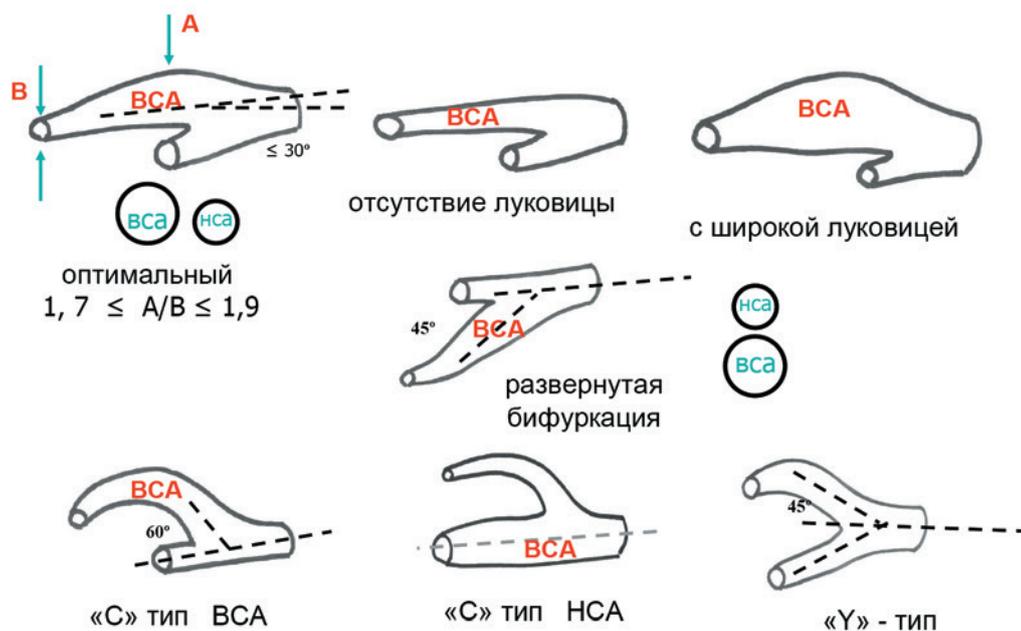


Рис. 6. Основные типы бифуркаций ОСА по данным УЗИ

Figure 6. The main types of CCA bifurcations according to ultrasound data

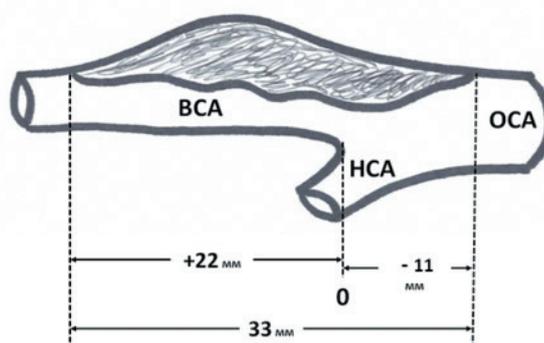


Рис. 7. Схема измерения длины атеросклеротической бляшки. Длина атеромы 33 мм (+ 22 мм, - 11 мм)

Figure 7. Scheme for measuring the length of an atherosclerotic plaque. Atheroma length 33 mm (+ 22 mm, - 11 mm)

При необходимости детализации тандемного поражения и при пограничных значениях стеноза: системное артериальное давление, линейная скорость кровотока (ЛСК) систолическая и диастолическая, градиент артериального давления.

**Важные показатели при локализации позвоночной артерии:**

- диаметры;
- аномалии отхождения (например, отдельным стволом от аорты);
- аномалии вхождения в канал поперечных отростков (в норме — С6);

- наличие извитостей, септальных стенозов, компрессий;

- реакция кровотока при ротационной пробе.

**Важные показатели при расслоении стенки артерии:**

- локализация;
- состояние ложного и истинного просвета (проходимы, тромбированы);
- наличие фенестраций.

