

## АЛГОРИТМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ОККЛЮЗИРУЮЩЕГО ПОРАЖЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТАКТИКИ ВЕДЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ

**М.В. Вишнякова (мл.)**, к. м. н., ст. науч. сотр.

ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт  
им. М.Ф. Владимирского»,  
ул. Щепкина, 61/2, Москва, 129110, Российская Федерация

## IMAGING ALGORITHMS FOR OCCLUSIVE CAROTID DISEASE IN TREATMENT STRATEGY

**M.V. Vishnyakova Jr.**, MD, PhD, Senior Researcher

M.F. Vladimirskiy Moscow Regional Research and Clinical Institute,  
ul. Shchepkina, 61/2, Moscow, 129110, Russian Federation

**Цель исследования** – усовершенствование алгоритмов обследования пациентов с окклюзирующим поражением внутренних сонных артерий (ВСА) на этапах предоперационной подготовки и оценки послеоперационных изменений и осложнений.

**Материал и методы.** За 2012–2016 гг. проанализированы результаты пред- и послеоперационного обследования пациентов с окклюзирующим поражением ВСА. Выделены группы, в которых оценивались: информативность компьютерно-томографической ангиографии (КТА) при планировании операции (256 пациентов), значение КТА в диагностике послеоперационных изменений (51 пациент), информативность перфузионной КТ (ПКТ) в изучении кровотока в головном мозге перед и после операции (103 и 76 пациентов соответственно), возможности КТ и МРТ в диагностике послеоперационных неврологических осложнений (595 пациентов).

**Результаты.** Проведение КТА перед операцией позволило повысить информативность диагностики окклюзирующего поражения, изменить тактику лечения в 6 случаях. По результатам изучения состояния артерий после операции по данным КТА были выделены три категории: «ожидаемое» состояние сосудов; изменения, требующие динамического наблюдения; осложнения. Применение ПКТ целесообразно для пациентов с односторонним сужением ВСА, сочетанием стеноза ВСА и окклюзии противоположной ВСА. Для диагностики неврологических осложнений проводится МРТ головного мозга, при необходимости дообследования – КТА и ПКТ.

**Заключение.** Комплексный алгоритм диагностики окклюзирующего поражения ВСА, оценки послеоперационных изменений сосудов и неврологических осложнений после реваскуляризации позволяет последовательно оценить позиции, принципиальные для определения тактики лечения пациента.

**Ключевые слова:** окклюзирующее поражение сонных артерий; диагностический алгоритм; оперативное лечение.

**Для цитирования:** Вишнякова М.В. (мл.). Алгоритмы комплексной лучевой диагностики окклюзирующего поражения внутренней сонной артерии для определения тактики ведения пациентов. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2017; 98 (5): 231–7. DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-231-237

**Для корреспонденции:** Вишнякова Марина Валентиновна; E-mail: cherridra@mail.ru

**Objective** – to optimize imaging algorithms of preoperative evaluation and postoperative changes and complications in patients with occlusive carotid disease.

**Material and methods.** Results of pre- and postoperative imaging of patients with occlusive carotid disease during 2012–2016 years were analyzed. Four groups were defined: assessment of CT-angiography (CTA) for preoperative planning (256 patients); the role of CTA for postoperative changes (51 patients); CT-perfusion (CTP) abilities in cerebral circulation assessment before and after surgery (103 and 76 patients); CT and MRI in diagnosis of postoperative neurologic complications (595 patients).

**Results.** CTA employment in preoperative examination increased accuracy of occlusive process evaluation and changed management strategy in 6 patients. With CTA data we were able to define three variants of postoperative carotid changes: “expected” condition; changes that require further dynamic control studies; complications. The most reasonable was CTP employment for patients with combination of stenosis of one carotid artery and occlusion of contralateral artery. For diagnosis of neurologic complication first line examination was MRI, than for further assessment – CTA and CTP.

**Conclusion.** Complex imaging algorithm for occlusive carotid disease assessment, defining of postoperative vascular status and possible neurologic complications provide necessary information for management strategy examination.

**Index terms:** carotid occlusive disease; imaging algorithm; surgical treatment.

**For citation:** Vishnyakova M.V. Jr. Imaging algorithms for occlusive carotid disease in treatment strategy. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology)*. 2017; 98 (5): 231–7 (in Russ.). DOI: 10.20862/0042-4676-2017-98-5-231-237

**For correspondence:** Marina V. Vishnyakova; E-mail: cherridra@mail.ru

**Information about author:**  
Vishnyakova M.V. Jr., orcid.org/0000-0003-3838-636X

**Acknowledgements.** The study had no sponsorship.

**Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Received August 26, 2017

Accepted September 12, 2017

## Введение

Профилактика и лечение нарушений мозгового кровообращения по ишемическому типу остаются одной из самых актуальных проблем современной медицины [1–4]. До 50% случаев данной патологии развивается на фоне атеросклеротического поражения брахиоцефальных артерий (БЦА), в частности луковичи внутренней сонной артерии (ВСА) [2–4]. Восстановление кровотока по сонным артериям проводится при помощи открытого или эндоваскулярного хирургического вмешательства.

