



Диагностика неврологических осложнений после каротидной эндартерэктомии по данным мультиспиральной компьютерной томографии

Вишнякова М.В. (мл.)¹ • Ларьков Р.Н.¹ • Вишнякова М.В.¹

Вишнякова Марина Валентиновна – канд. мед. наук, ст. науч. сотр. рентгенологического отделения¹
✉ 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2–15, Российская Федерация.
Тел.: +7 (495) 631 72 07.
E-mail: cherridra@mail.ru

Ларьков Роман Николаевич – д-р мед. наук, руководитель отделения хирургии сосудов и ишемической болезни сердца¹

Вишнякова Мария Валентиновна – д-р мед. наук, руководитель рентгенологического отделения¹

Актуальность. Каротидная эндартерэктомия – оперативное вмешательство, которое применяется для профилактики острых нарушений мозгового кровообращения по ишемическому типу. После операции возможно развитие неврологических осложнений. У пациентов в тяжелом состоянии для их диагностики проводится мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ). **Цель** – оценить возможности МСКТ в диагностике неврологических осложнений после каротидной эндартерэктомии. **Материал и методы.** Проанализированы результаты лучевых исследований у 15 пациентов с развившимися неврологическими осложнениями в раннем послеоперационном периоде после хирургического лечения по поводу окклюзирующего поражения внутренней сонной артерии (всего прооперировано 595 пациентов). При стабильном состоянии пациента проводили магнитно-резонансную томографию (МРТ) головного мозга (последовательности T1, T2, FLAIR, DWI), бесконтрастную магнитно-резонансную ангиографию. У пациентов в тяжелом состоянии выполняли компьютерную томографию головного мозга, компьютерную томографическую ангиографию, перфузионную компьютерную томографию. **Результаты.** Ишемические неврологические осложнения были выявлены у 11 пациентов. У 1 пациента клиническая картина ишемического инсульта отсутствовала и изменения в острой стадии

обнаружены на компьютерной томограмме при плановом послеоперационном обследовании. У 9 пациентов с острой стадией ишемии, которым были проведены МРТ (n=3) или МСКТ (n=6), полученные данные визуализации оказались характерными и диагностика патологии не вызывала сложности. Диагностические трудности возникли в 1 случае – при поиске по данным компьютерной томографии признаков острой стадии ишемического процесса, так как изменения развивались на фоне исходного поражения сонных артерий и требовалась дифференциация между острой стадией ишемического инсульта на стороне, противоположной операции, и гиперперфузионным синдромом на стороне операции. Гиперперфузионный синдром и геморрагические осложнения выявлены у 4 пациентов. **Заключение.** Наибольшую сложность представляет диагностика острой стадии ишемических изменений по данным МСКТ головного мозга. Необходимо дальнейшее углубленное изучение данной области диагностики послеоперационных осложнений, поиск возможных критериев определения поражения.

Ключевые слова: каротидная эндартерэктомия, неврологические осложнения, диагностика, компьютерная томография

¹ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского»; 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2, Российская Федерация



В 50% случаев причиной острых нарушений мозгового кровообращения по ишемическому типу становится атеросклеротическое поражение брахиоцефальных артерий, в частности бифуркации общей сонной артерии (ОСА) и луковицы внутренней сонной артерии (ВСА). Для профилактики ишемического инсульта применяется каротидная эндартерэктомия [1–4]. Перед оперативным вмешательством проводится комплексное обследование пациента, в том числе детальный анализ состояния сонных артерий и вещества головного мозга [5–7]. К осложнениям после каротидной эндартерэктомии относятся разнообразные изменения, включающие неврологические, кардиальные, общие патологические состояния.

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) часто применяется как в предоперационном периоде – для оценки состояния сонных артерий и планирования хирургического вмешательства, так и в послеоперационном – для оценки результатов оперативного лечения и диагностики различных послеоперационных осложнений [8]. Вследствие широкой доступности и достаточно высокой информативности МСКТ также используют для диагностики причин возникновения острых неврологических осложнений, хотя приоритет магнитно-резонансной томографии (МРТ) не вызывает сомнений [9, 10].

Цель – оценить возможности МСКТ в диагностике неврологических осложнений после каротидной эндартерэктомии.

Материал и методы

Проведен анализ результатов исследований лучевыми методами диагностики после оперативного лечения 595 пациентов с атеросклеротическим окклюзирующим поражением ВСА за период с 2012 по 2016 г. Средний возраст пациентов составил 63 года (± 8 лет).