**Сроки выполнения УЗИ:** ежегодно при установлении диагноза «атеросклероз», при клиническом ухудшении.

**КТА брахиоцефальных артерий**

При предполагаемом или установленном диагнозе необходимо предварительно провести анализ результатов предыдущих исследований.

**Проведение КТА:**

Перед исследованием: анализ результатов УЗД (обязательно).

**Сканирование КТА БЦА**

**Нативное сканирование:** не требуется.

**КТА:** Использование методики автоматического отслеживания болюса КВ в просвете дуги аорты. Зона сканирования: от нижней границы дуги аорты до свода черепа.

**Важные показатели при анализе и интерпретации полученных изображений:** Оценка стеноза: аналогично как при УЗИ. Рекомендуется использование NASCET.

**Следует обращать особое внимание на:**

- двустороннее выраженное сужение сонных артерий,
- стеноз 70 % и более по NASCET или 80 % и более по ECST,
- неровность внутреннего контура дуги аорты (при рассмотрении эндоваскулярного лечения),
- в заключении необходимо указывать применяемый вариант подсчета стеноза.

**МРТ** — использование МРТ для установления степени стеноза сонных артерий и определения показаний к оперативному лечению обосновано только в специализированных центрах, осуществляющих хирургическое лечение этой патологии.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ОКАЗАНИИ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В НЕОТЛОЖНОЙ И ПЛАНОВОЙ ФОРМАХ В ПЕРИОД ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ**

**Сосудистая мальформация сосудов головного мозга (в том числе аневризма артерий головного мозга)**

**Дуплексное сканирование транскраниальных артерий и вен** — только в специализированных центрах, осуществляющих хирургическое лечение этой патологии.

**КТА** — использование обосновано только в специализированных центрах, осуществляющих хирургическое лечение этой патологии. Опорные моменты сканирования и интерпретации аналогичны оказанию медицинской помощи в неотложной и плановой форме для установления диагноза.

**МРТ** — является наиболее предпочтительным методом, особенно на амбулаторном этапе.

**Минимальный набор последовательностей (протокол сканирования) МРТ:** Таблица 1.

Ограничения при МРТ:

- абсолютные и относительные противопоказания,
- наличие артефактов от зубных имплантов.

**Важные показатели при анализе и интерпретации полученных изображений МРТ:**

- исключение инфаркта в острой стадии и интракраниального кровоизлияния,
- атрофические очаги мозгового вещества в зоне оперативного вмешательства,
- кровоток в артериях головного мозга.

**Следует обращать особое внимание** на очаги инфаркта в острой стадии и интракраниальное кровоизлияние.

**Сроки выполнения МРТ:** в ранний послеоперационный период, через 6 месяцев и 12 месяцев, далее ежегодно или при клиническом ухудшении.

**После реконструкций брахиоцефальных артерий**

**Дуплексное сканирование экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий** — является наиболее безопасным и простым в использовании методом после операции для оценки кровотока.

**Ограничения:** нет.

**Важные показатели при анализе и интерпретации полученных изображений:**

- восстановление кровотока и скоростных характеристик кровотока;
- полнота раскрытия стента, наличие/отсутствие рестеноза (при стентировании).

**Следует обращать особое внимание на:**

- локальное утолщение стенки артерии.

**Сроки выполнения УЗД:**

- в ранний послеоперационный период, через 6 месяцев и 12 месяцев, далее ежегодно или при клиническом ухудшении.

**КТА брахиоцефальных артерий**

Показания ограничены (при рестенозе, оказании медицинской помощи в неотложной форме). Протокол сканирования и интерпретация — как при неотложной и плановой формах. Выполнение вне жизненных показаний обосновано только в специализированных центрах, выполняющих оперативное лечение стеноза.