Решение об операции у каждого конкретного пациента принимается по совокупности данных предоперационного обследования; одним из наиболее важных критериев для выбора тактики ведения пациента является оценка состояния сонных артерий [2, 4].

Основным методом, применяемым для диагностики патологии, служит ультразвуковое исследование (УЗИ). При его проведении возможны оценка степени сужения просвета сосуда и показателей гемодинамики на этом уровне, визуализация структуры атеросклеротической бляшки. Чувствительность и специфичность УЗИ для определения стенозов более 70% составляют 99 и 86% соответственно [2, 4]. У метода есть ряд ограничений: операторозависимость, недостаточные возможности в оценке состояния труднодоступных для визуализации отделов сонных артерий [2, 4].

Компьютерно-томографическая ангиография (КТА) все шире применяется для диагностики окклюзирующего поражения сонных артерий [5–9] и характеризуется высокими показателями чувствительности и специфичности (90 и 95% соответственно) [8, 9]. В российских и зарубежных рекомендациях не существует стандартного протокола описания выявленных при КТА изменений; метод предлагается использовать в отдельных сложных случаях

[2, 4]. Также практически отсутствуют литературные источники, описывающие варианты послеоперационных изменений в сонных артериях по данным КТА.

Перфузионная компьютерная томография (ПКТ) все чаще применяется для оценки кровотока в головном мозге на фоне окклюзирующего поражения сонных артерий [10–12]. Однако целесообразность ее использования при различных вариантах атеросклеротических изменений (при стенозах и окклюзиях) изучена в меньшей степени [13, 14].

После реконструктивных операций на сонных артериях возможно развитие неврологических осложнений, включающих ишемические изменения и гиперперфузионный синдром (ГПС). Основными методами диагностики данных состояний являются магнитно-резонансная и компьютерная томография (МРТ и КТ), однако в отдельных случаях их дифференциальная диагностика затруднена [15].

С учетом наличия различных методов визуализации состояния сонных артерий, изменений мозгового кровотока при окклюзирующем поражении и диагностики неврологических осложнений после операции целью нашего исследования стало усовершенствование алгоритмов обследования пациентов на этапе предоперационной подготовки и оценки послеоперационных изменений и осложнений.

## Материал и методы

За 2012–2016 гг. в отделении КТ и МРТ МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского были проанализированы результаты комплексного обследования пациентов перед реконструктивной операцией по поводу окклюзирующего поражения ВСА, а также данные послеоперационных исследований.

В соответствии с поставленными задачами в рамках поиска оптимальных диагностических алгоритмов пациенты были разделены на несколько групп.

В 1-й группе ( $n = 256$ ) проводилась оценка информативности КТА при планировании реконструктивных операций на ВСА; в рамках исследования выполнялись УЗИ БЦА и кровотока по виллизиевому кругу, КТА брахиоцефальных артерий. КТА проводилась на томографе Philips iCT256 (толщина получаемых срезов не более 0,9 мм), включала низкодозовое бесконтрастное сканирование, контрастное исследование с проведением артериальной и венозной (также низкодозовой) фаз с внутривенным болюсным введением неионного контрастного препарата (объемом 50–60 мл со скоростью 4–4,5 мл/с).

При измерении степени стеноза ВСА на уровне луковичи применялись критерии NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) и ECST (European Carotid Surgery Trial) [16, 17].

