КОМПЬЮТЕРНО-ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ АНГИОГРАФИЯ В ПЛАНИРОВАНИИ РЕКОНСТРУКТИВНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА ВНУТРЕННИХ СОННЫХ АРТЕРИЯХ

*М.В. Вишнякова – к.м.н., ст. науч.сотрудник[1]
И.Н. Пронин – член-корр. РАН, д.м.н., профессор, зам. директора по науч. работе[2]
Р.Н. Ларьков – рук. отд. хирургии сосудов и ИБС[2]
М.В. Вишнякова – д.м.н., рук. рентгенологического отд.[1]
С.С. Загаров – мл. науч. сотрудник отд. хирургии сосудов и ИБС[2]

[1]*ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского*
129110 Россия, г. Москва, Щепкина ул., 61/2
[2]*ФГАУ «НИИ НХ» Минздрава России*
125047 Россия, г. Москва, ул. Тверская-Ямская 4-я,16

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- компьютерно-томографическая ангиография
- внутренняя сонная артерия
- окклюзирующее поражение
- хирургическое лечение

РЕЗЮМЕ:
Нарушения мозгового кровообращения при окклюзирующих поражениях сонных артерий сохраняют лидирующие позиции по смертности и инвалидизации населения в мире. Каротидная эндартерэктомия широко применяется для хирургической реваскуляризации измененной сонной артерии. Перед операцией необходима детальная визуализация сонных артерий и сосудов головного мозга.
Цель исследования: оценить информативность компьютерно-томографической ангиографии (КТА) в планировании реконструктивных операций на внутренних сонных артериях (ВСА).
Материалы и методы: в 2014–2015 гг. в отделении КТ и МРТ МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского обследовано 76 пациентов при помощи ультразвуковых методов диагностики (исследование брахиоцефальных сосудов, оценка кровотока по виллизиевому кругу) и КТ-ангиографии.
При анализе степени стеноза ВСА по данным КТА использовались критерии NASCET (North American Stenosis Carotid Endartectomy Trial) и ECST (European Carotid Stenosis Trial).
Результаты: преобладало одностороннее поражение внутренних сонных артерий. У большинства пациентов окклюзирующее поражение в каротидном бассейне сочеталось со стенозами и окклюзиями других локализаций. В 20% эти поражения выявлялись на фоне извитостей общих и внутренних сонных артерий. Недооценка поражения брахиоцефальных артерий по данным ультразвуковых методов составила 4%. В 8(11%) случаях при КТА у пациентов с субокклюзией отмечено дальнейшее выраженное уменьшение просвета артерии на всем протяжении; у 4 пациентов при КТА были выявлены интракраниальные поражения сосудов. Из сопутствующих заболеваний, повлиявших на тактику лечения, выявлены: аневризмы сосудов головного мозга (4%), образования гортани и глотки (3%), рак легкого (1%). В 25 случаях оперативное вмешательство на ВСА проведено не было, в 12% случаев результаты КТА (отсутствие условий для операции, наличие выраженного поражения интракраниальных сосудов) стали причиной отказа от операции.
Заключение: проведение КТ-ангиографии необходимо при планировании реконструктивных операций при окклюзирующем поражении ВСА.

COMPUTED TOMOGRAPHY ANGIOGRAPHY FOR PLANNING CAROTID SURGERY

*Vishnyakova M.V. – MD, PhD[1]
Pronin I.N. – MD, PhD, professor, academician of RAS[2]
Larkov R.N. – MD[2]
Vishnyakova M.V. – MD, PhD[1]
Zagarov S.S. – MD[2]

[1]*Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI)*
61/2 Shchepkina ul., Moscow, Russian Federation, 129110
[2]*National scientific-research institute of neurosurgery*
16, 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, Russian Federation, 125047

KEY-WORDS:

- computed tomography angiography
- internal carotid artery
- occlusive carotid disease
- carotid surgery

РЕЗЮМЕ:
Ischemic strokes are still the worldwide problem with high mortality and morbidity. Carotid endarterectomy that is used for revascularization of changed artery required precise visualization of carotid arteries at extra- and intracranial level, assessment of intracranial circulation.
Aim: was to evaluate accuracy of computed tomography angiography in preoperative assessment of carotid arteries.
Materials and methods: between 2014–2015 years, 76 patients underwent preoperative exami-

Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Вишнякова Марина Валентиновна (Vishnyakova Maria Valentinovna), e-mail: cherridra@mail.ru

Статья поступила в редакцию в июне 2016 года.

nation, that included ultrasound (study of brachiocephalic arteries, transcranial Doppler) and computed tompgraphy angiography.
Analysis of received by computed tomography angiography data was performed with criteria NASCET (North American Stenosis Carotid Endartectomy Trial) and ECST (European Carotid Stenosis Trial).
Results: unilateral occlusive disease was observed in majority of patients, occlusive lesions in carotid arteries was usually accompanied with changes in other vascular territories. 20% of patients also had tortuosity of internal and external carotid arteries. Ultrasound was not able to assess correctly changes in brachiocefalic arteries in 4%. In 8 cases (11%) in patients with internal carotid subocclusion a distal diffuse narrowing of lumen was observed. Intracranial vessel stenosis was found in 4 cases. Comorbid diseases that affect management of our patients were: intracranial aneurysms (4%), lesions of larynx and pharynx (3%), lung cancer (1%). 25 patients didn't undergo carotid surgery for different reasons, in 12% such decisions were made due to results of computed tomography angiography (absence of conditions for vessel reconstruction, intracranial vessel changes).
Conclusion: computed tomography angiography is necessary for carotid surgery planning.

Введение

Нарушения мозгового кровообращения (НМК) по ишемическому типу остаются одной из наиболее актуальных проблем современной медицины, до 50% подобных случаев обусловлено окклюзирующими поражениями брахиоцефальных артерий [1–4]. Изолированное поражение одной внутренней сонной артерии (ВСА) встречается редко, в 87% в процесс вовлечены две и более артерии [5], также могут встречаться многоуровневые (эшелонизированные или тандемные) поражения одного сосудистого бассейна [6,7].