**МРТ брахиоцефальных артерий**

Предпочтительно выполнение в специализированном центре. Целесообразно использование в ранний послеоперационный период совместно

с оценкой восстановления кровотока и исключения очагов острого инфаркта в мозговом веществе.

#### **Минимальный набор последовательностей (протокол сканирования) МРТ:**

Как в таблице 1, кроме п. 6 и п. 7, поскольку в этом случае сканирование сосудов выполняется не в аксиальной, а в коронарной плоскости от середины мозолистого тела до дуги аорты.

#### **Важные показатели при анализе и интерпретации полученных изображений:**

- исключение инфаркта головного мозга,
- увеличение количества очагов в головном мозге,
- кровотоки в брахиоцефальных артериях.

**Следует обращать особое внимание** на очаги инфаркта головного мозга в острой стадии и интракраниальное кровоизлияние.

**Сроки выполнения МРТ:** в ранний послеоперационный период, через 6 месяцев и 12 месяцев (только по направлению специализированных центров, выполняющих хирургическое лечение).

#### **Другие методы лучевой и инструментальной диагностики**

**Цифровая субтракционная ангиография** — используется вместо КТА по экстренным показаниям.

**ПЭТ** — может быть рекомендована к проведению по решению специализированных центров для уточняющей диагностики патологии сосудистой стенки в сложных диагностических случаях (например, диагностика васкулита).

#### **Конфликт интересов / Conflict of interest**

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

#### **Финансирование / Funding**

Работа не имела спонсорской поддержки. / The work had no sponsorship.

#### **Список литературы / References**

1. Bonati LH, Kakkos S, Berkefeld J, et al. European Stroke Organisation guideline on endarterectomy and stenting for carotid artery stenosis. *Eur Stroke J.* 2021; 6(2):I-XLVII. DOI: 10.1177/23969873211012121.
2. Clark M, Unnam S, Ghosh S. A review of carotid and vertebral artery dissection. *Br J Hosp Med (Lond).* 2022; 83(4):1–11. DOI: 10.12968/hmed.2021.0421
3. Hemingway JF, Singh N. Atherosclerotic Disease of the Carotid Artery Guidelines. <https://emedicine.medscape.com/article/463147-guidelines> (29 September 2021).
4. Jeong HW, Seo JH, Kim ST, et al. Clinical practice guideline for the management of intracranial aneurysms.

*Neurointervention.* 2014; 9(2):63–71. DOI: 10.5469/neuroint.2014.9.2.63.

5. Kuo AH, Nagpal P, Ghoshhajra BB, et al. Vascular magnetic resonance angiography techniques. *Cardiovasc Diagn Ther.* 2019;9(Suppl 1):S28–S36. DOI: 10.21037/cdt.2019.06.07.

6. Lancellotti P, Płońska-Gościński E, Garbi M, et al. Cardiovascular imaging practice in Europe: a report from the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015; 16(7):697–702. DOI: 10.1093/ehjci/jev116.

7. Steiner T, Juvela S, Unterberg A, et al. European Stroke Organization. European Stroke Organization guidelines for the management of intracranial aneurysms and subarachnoid haemorrhage. *Cerebrovasc Dis.* 2013; 35(2):93–112. DOI: 10.1159/000346087.

8. Thompson BG, Brown RD Jr, Amin-Hanjani S, et al. Guidelines for the Management of Patients With Unruptured Intracranial Aneurysms: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke.* 2015; 46(8):2368–400. DOI: 10.1161/STR.0000000000000070.

9. Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MEL, et al. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries Endorsed by: the European Stroke Organization (ESO) The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur Heart J.* 2018; 39(9):763–816. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx095.

10. Vishnyakova MV (Jr). Occlusive carotid disease assessment: history and new diagnostic technologies. *Kreativnaya Kardiologiya=Creative Cardiology.* 2017; 11 (3): 247–261. In Russian [Вишнякова М.В., мл. Оценка окклюзирующего поражения сонных артерий: история, тенденции развития диагностических технологий. Креативная кардиология. 2017; 11 (3): 247–261.] DOI: 10.24022/1997-3187-2017-11-3-247-261.