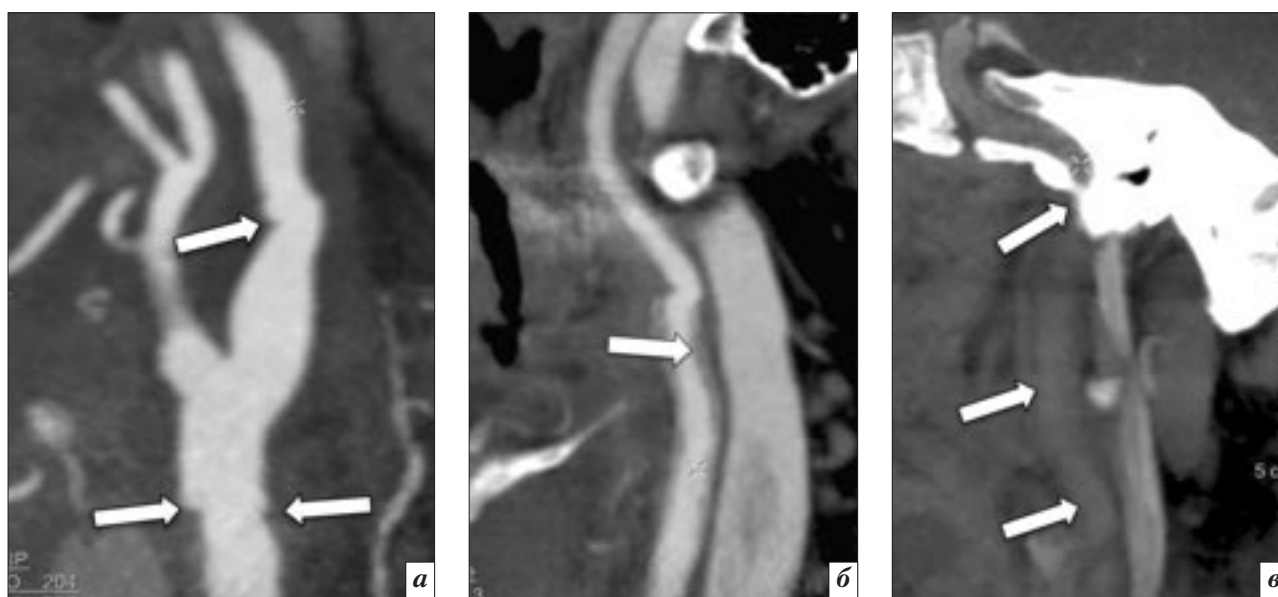
Во 2-й группе ( $n = 51$ ) в ходе оценки послеоперационных изменений в сонных артериях сопоставлялись данные УЗИ и КТА сонных артерий, дальнейшее течение послеоперационного периода.

В 3-й группе для изучения информативности ПКТ до и после оперативного вмешательства обследованы 103 пациента перед операцией и 76 – в раннем послеоперационном периоде. ПКТ проводилась на уровне базальных ядер с внутривенным болюсным введением неионного контрастного препарата (объемом 40 мл со скоростью 4 мл/с). Далее анализировались показатели перфузии при помощи построения карт и посредством получения относительных показателей.

В 4-й группе для изучения информативности компьютерной и магнитно-резонансной томографии в диагностике неврологических осложнений после операций на ВСА были проанализированы результаты обследования и лечения всех пациентов за 2012–2016 гг. (595 человек).

Изменения, выявленные при КТА и повлиявшие на тактику лечения пациентов

Исходные данные	Тактика до выполнения КТА	Выявленные данные	Влияние на тактику лечения	Число пациентов
Диффузное поражение стенок ВСА	Неоперабельные пациенты	Неизменные дистальные отделы ВСА	Принятие решения о возможности проведения операции	3
Окклюзия ВСА на всем протяжении	Планировалась операция на противоположной артерии	Локальная окклюзия ВСА с дальнейшим коллатеральным кровотоком	Принятие решения о реконструкции локально окклюзированной артерии	1
Отсутствие информации о состоянии интракраниальных артерий	Планировалась операция на ВСА в плановом порядке	Мешотчатая артериальная аневризма сосудов виллизиева круга	Также выполнено оперативное лечение по поводу аневризмы	2



**Рис. 1.** КТА после операции, артериальная фаза контрастирования, реконструкция в сагиттальной плоскости: *а* – «должное» (нормальное) состояние после «классической» каротидной эндартерэктомии (минимальная деформация контура – стрелки); *б* – изменения, требующие наблюдения, после протезирования ВСА и ОСА (пристеночные дефекты контрастирования – стрелка); *в* – осложнение после эверсионной каротидной эндартерэктомии (тромбоз – стрелки)

При отсутствии противопоказаний выполнялась МРТ с использованием стандартных последовательностей T1, T2, FLAIR, DWI и бесконтрастной магнитно-резонансной ангиографии. Пациентам в тяжелом состоянии и при наличии противопоказаний к МРТ выполнялась компьютерная томография, включавшая бесконтрастное исследование, КТА и ПКТ.

Также проводилась статистическая оценка факторов риска развития неврологических осложнений после операции по ряду клинических критериев (пол, возраст пациента) и данным методов визуализации. Для параме-

тров, измеренных в номинальной шкале (таких, как пол), вычисляли двусторонний точный критерий Фишера; при параметрах, измеренных в ординальной шкале (например, степень стеноза) – асимптотический тест ассоциации. Для непрерывных параметров (например, протяженность атеросклеротической бляшки) вычисляли непарный критерий Уилкоксона–Манна–Уитни. За уровень достоверности принималось значение  $p$ , равное 0,05.

### Результаты

**КТА до операции.** Включение КТА в алгоритм обязательного предоперационного обследо-

вания пациентов с окклюдующим поражением ВСА повысило информативность диагностики атеросклеротического поражения, позволило выявить сочетанные изменения сосудов на уровнях, не доступных для УЗИ. Так, использование КТА изменило тактику лечения в 6 (2,3%) случаях (табл. 1).