Решение об оперативном лечении пациентов при окклюзирующих поражениях внутренних сонных артерий принимается на основании совокупности клинических данных, результатов обследования пациента, а также общих показателей осложнений и летальности в лечебном учреждении.

Показаниями к реваскуляризации являются: сужение ВСА более 60% у ассимптомных пациентов и более 50% у пациентов с неврологической симптоматикой [2, 8]. Хирургическими методами коррекции кровотока по сонным артериям являются каротидная эндартерэктомия (КЭАЭ) и баллонная ангиопластика со стентированием измененного участка.

Для оценки возможности проведения реконструкции сонных артерий и уменьшения риска развития осложнений во время и после операции, необходимо подробное предоперационное обследование пациента, включающее применение различных методов визуализации экстракраниальных отделов сонных артерий и сосудов головного мозга.

Цветовое дуплексное сканирование (ЦДС) сонных артерий является основным методом диагностики степени сужения просвета сосуда (диаметра, изменений гемодинамических показателей), характеристики атеросклеротической бляшки [9,10], протяженности поражения, оценки интракраниального кровотока и замкнутости виллизиева круга. К недостаткам этого метода относятся операторозависимость, ограничение возможностей в оценке состояния интраторакальных сегментов брахиоцефальных артерий, участков сонных артерий, расположенных перед входом в основание черепа, недостаточная чувствительность и специфичность при оценке состояния интракраниального кровотока. Точность ЦДС снижается при выраженной извитости, обширном кальцинозе, высокой бифуркации сонной артерии. В ряде случаев по данным ультразвукового исследования затруднительно дифференцировать окклюзию просвета артерии и ее субокклюзию [2].

КТ-ангиография (КТА) является высокоинформативным методом оценки состояния сонных артерий, при помощи которого на современных аппаратах есть возможность получить изображение сосудов, кровоснабжающих головной мозг от дуги аорты и на всем протяжении. Оценить степень стеноза сонных артерий, выявить поражения интракраниальных сосудов [10]. КТА имеет преимущества перед ультразвуковым исследованием в дифференциации окклюзии сонной артерии и стеноза высокой степени. В выявлении выраженных сужений КТА продемонстрировала чувствительность и специфичность более 90% и 95%, соответственно [11].

Однако, несмотря на известные преимущества перед ЦДС, КТ-ангиография не включена в алгоритм обязательного обследования пациентов перед проведением реконструктивных операций на сонных артериях и используется только в отдельных сложных случаях.

Цель исследования. Оценить информативность КТ-ангиографии в планировании реконструктивных операций на внутренних сонных артериях.

Материалы и методы

За 2014–2015 гг. в отделении КТ и МРТ ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского в рамках комплексной предоперационной подготовки было обследовано 76 пациентов с применением ультразвуковых методов диагностики и рентгеновской компьютерной томографии.

Ультразвуковые исследования (цветовое дуплексное

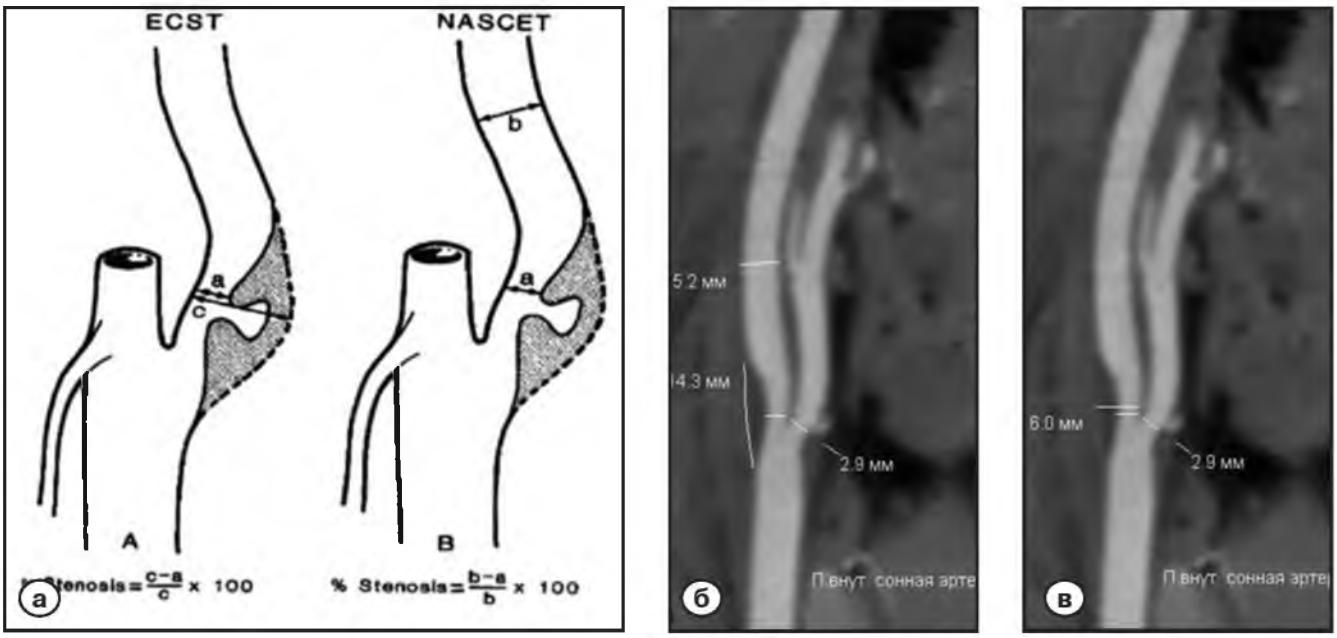

Рис. 1. *а – схема определения степени стеноза по NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) и ECST (European Carotid Surgery Trial) [13].*
КТ-ангиография брахиоцефальных артерий, артериальная фаза болюсного контрастного усиления, использование программы для углубленного анализа сосудистого русла:
б – изменение степени стеноза по NASCET – менее 50%;
в – изменение степени стеноза по ECST около 50%.