11. Pak NT, Kobelev E, Usov WYu, et al. Evaluation of the severity of atherosclerotic degeneration of the aortic arch wall using computed tomographic angiography to predict the risk of stroke in patients with carotid stenosis in the early postoperative period. *Creative Cardiology.* 2022; 16(1): 77–91. In Russian [Пак Н.Т., Кобелев Е., Усов В.Ю. и др. Оценка выраженности атеросклеротической дегенерации стенки дуги аорты методом компьютерно-томографической ангиографии для прогнозирования риска острых сосудистых событий у пациентов со стенозами сонных артерий в раннем послеоперационном периоде. Креативная кардиология. 2022; 16(1): 77–91.] DOI: 10.24022/1997-3187-2022-16-1-77-91.

12. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации № 557н от 8 июня 2020 г. «Об утверждении Правил проведения ультразвуковых исследований». <https://minjust.consultant.ru/documents/23536> (14 September 2020)

13. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации № 560н от 9 июня 2020 г. «Об утверждении Правил проведения рентгенологических исследований». <https://minjust.consultant.ru/documents/23525> (14 September 2020)

14. Fokin VA. Standardization of MRI Studies Using an Automatic Magnetic Resonance Contrast Agent Injector. *Journal of radiology and nuclear medicine*. 2020; 101(4):235–243. In Russian [Фокин В.А. К вопросу о стандартизации МРТ-исследований с использованием автоматического иньектора для введения магнитно-резонансных контрастных средств. Вестник рентгенологии и радиологии. 2020; 101(4):235–243.] DOI: 10.20862/0042-4676-2020-101-4-235-243.

15. Shumilina MV. Angiological bases of complex ultrasonic diagnostics of a pathology of vessels. *Klinicheskaya Fiziologiya Krovoobrascheniya=Clinical Physiology of Circulation*. 2016; 13(1): 5–36. In Russian [Шумилина М.В. Ангиологические основы комплексной ультразвуковой диагностики патологии сосудов. Клиническая физиология кровообращения. 2016; 13(1): 5–36.]

16. Shumilina MV, Mukaseeva AV. Standardization of ultrasound examinations of brachiocephalic vessels. Necessary and sufficient indicators of stenosis of the internal carotid arteries for cardiovascular surgery. *Klinicheskaya Fiziologiya Krovoobrascheniya=Clinical Physiology of Circulation*. 2012; 4:51–59. In Russian [Шумилина М.В., Мукасеева А.В. Стандартизация ультразвуковых обследований брахиоцефальных сосудов. Необходимые и достаточные показатели стенозов внутренних сонных артерий для кардиоваскулярных операций. Клиническая физиология кровообращения. 2012; 4:51–59.]

#### Информация об авторах:

Берген Татьяна Андреевна, д.м.н., профессор, отдел высшего и дополнительного профессионального образования, заведующий научно-исследовательским отделом лучевой и инструментальной диагностики, врач-рентгенолог, ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е. Н. Мешалкина» Минздрава России;

Труфанов Геннадий Евгеньевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и медицинской визуализации Института медицинского образования, главный научный сотрудник, научно-исследовательский отдел лучевой диагностики, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Александрова Светлана Александровна, к.м.н., доцент кафедры кардиологии, функциональной и ульт-

развуковой диагностики с курсом детской кардиологии, старший научный сотрудник, заведующий отделением магнитно-резонансной томографии, врач-рентгенолог, ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева» Минздрава России;

Синицын Валентин Евгеньевич, д.м.н., профессор кафедры многопрофильной клинической подготовки, заведующий курсом лучевой диагностики и лучевой терапии, ФГБОУ ВО «МГУ им. М. В. Ломоносова»;