**КТА после операции.** По результатам оценки состояния сонных артерий после реконструктивных операций по данным КТА было выделено три категории изменений (рис. 1), в соответствии с которыми осуществлялось дальнейшее ведение пациентов:

1) «должное» (нормальное) послеоперационное состояние: артерии имели ровные и четкие контуры, просвет реконструированных сосудов контрастировался гомогенно (41 пациент);

2) послеоперационные изменения, требовавшие наблюдения: локальные дефекты контрастирования, не вызывающие выраженного сужения просвета артерии; усиление изгибов артерий (5 пациентов);

3) осложнения после оперативного вмешательства: тромбоз, расслоение артерии (5 пациентов).

**ПКТ.** При оценке информативности ПКТ в изучении мозгового кровотока при окклюзирующем поражении ВСА для планирования операции были получены переменные значения, обусловленные как физиологической асимметрией кровотока, так и конкретным вариантом атеросклеротического поражения сосудов. Значимые (с точки зрения превышения физиологической асимметрии кровотока) изменения были выявлены в 37% случаев. Наиболее информативным стало применение ПКТ для пациентов с односторонним стенозом ВСА, а также сочетанием стеноза ВСА и окклюзии противоположной артерии.

**Диагностика неврологических осложнений.** Неврологические ишемические осложнения были выявлены в 1,8% случаев (11 пациентов). Распределение пациентов в зависимости от стадии инсульта и применяемых методов диагностики представлено в таблице 2.

Таблица 2

**Распределение пациентов в зависимости от стадии ишемического инсульта и методов обследования**

Стадия	Проведенное исследование		Всего
	МРТ	КТ	
Острейшая	–	1	1
Острая	3	7	10

Изменения в острую стадию инсульта были типичными и не вызывали трудностей в диагностике по данным и КТ и МРТ. Наибольшие же трудности вызывало определение острейшей стадии ишемического поражения головного мозга при помощи компьютерной томографии.

Гиперперфузионный синдром (ГПС) после операции отмечался в 7 (1,1%) случаях при одностороннем стенозе ВСА (4 пациента) и при сочетании стеноза одной ВСА и окклюзии противоположной ВСА (3 пациента).

По результатам определения характерных признаков ГПС мы выделили три категории изменений:

1) усиление мозгового кровотока при отсутствии очагового поражения вещества головного мозга;

2) диффузный (или локальный) отек вещества головного мозга;

3) наличие геморрагического компонента.

При оценке статистических данных была получена корреляция между вариантом атеросклеротического поражения ВСА и частотой развития осложнений: наибольшая вероятность развития неврологических осложнений обнаружена для пациентов с сочетанием стеноза одной ВСА и окклюзией противоположной ВСА.

Также была отмечена взаимосвязь между выраженностью ишемических изменений головного мозга и частотой развития неврологических осложнений, при этом наибольший риск операция представляла для пациентов с обширными зонами кистозно-глиозной трансформации. Выявлена связь между принадлежностью к мужскому полу и риском развития ишемического инсульта после операции.

### Обсуждение

Результаты проведенного нами исследования позволили предложить алгоритмы диагностического обследования пациентов с ок-