Таблица 1. **Результаты КТ-ангиографии**

Поражение ВСА	Количество случаев
Односторонний стеноз	44(58%)
Двусторонний стеноз	23(30%)
Сочетание окклюзии ВСА и стеноза контрлатеральной ВСА	9(12%)
Изолированное поражение ВСА	27(36%)
Сочетание изменений ВСА с поражением ОСА, НСА и подключичных артерий.	49(64%)
Сочетание изменений ВСА с извитостью	15(20%)
Диффузное уменьшение калибра ВСА	8(11%)
Интракраниальное поражение ВСА/сосудов виллизиева круга	4(5%)

сканирование,транскраниальное дуплексное сканирование) проводились на аппаратах Philips Ui22 (Нидерланды) и GE Vivid 7 (США) и включали в себя исследование экстракраниального сегмента брахиоцефальных сосудов и артерий виллизиева круга с оценкой кровотока.

КТ-ангиография выполнялась на томографе Philips iCT256. Протокол включал низкодозовое бесконтрастное исследование, артериальную и венозную (также низкодозовую) фазы контрастного усиления с в/в болюсным введением низко- или изоосмолярного контрастного препарата (в концентрации йода 370, объемом 50–60 мл со скоростью 4–4,5 мл/сек). Исследование проводилось на всем протяжении брахиоцефальных артерий и сосудов головного мозга от дуги аорты до конвекситальных отделов головы.

При анализе полученных при КТА данных в оценке степени стеноза ВСА на уровне луковицы использовались критерии NASCET (North American Stenosis Carotid Endartectomy Trial) и ECST (European Carotid Stenosis Trial) **(рис. 1а-в)** [11,12].

Оценка степени стеноза по данным ЦДС с измерением диаметра просвета ВСА соответствовала критериям NASCET, измерение площади сосуда для определения сужения – критериям ECST.

При КТА выделялся стеноз ВСА более 50%, более 70% (выраженный), критический стеноз ВСА, окклюзия ВСА. При оценке поражения ВСА на уровне интракраниальных отделов выделялось поражение около 50%, более 50%, критический стеноз и окклюзия интракраниальных отделов артерий.

По данным КТА были выявлены изменения, различающиеся по выраженности и локализации поражения внутренних сонных артерий **(табл. 1)**.

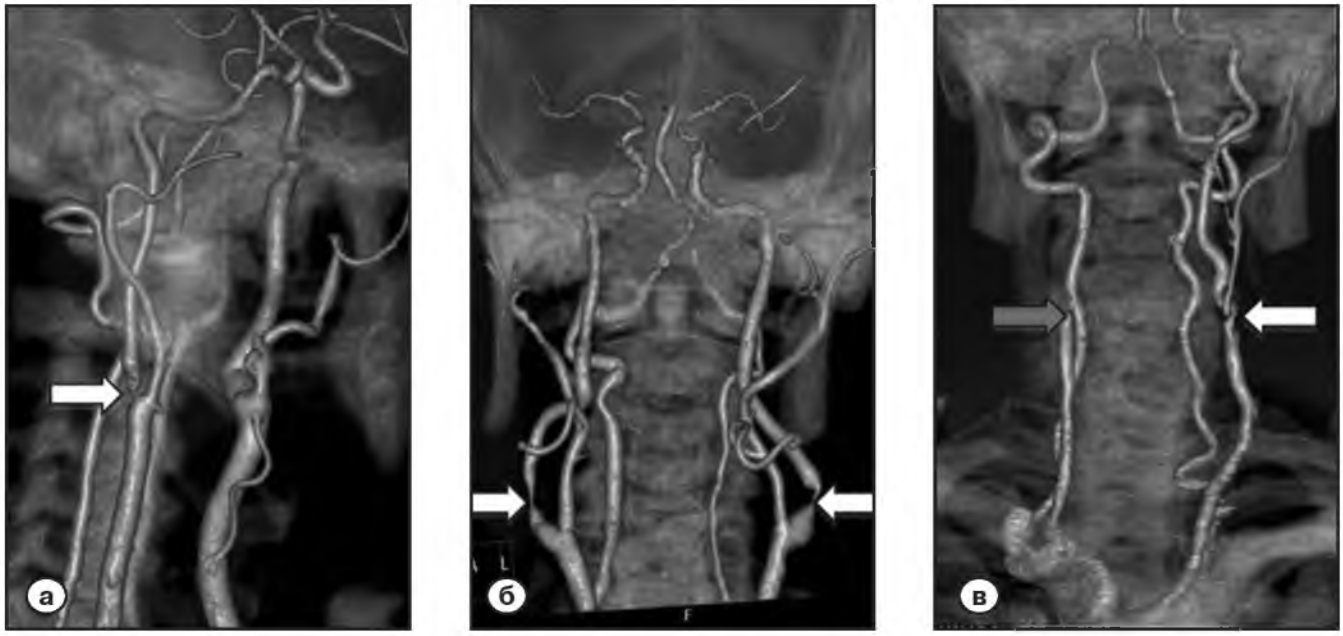

Рис. 2. *КТ-ангиография брахиоцефальных артерий, артериальная фаза болюсного контрастного усиления, 3D-реконструкции:*
а – односторонний стеноз правой ВСА (белая стрелка);
б – двусторонний стеноз ВСА (белые стрелки);
в – сочетание окклюзии правой ВСА (серая стрелка) и стеноза левой ВСА (белая стрелка).