Шумилина Маргарита Владимировна, д.м.н., профессор кафедры кардиологии, функциональной и ультразвуковой диагностики с курсом детской кардиологии Института подготовки кадров высшей квалификации и профессионального образования, заведующий группой ультразвуковой диагностики сердечно-сосудистой и органной патологии, ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева» Минздрава России;

Рычина Инна Евгеньевна, к.м.н., заведующий отделением компьютерной томографии, врач-рентгенолог, ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева» Минздрава России;

Таркова Александра Романовна, к.м.н., врач функциональной диагностики, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела лучевой и инструментальной диагностики, ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е. Н. Мешалкина» Минздрава России;

Фокин Владимир Александрович, д.м.н., профессор кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации Института медицинского образования, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Скрипник Алексей Юрьевич, заведующий отделением лучевой диагностики № 3, врач-рентгенолог ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Дорофеев Алексей Владимирович, к.м.н., заведующий отделом рентгенодиагностики, КТ, МРТ, ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева» Минздрава России;

Чернявский Михаил Александрович, д.м.н., заведующий научно-исследовательским отделом сосудистой и интервенционной хирургии, главный научный сотрудник, врач — сердечно-сосудистый хирург, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Чернявский Александр Михайлович, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, генеральный директор ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е. Н. Мешалкина» Минздрава России;

Голухова Елена Зеликовна, д.м.н., профессор, академик РАН, директор ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева» Минздрава России;

Шляхто Евгений Владимирович, д.м.н., профессор, академик РАН, генеральный директор ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России.

#### Author information:

Tatyana A. Bergen, M.D., Professor of the Department of Higher and Additional Professional Education, Head of

the Research Department of Radiology and Instrumental Diagnostics, radiologist, Meshalkin National Medical Research Center;

Gennady E. Trufanov, M.D., Professor, Head of the Department of Radiology and Medical Imaging of the Institute of Medical Education, Chief Researcher, Research Department of Radiology, Almazov National Medical Research Centre;

Svetlana A. Alexandrova, M.D., Head of the MRI Department, Docent of the Department of Cardiology, Functional and Ultrasound Diagnostics with Course in pediatric cardiology of the Institute for Training Higher Qualifications and Professional Education, Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery;

Valentin E. Sinitsyn, M.D., Professor of the Department of Multidisciplinary Clinical Training, Head of the Course of Radiology and Radiation Therapy, Lomonosov Moscow State University;

Margarita V. Shumilina, M.D., Professor of the Department of Cardiology, Functional and Ultrasound Diagnostics with Course in pediatric cardiology of the Institute for Training Higher Qualifications and Professional Education, Head of the Group of Ultrasound Diagnostics of Cardiovascular and Organ Pathology, Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery;

Inna E. Rychina, M.D., Head of the CT Department, Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery;

Alexandra R. Tarkova, M.D., Functional Diagnostics Doctor, Leading Researcher, Research Department of Radiology and Instrumental Diagnostics, Meshalkin National Medical Research Center;

Vladimir A. Fokin, M.D., Professor of the Department of Radiology and Medical Imaging, Institute of Medical Education, Almazov National Medical Research Centre;

Aleksey Yu. Skripnik, Head of the Radiology Department, Almazov National Medical Research Centre;

Aleksey V. Dorofeev, M.D., Head of the Department of X-ray Diagnostics, CT, MRI, Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery;

Mikhail A. Chernyavsky, M.D., Head of the Research Department of Vascular and Interventional Surgery, Chief Researcher, Cardiovascular Surgeon, Almazov National Medical Research Centre;

Alexandr M. Chernyavsky, M.D., Professor, correspondent member of the Russian Academy of Sciences, General Director, Meshalkin National Medical Research Center;

Elena Z. Golukhova, M.D., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director, Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery;

Evgeny V. Shlyakhto, M.D., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, General Director, Almazov National Medical Research Centre.