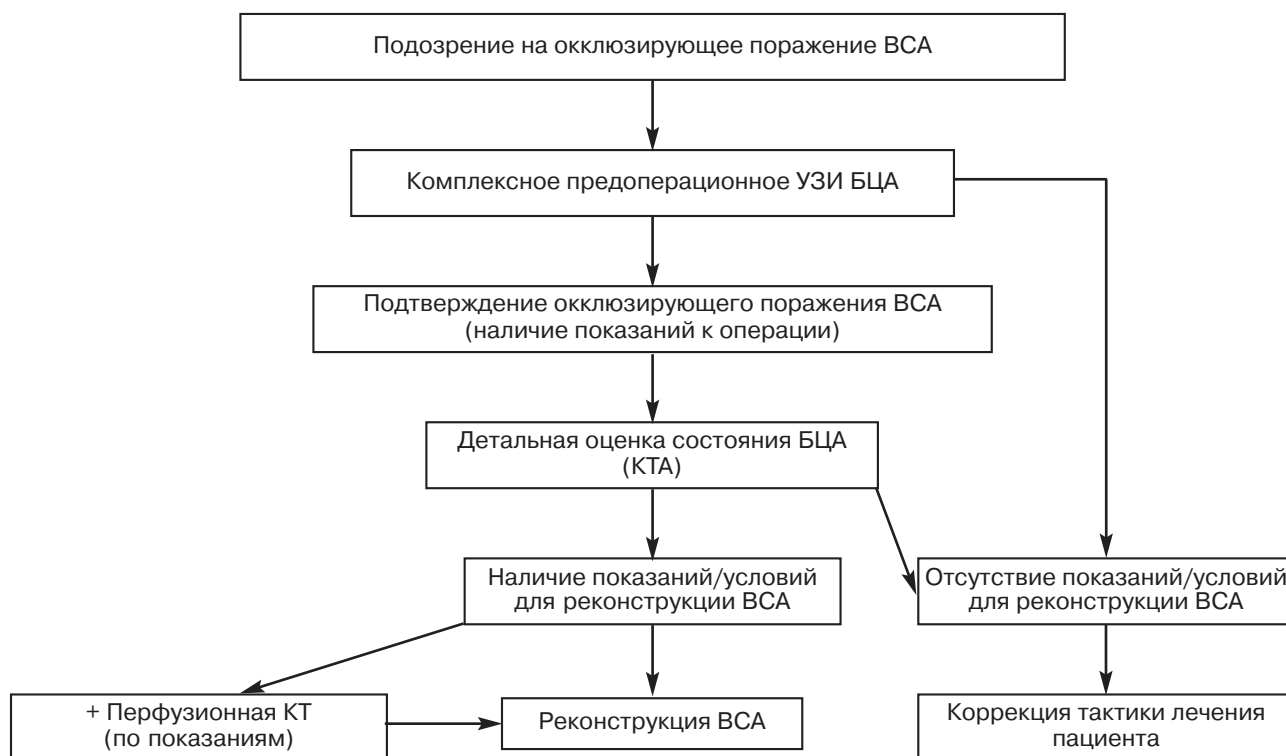
клюзирующим поражением ВСА в рамках подготовки к операции и в послеоперационном периоде.

**Алгоритм 1.** При подозрении на окклюзирующее поражение ВСА пациентам проводится комплексное УЗИ БЦА; при подтверждении поражения ВСА и наличии показаний к оперативному лечению выполняются компьютерная томография головного мозга и КТА (рис. 2). ПКТ может дополнять протокол обследования в отдельных случаях по показаниям (сочетание окклюзии ВСА и стеноза ВСА, наличие двусторонних выраженных и критических сужений ВСА) – для определения у пациентов исходного состояния кровотока в головном мозге и повышения информативности последующей диагностики возможных неврологических осложнений.

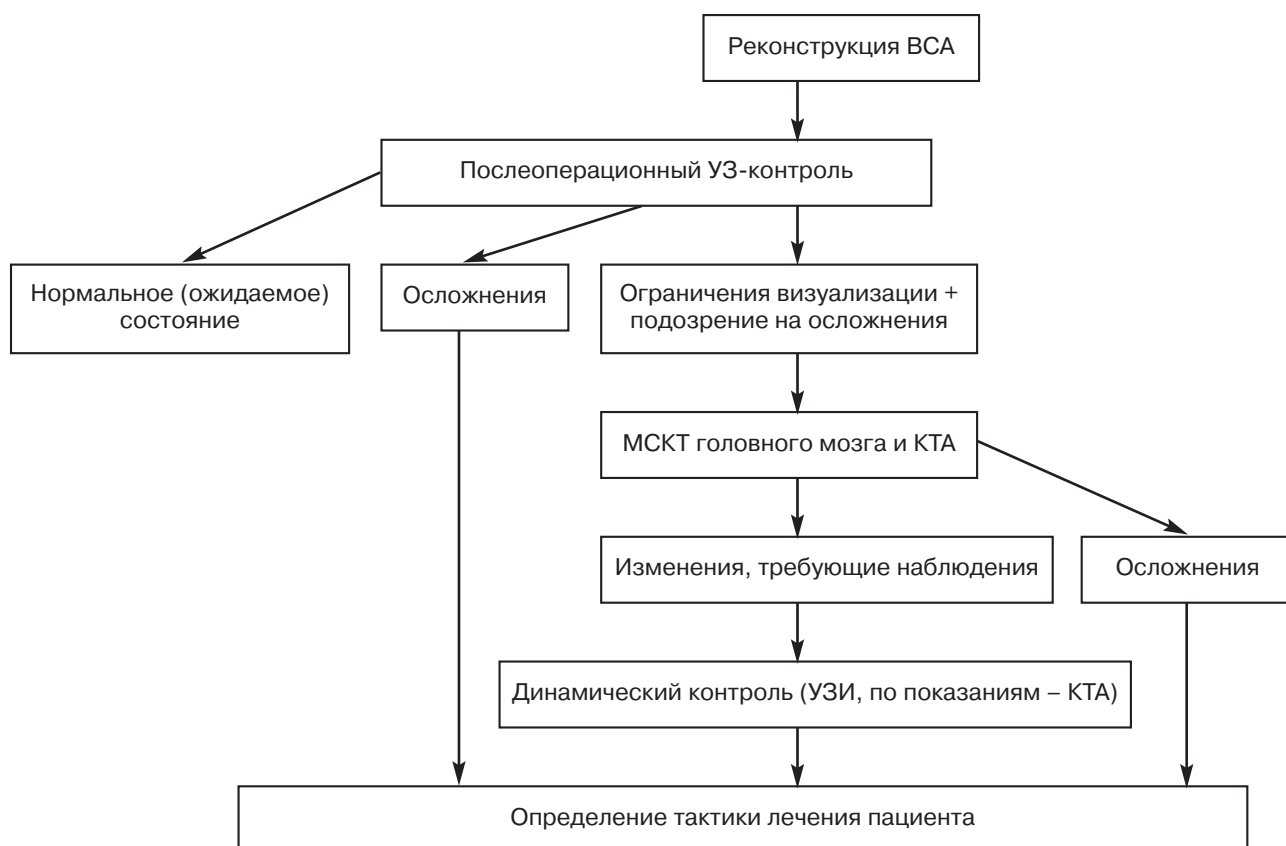
**Алгоритм 2.** Оценка послеоперационных изменений в сонных артериях проводится также исходно по данным УЗИ. При подозрении на наличие осложнений на уровнях, труднодоступных для УЗИ, выполняется КТА с разделением послеоперационных изменений на нормальное (ожидаемое) состояние, изменения, требующие наблюдения, и на осложнения (рис. 3).