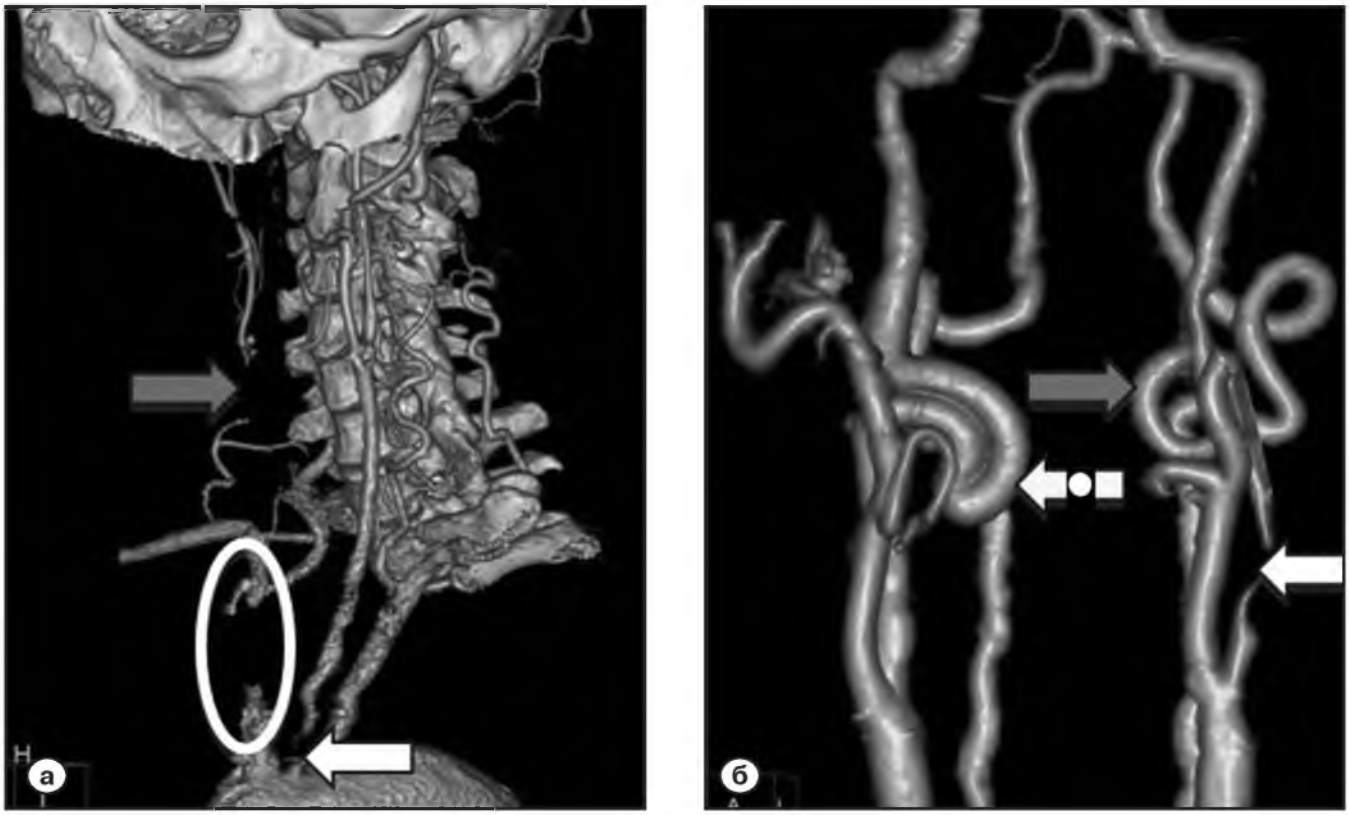

Рис. 3. *КТ-ангиография брахиоцефальных артерий, артериальная фаза болюсного контрастного усиления, 3D-реконструкции:*
а – сочетание окклюзии брахиоцефального ствола (белый овал), правой ОСА и ВСА (серая стрелка), критического стеноза левой ОСА в устье (белая стрелка);
б – сочетание критического сужения левой ВСА в луковице (белая стрелка) с петлеобразованием в вышележащих экстракраниальных отделах (серая стрелка). Справа – выраженный С-образный изгиб правой ВСА в экстракраниальных отделах (белая с пунктиром).

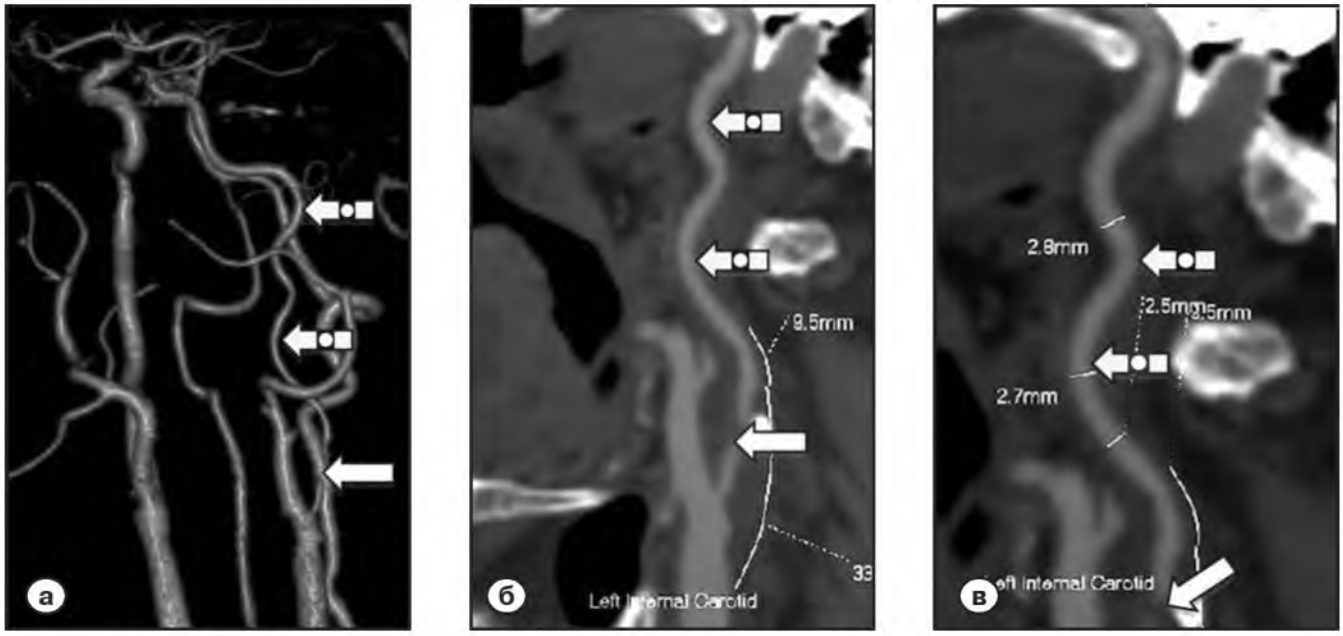

Рис. 4. *КТ-ангиография брахиоцефальных артерий, артериальная фаза болюсного контрастного усиления:*
а – 3D-реконструкция;
б, в – использование программы для углубленного анализа сосудистого русла. Диффузное пролонгированное уменьшение калибра левой ВСА на всем протяжении (белые стрелка с пунктиром), критический стеноз в луковице (белые стрелки).