**Алгоритм 3.** При диагностике послеоперационных неврологических осложнений при стабильном состоянии пациента лучевое обследование начинается с МРТ головного мозга; для получения дополнительной информации о состоянии сонных артерий или при нестабильном состоянии пациента (и наличии противопоказаний к МРТ) выполняется компьютерная томография, включающая бесконтрастное исследование, КТА и при необходимости ПКТ (рис. 4).

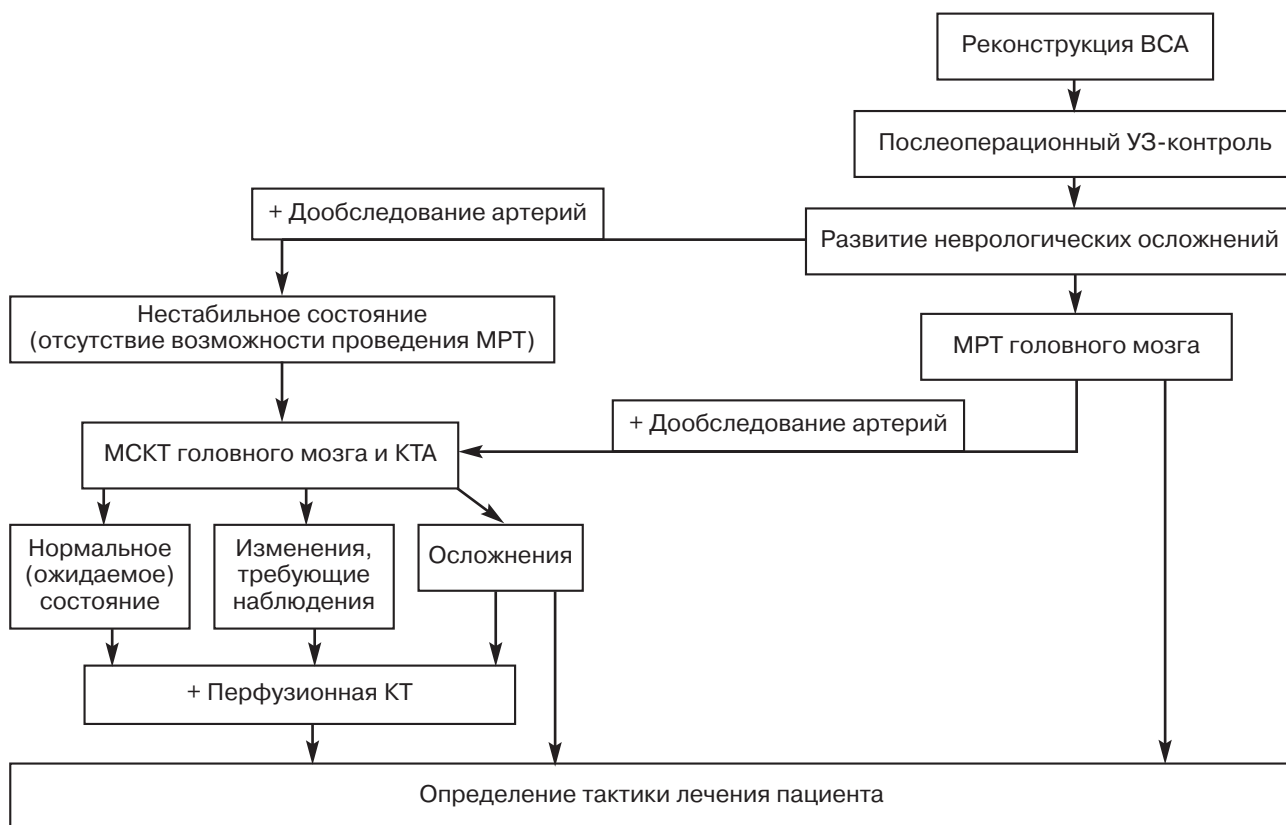
У пациентов со стенозом одной сонной артерии и окклюзией противоположной сонной артерии, учитывая риск развития неврологических осложнений после операции, протокол исследования может быть дополнен ПКТ