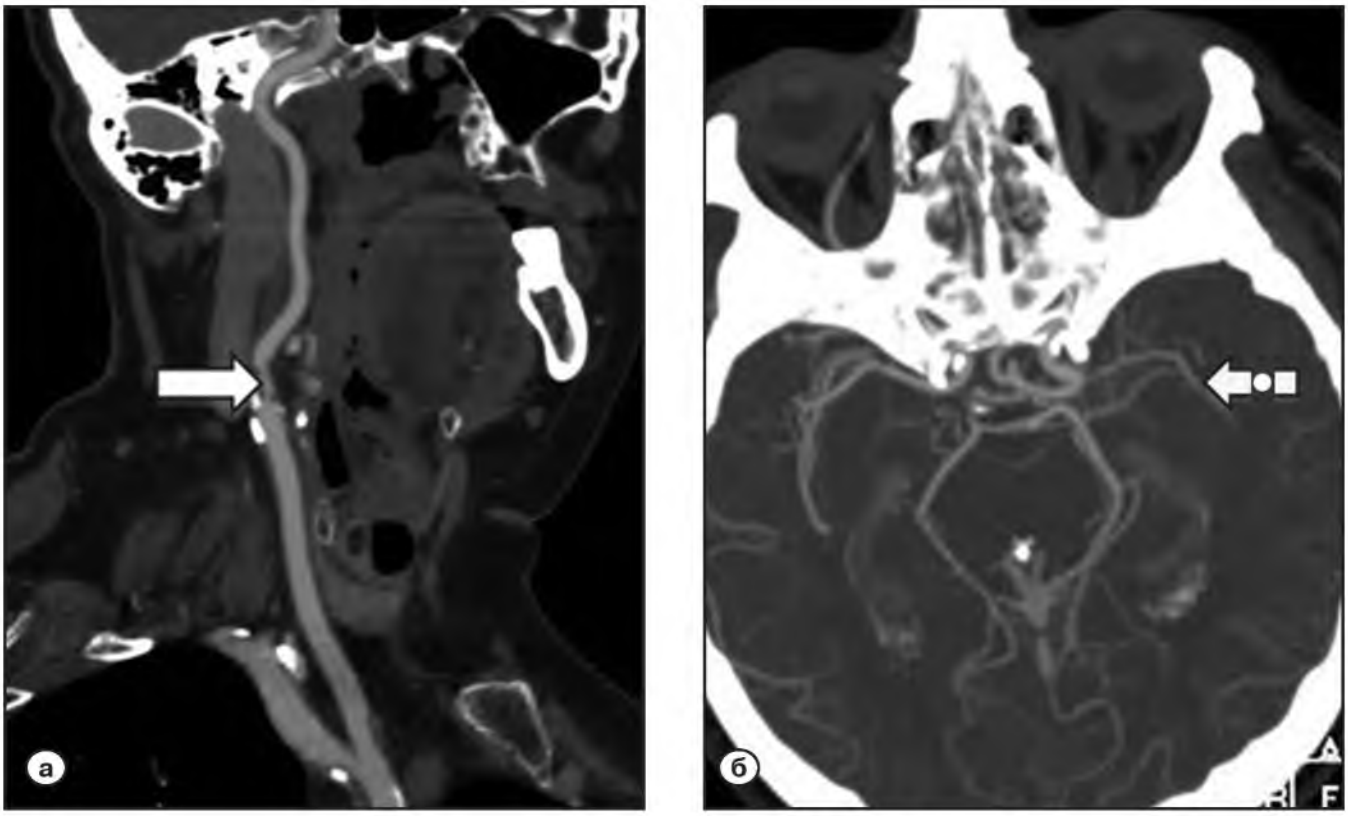

Рис. 5. *КТ-ангиография брахиоцефальных артерий, артериальная фаза болюсного контрастного усиления:*
а – использование программы для углубленного анализа сосудистого русла. Выраженный стеноз правой ВСА на уровне луковицы (белая стрелка);
б – реконструкция с использованием алгоритма проекции максимальной интенсивности, критический стеноз левой средней мозговой артерии с последующим диффузным сужением ее калибра, неплотным контрастированием (белая стрелка с пунктиром).

Таблица 2. **Варианты реконструктивных вмешательств на ВСА**

Вид вмешательства	Количество пациентов
Эверсионная каротидная эндартерэктомия	38
Резекция ВСА с протезированием	7
СтентированиеВСА	5
Подключичносонное шунтирование со стентированием подключичной артерии	1