**Рис. 2.** Обследование пациентов с окклюзирующим поражением ВСА перед операцией – алгоритм 1



**Рис. 3.** Оценка состояния сонных артерий после операции – алгоритм 2



**Рис. 4.** Обследование пациентов после реконструктивной операции на ВСА при подозрении на наличие неврологических осложнений – алгоритм 3

на этапах до- и послеоперационного обследования.

### Заключение

Использование комплексных алгоритмов обследования для оценки окклюзирующего поражения ВСА, послеоперационных изменений сосудов и неврологических осложнений после реваскуляризации позволяет последовательно определить диагностические критерии, принципиальные для выбора тактики лечения пациента.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

### Литература

1. Стаховская Л.В., Котов С.В. (ред.). Инсульт: Руководство для врачей. М.: Медицинское информационное агентство; 2013.
2. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий. М.; 2013.
3. Верещагин Н.В. Роль поражений экстракраниальных отделов магистральных отделов головы в патогенезе нарушений мозгового кровообращения. Сосудистые заболевания нервной системы. Смоленск; 1980: 23–6.
4. Ricotta J.J., Aburahma A., Ascher E., Eskandari M., Faries P., Lal B.K. et al. Updated Society for Vascular Surgery guidelines for management of extracranial carotid disease. *J. Vasc. Surg.* 2011; 54 (3): 1–31.
5. Мамедов Ф.Р., Арутюнов Н.В., Усачев Д.Ю., Мельникова-Пицхелаури Т.В., Пяшина Д.В., Фадеева Л.М., Корниенко В.Н. Комплексная нейрорадиологическая диагностика при атеросклеротическом поражении сонных артерий. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2011; 1: 4–10.
6. Мамедов Ф.Р., Арутюнов Н.В., Усачев Д.Ю., Лукшин В.А., Мельникова-Пицхелаури Т.В., Фадеева Л.М. и др. Современные методы нейровизуализации при стенозирующей и окклюзирующей патологии сонных артерий. *Лучевая диагностика и терапия.* 2012; 3 (3): 109–16.
7. Вишнякова М.В. (мл.), Пронин И.Н., Ларьков Р.Н., Вишнякова М.В. Детализация окклюзирующего поражения внутренней сонной артерии при компьютерно-томографической ангиографии для планирования реконструктивных операций. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2017; 98 (2): 69–77.
8. Jauch E.C. et al. Guidelines for the early management of patient with acute ischemic stroke. *Stroke.* 2013; 44: 870–947.
9. Gladstone D.J., Kapral M.K., Fang J., Laupacis A., Tu J.V. Management and outcomes of transient ischemic attacks in Ontario. *CMAJ.* 2004; 170: 1099–104.
10. Ashok Srinivasan, Mayank Goyal, Faisal Al Azri, Cheemun Lum. State of the art imaging of acute stroke. *RadioGraphics.* 2006; 26: S75–S95.

11. Van Seeters T., Biessels G.J., Kappelle L.J., Van der Schaaf I.C., Dankbaar J.W. et al. The prognostic value of CT angiography and CT perfusion in acute ischemic stroke. *Cerebrovasc. Dis.* 2015; 40 (5–6): 258–69.
12. Ye Xin, Fu-Gang Han. Diagnostic accuracy of computed tomography perfusion in patients with acute stroke: a meta-analysis. *J. Neurolog. Sci.* 2016; 360: 125–30.
13. Немировская Т.А., Немировский А.М., Данилов В.И., Михайлов М.К., Ибатуллин М.М., Алексеев А.Г. Оценка влияния стенозов и окклюзий внутренней сонной артерии на церебральную гемодинамику при помощи перфузионной рентгеновской компьютерной томографии. *Казанский медицинский журнал.* 2011; 92 (3).
14. Fukuda T., Ogasawara K., Kobayashi M., Komoribayashia N., Endoa H., Inouea T. et al. Prediction of cerebral hyperperfusion after carotid endarterectomy using cerebral blood volume measured by perfusion-weighted MR imaging compared with single-photon emission CT. *AJNR.* 2007; 28: 737–42.
15. Вишнякова М.В. (мл.), Ларьков Р.Н., Вишнякова М.В. Диагностика неврологических осложнений после каротидной эндартерэктомии по данным мультиспиральной компьютерной томографии. *Альманах клинической медицины.* 2017; 45 (3): 218–24.
16. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade stenosis. *N. Engl. J. Med.* 1991; 325: 445–53.
17. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet.* 1998; 351 (9113): 1379–87.
1. Stakhovskaya L.V., Kotov S.V. (eds). *Stroke: Guide for doctors.* Moscow: Meditsinskoe Informatsionnoe Agentstvo; 2013 (in Russ.).
2. National guidelines for managing patients with brachiocephalic artery disease. Moscow; 2013 (in Russ.).
3. Vereshchagin N.V. The role of lesions of extracranial divisions of the main divisions of the head in the pathogenesis of cerebral circulation disorders. *Cardiovascular diseases of the nervous system.* Smolensk; 1980: 23–6 (in Russ.).
4. Ricotta J.J., Aburahma A., Ascher E., Eskandari M., Faries P., Lal B.K. et al. Updated Society for Vascular Surgery guidelines for management of extracranial carotid disease. *J. Vasc. Surg.* 2011; 54 (3): 1–31.
5. Mamedov F.R., Arutyunov N.V., Usachev D.Yu., Mel'nikova-Pitskhelauri T.V., Pyashina D.V., Fadeeva L.M., Kornienko V.N. Complex neuroradiology assessment of atherosclerotic carotid disease. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology).* 2011; 1: 4–10 (in Russ.).
6. Mamedov F.R., Arutyunov N.V., Usachev D.Yu., Lukshin V.A., Mel'nikova-Pitskhelauri T.V., Fadeeva L.M. et al. Contemporary neuroimaging methods for stenosis and occlusions of carotid arteries. *Luchevaya Diagnostika i Terapiya (Radiologic Diagnostics and Treatment, Russian journal).* 2012; 3 (3): 109–16 (in Russ.).
7. Vishnyakova M.V. (Jr.), Pronin I.N., Lar'kov R.N., Vishnyakova M.V. Detailed assessment the occlusive carotid disease with computed angiography for the reconstructive surgery planning. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii (Russian Journal of Radiology).* 2017; 98 (2): 69–77 (in Russ.).
8. Jauch E.C. et al. Guidelines for the early management of patient with acute ischemic stroke. *Stroke.* 2013; 44: 870–947.
9. Gladstone D.J., Kapral M.K., Fang J., Laupacis A., Tu J.V. Management and outcomes of transient ischemic attacks in Ontario. *CMAJ.* 2004; 170: 1099–104.
10. Ashok Srinivasan, Mayank Goyal, Faisal Al Azri, Cheemun Lum. State of the art imaging of acute stroke. *RadioGraphics.* 2006; 26: S75–S95.
11. Van Seeters T., Biessels G.J., Kappelle L.J., Van der Schaaf I.C., Dankbaar J.W. et al. The prognostic value of CT angiography and CT perfusion in acute ischemic stroke. *Cerebrovasc. Dis.* 2015; 40 (5–6): 258–69.
12. Ye Xin, Fu-Gang Han. Diagnostic accuracy of computed tomography perfusion in patients with acute stroke: a meta-analysis. *J. Neurolog. Sci.* 2016; 360: 125–30.
13. Nemirovskaya T.A., Nemirovskiy A.M., Danilov V.I., Mikhaylov M.K., Ibatullin M.M., Alekseev A.G. Estimation of the influence of stenoses and occlusions of the internal carotid artery on cerebral hemodynamics with perfusion X-ray computed tomography. *Kazanskiy Meditsinskiy Zhurnal (Kazan Medical Journal, Russian journal).* 2011; 92 (3) (in Russ.).
14. Fukuda T., Ogasawara K., Kobayashi M., Komoribayashia N., Endoa H., Inouea T. et al. Prediction of cerebral hyperperfusion after carotid endarterectomy using cerebral blood volume measured by perfusion-weighted MR imaging compared with single-photon emission CT. *AJNR.* 2007; 28: 737–42.
15. Vishnyakova M.V. (Jr.), Lar'kov R.N., Vishnyakova M.V. Diagnosis of neurological complications after carotid endarterectomy with multi-spiral computed tomography. *Al'manakh Klinicheskoy Meditsiny (Almanac of Clinical Medicine, Russian journal).* 2017; 45 (3): 218–24 (in Russ.).
16. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade stenosis. *N. Engl. J. Med.* 1991; 325: 445–53.
17. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet.* 1998; 351 (9113): 1379–87.

## References

1. Stakhovskaya L.V., Kotov S.V. (eds). *Stroke: Guide for doctors.* Moscow:

Поступила 26.08.2017  
Принята к печати 12.09.2017