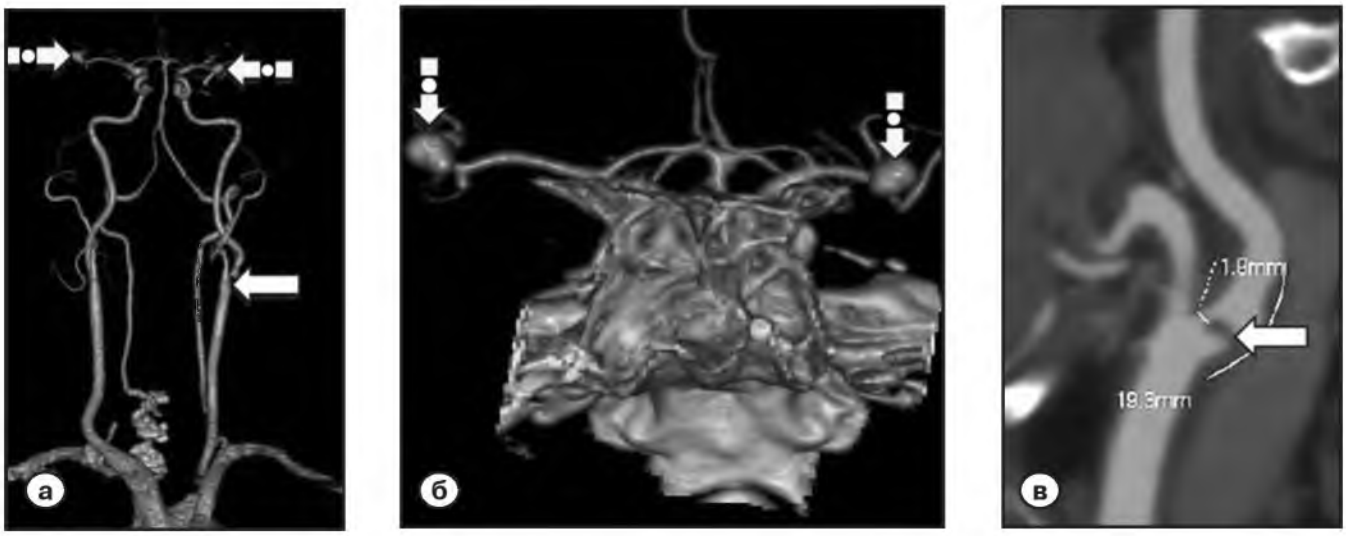

Рис. 6. *КТ-ангиография БЦА, артериальная фаза болюсного контрастного усиления: а, б – 3D-реконструкции; в – использование программы для углубленного анализа сосудистого русла. Сочетание у одного пациента выраженного стеноза левой ВСА (белая стрелка) и мешотчатых аневризм средних мозговых артерий с обеих сторон (белые стрелки с пунктиром).*

У пациентов преобладало одностороннее поражение ВСА **(рис. 2 а-в)**. В большинстве случаев было выявлено сочетанное окклюзирующее поражение в каротидном бассейне в различных локализациях **(рис. 3а)**. В 15 случаях стенотическое поражение брахиоцефальных сосудов сочеталось с деформацией артерий: в 10 случаях с извитостью ВСА **(рис. 3б)**, в 5 случаях с извитостью ОСА.

Было отмечено практически полное соответствие данных ультразвукового исследования и КТ-ангиографии в определении степени стеноза ВСА. Недооценка поражения брахиоцефальных артерий по данным ЦДС была выявлена в 3(4%) случаях: степени стеноза ВСА, ошибочное принятие критического стеноза подключичной артерии в I сегменте за окклюзию и выраженности стенотического поражения НСА.

Сопоставление данных ЦДС и КТА в оценке интраторакального поражения БЦА показало, что в 4 случаях (5% из общего количества пациентов) при ультразвуковом исследовании не было выявлено сужение ОСА в устье около 50%.

При КТА в 8(11%) случаях при субокклюзии ВСА у пациентов было отмечено дальнейшее выраженное уменьшение просвета артерии на всем протяжении. К данной группе были отнесены пациенты, у которых диаметр просвета ВСА выше стеноза составлял менее 3 мм **(рис. 4)**. По данным ЦДС подобные диффузные поражения были выявлены в 4 случаях из 8.

У 4 пациентов при КТА были выявлены интракраниальные поражения сосудов головного мозга: в одном случае локальная окклюзия ВСА (при ЦДС сделано предположение о наличии интракраниального сужения артерии), в другом наблюдении – выраженное сужение средней мозговой артерии (СМА), которое также было диагностирована и при ультразвуковом исследовании **(рис. 5)**. У 2 пациентов сужение интракраниальных отделов ВСА около и более 50% по данным ЦДС и транскраниальном дуплексном сканировании диагностированы не были.

В 3 случаях по данным транскраниального дуплексного сканирования были заподозрены выраженные стенозы СМА, которые при проведении КТА не были подтверждены.

Из сопутствующих заболеваний, повлиявших на тактику лечения пациентов, были выявлены: аневризмы сосудов головного мозга (4%) **(рис. 6)**, образования гортани и глотки (3%), рак легкого (1%).

Самыми частыми изменениями, не оказавшими влия-

Таблица 3.

Выявленные по данным КТ-ангиографии изменения, повлиявшие на изменение тактики ведения пациентов

Причины отказа от оперативного вмешательства	Количество пациентов
Диффузное пролонгированное уменьшение калибраВСА	6
Интракраниальнаяокклюзия ВСА в сочетании со стенозом экстракраниального отдела	2
Аневризмы интракраниальных артерий	1

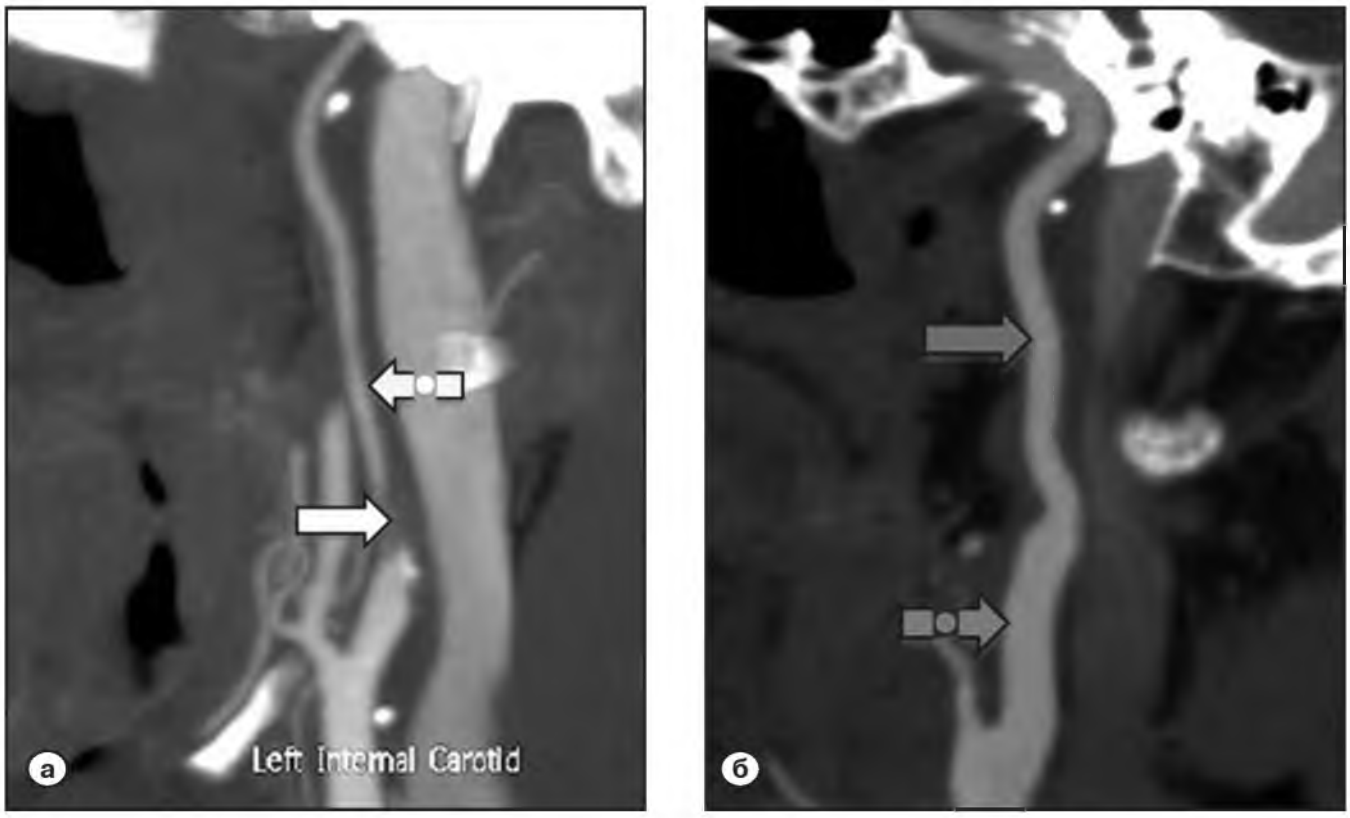

Рис. 7. *КТ-ангиография БЦА, артериальная фаза болюсного контрастного усиления, использование программы для углубленного анализа сосудистого русла:*
а – исследование перед операцией, критический стеноз левой ВСА артерии (белая стрелка), дальнейшее диффузное уменьшение ее калибра (белая стрелка с пунктиром);
б – исследование через 1 год после резекции левой ВСА с протезированием. Гомогенное контрастирование области реконструкции (серая стрелка с пунктиром), увеличение калибра дистального сегмента артерии (серая стрелка).

ния на тактику ведения пациентов была буллезная эмфизема легких (14%) и заболевания околоносовых пазух (13%).

Всего из обследованных пациентов реконструкции сонных артерий по поводу окклюзирующего поражения выполнены 51 пациенту **(табл. 2)**, **(рис. 7)**. При эверсионной каротидной эндартерэктомии у 1 пациентки была проведена сочетанная операция: удаление выявленного при компьютерной томографии образования черпалонадгортанной складки и реконструктивная операция на ВСА.

В 25 случаях по различным причинам оперативное вмешательство на ВСА проведено не было. У 9(12%) пациентов после выполнения КТА пациентам в предоперационном периоде было решено воздержаться от проведения реконструктивных операций из-за отсутствий условий для операции **(табл. 3)**.

Обсуждение

На настоящий момент в зарубежных и в российских национальных рекомендациях не представлен единый комплексный протокол лучевого обследования пациента, которому планируется провести реконструктивную операцию по поводу окклюзирующего поражения ВСА [2,8].

Цветовое дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий используется повсеместно, тогда как КТ- или

МР-ангиография включается в алгоритм обследования в отдельных редких случаях.

Однако при высокой информативности в оценке атеросклеротического поражения на уровнях, доступных исследованию, ультразвуковой метод имеет ограничения в визуализации состояния артерий на уровне интраторакальных отделов и под основанием черепа.

Так, в нашем исследовании в случае выраженного диффузного поражения сонных артерий оценить вышележащие отделы ВСА не удалось в 4(5%) случаях.

При сопоставлении данных КТ-ангиографии и транскраниального дуплексного сканирования в оценке интракраниального поражения сосудов было выявлено 2 поражения из 4. Подобные изменения могут повлиять на тактику ведения пациентов, оценку факторов риска развития нарушений мозгового кровообращения, так как у пациентов со стенозами интракраниальных сосудов частота НМК по ишемическому типу может достигать 50–60% [14–15].

Также сложности при ультразвуковой диагностике возникают в случае субокклюзий с пролонгированным уменьшением просвета сосуда в вышележащих отделах. Впервые подобные изменения были описаны в 1970 г. Данная ситуация во всех случаях выявляется в сочетании с субокклюзией ВСА, когда просвет артерии сужен до нитевидного калибра. В современной литературе выделяют субокклюзию с дистальным коллапсом артерии и субокклюзию без дистального коллапса артерии, когда просвет ВСА в вышележащих отделах сохраняет свой калибр [16].

В среднем частота случайно выявленных интракраниальных аневризм варьирует от 2,3 до 7% [17,18]. По данным нашего исследования частота аневризм сосудов головного мозга составила 4%, что соответствует средним значениям такого показателя как в популяции в целом (5%), так и значениям в наиболее крупных исследованиях, посвященных сочетанию данных патологий [17,18].

При оперативном лечении локализация, протяженность процесса и степень стенозирования ВСА были подтверждены. В 12% случаев изменения, выявленные при КТА на уровне сонных артерий и сосудов головного мозга, привели к изменению тактики ведения пациентов.

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают необходимость включения КТ-ангиографии в протокол предоперационного обследования пациентов с окклюзирующим поражением ВСА.

Применение данного метода позволяет более четко визуализировать изменения, предполагаемые при ультразвуковом исследовании, диагностировать дополнительные поражения сосудов на всем протяжении, а также оценить сопутствующую патологию на уровнях сканирования. ■

Список литературы/References

1. Инсульт: Руководство для врачей. Под ред. Л.В. Стаховской, С.В. Котова. М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2013;400 с.

Insul't: Rukovodstvo dlja vrachei. Pod red. L.V. Stahovskoi, S.V. Kotova. [Stroke: guide for physicians. Under edition of L.V.Stakhovsky, V.Kotov] M.: OOO «Medicinskoe informacionnoe agentstvo», 2013;400S [In Russ].

2. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артериий. 2013; 70С.

Nacional'nye rekomendacii po vedeniju pacientov s zabolevanijami brahiocefal'nyh arterij. [National recommendations for treatment of patients with pathology of brachiocephalic arteries.]]2013; S 70 [In Russ].

3. Верещагин Н.В. Роль поражений экстракраниальных отделов магистральных отделов головы в патогенезе нарушений мозгового кровообращения. Сосудистые заболевания нервной системы. Смоленск. 1980; 23–26.

Vereshhagin N.V. Rol' porazhenij jekstrakranial'nyh otdelov magistral'nyh otdelov golovy v patogeneze narushenij mozgovogo krovoobrashhenija. Sosudistye zabolevanija nervnoj sistemy. [Role of extracranial arteries' lesion in pathogenesis of disorders of cerebral circulation] Smolensk. 1980; 23-26 [In Russ].

4. Гусев Е.И., Скворцова В.И. Ишемия головного мозга. *Журн.невропат. и психиатр.* 2003;9:66–70.

Gusev E.I., Skvorcova V.I. Ishemija golovnogo mozga. [Ischemia of brain]. Zhurn.nevropat. i psihiatr. 2003;9:66-70 [In Russ].

5. Harbaugh R.E., Schlusselberg D.S., Jeffery R., Hayden S., Cromwell L.D., Pluta D. Threedimensional computerized tomography angiography in the diagnosis of cerebrovascular disease. *J. Neurosurg* 1992; 76: 408–414.

6. Heiserman J.E., Dean B.L., Hodak J.A. et al. Neurologic complications of cerebral angiography. *AJNR Am Neuroradiol*. 1994; 15: 1401–1407.

7. Джибладзе Д.Н. Патология сонных артерий и проблема ишемического инсульта (клинические, ультразвуковые и гемодинамические аспекты). Москва. 2002; 208С.

Dzhibladze D.N. Patologija sonnyh arterij i problema

ishemicheskogo insul'ta (klinicheskie, ul'trazvukovye i gemodinamicheskie aspekty). [Pathology of carotid arteries and problem of ischemic stroke (clinical, ultrasonic and hemodynamic aspects)] Moskva. 2002; 208S [In Russ].

8. John J. Ricotta, MD,a Ali AbuRahma, MD, FACS,b Enrico Ascher, MD,c Mark Eskandari, MD,d Peter Faries, MD,e and Brajesh K. Lal MD,f Washington, DC; Charleston, WV; Brooklyn, NY; Chicago, Ill; New York, NY; and Baltimore, Md Updated Society for Vascular Surgery guidelines for management of extracranial carotid disease. *J Vasc Surg*. 2011 Sep; 54(3): 1–31.

9. Buskens E., Nederkoorn P.J., Buijs-Van Der Woude T., Mali W.P., Kappelle L.J., Eikelboom B.C., Van Der Graaf Y., Hunink M.G. Imaging of carotid arteries in symptomatic patients: cost-effectiveness of diagnostic strate- gies. *Radiology.* 2004;233:101–112.

10. Edward C. Jauch et al., Guidelines for the Early Management of Patient With Acute Ischemic *Stroke. Stroke.* 2013;44: 870-947.

11. Gladstone D.J., Kapral M.K., Fang J., Laupacis A., Tu J.V. Management and outcomes of transient ischemic attacks in Ontario. *CMAJ*. 2004;170:1099–1104.

12. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade stenosis. *N Engl J Med.* 1991;325:445–453.

13. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). Lancet. 1998 May 9; 351 (9113): 1379–87.

14. Osborn A.G.; Diagnostic Cerebral Angiography. 2nd edition Philadelphia, PA: Williams and Wilkins; 1999.

15. Choi Y.J., Jung S.C., Lee D.H. Vessel Wall Imaging of the Intracranial and Cervical Carotid Arteries. *Journal of Stroke.* 2015; 17(3):238–255.

16. Extracranial vascular - interventional: E. Johansson and A.J. Fox Carotid Near-Occlusion: A Comprehensive Review, Part 1—Definition, Terminology, and Diagnosis. *AJNR Am. J Neuroradiol* 2016 37: 2–10.

17. The International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms Investigators. Unruptured intracranial aneurysms: risk of rupture and risks of surgical intervention. N Engl J Med. 1998; 339: 1725–1733

18. Крылов В.В. Эпидемиология и этиопатогенез аневризм и субарахноидальных кровоизлияний. Крылов В.В., Годков И.М. Хирургия аневризм головного мозга: в 3-х т. Под ред. В.В. Крылова. Том 1. М.: Изд-во Т.А. Алексеева. 2011; том.I, Гл. 1: 12–41.

Krylov V.V. Jepidemiologija i jetiopatogenez anevrizm i subarahnoidal'nyh krovoizlijanii. [Epidemiology and ethiopathogenesis of aneurysms and subarachnoid hemorrhage] Krylov V.V., Godkov I.M. Hirurgija anevrizm golovnogo mozga: v 3-h t. Pod red. V.V. Krylova. Tom 1. M.: Izd-vo T.A. Alekseeva. 2011; tom.I, Gl. 1: 12-41 [In Russ].