В предоперационном периоде пациенты проходили комплексное обследование, включавшее ультразвуковые методы диагностики брахиоцефальных артерий и сосудов Виллизиева круга, а также компьютерную томографическую ангиографию (на томографе Philips iCT256; толщина срезов не более 0,9 мм). Исследование включало низкодозовое бесконтрастное сканирование, последующее контрастное исследование с проведением артериальной и венозной (также низкодозовой) фаз с внутривенным болюсным введением низкоосмолярного контрастного препарата (в концентрации йода 370, объемом 50–60 мл со скоростью 4–4,5 мл/с).

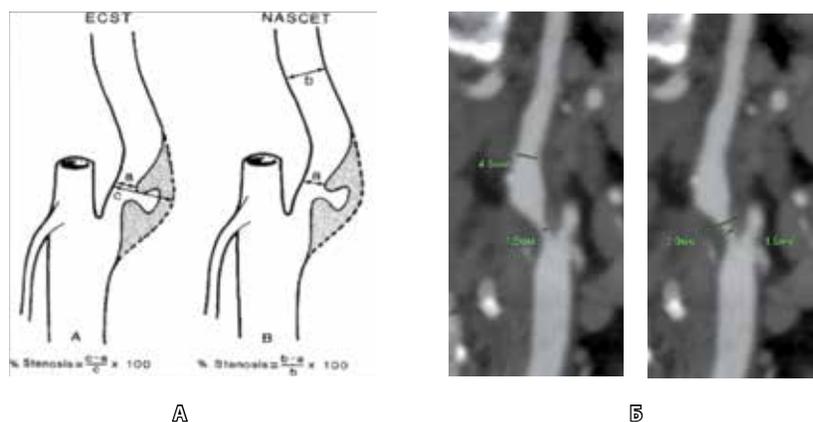


Рис. 1. Определение степени стеноза. **А** – схема определения степени стеноза по ECST (слева) и NASCET (справа); а – просвет внутренней сонной артерии на уровне сужения, b – просвет внутренней сонной артерии выше уровня сужения, с – диаметр луковицы внутренней сонной артерии. **Б** – компьютерная томографическая ангиография брахиоцефальных артерий, артериальная фаза болюсного контрастирования, использование программы для углубленного анализа сосудистого русла: слева – изменение степени стеноза по NASCET 70%, справа – изменение степени стеноза по ECST 80%; ECST – European Carotid Surgery Trial, NASCET – North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial

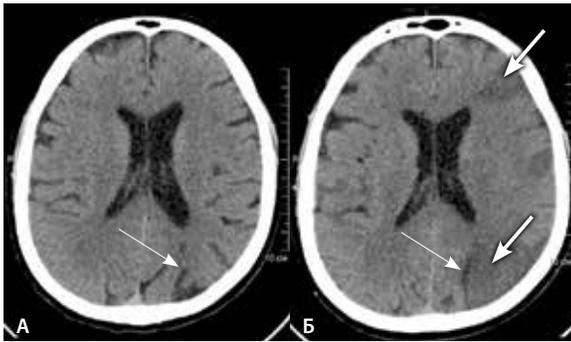
Таблица 1. Специализированный протокол оценки состояния брахиоцефальных артерий

Локализация	Патология	Характеристика
Дуга аорты	Изменение дуги аорты	Расширение, изменение просвета
	Аномалия ветви дуги аорты	Типичное/нетипичное отхождение
Брахиоцефальный ствол, подключичная артерия, позвоночная артерия	Стенозы/окклюзии	Степень стеноза, протяженность стеноза/окклюзии
	Извитости	Форма извитости
Общая сонная артерия	Стенозы/окклюзии	Степень стеноза, протяженность стеноза/окклюзии, расстояние от нижнего контура бляшки до верхнего края ключицы
	Извитости	Форма извитости
Бифуркация общей сонной артерии и луковица внутренней сонной артерии	Отхождение внутренней сонной артерии	Типичное/медиальное отхождение
	Стеноз/окклюзия	Характеристика бляшки, степень сужения (NASCET, ECST), протяженность поражения
Внутренняя сонная артерия выше луковицы	Стенозы/окклюзии	Диаметр внутренней сонной артерии, степень сужения, состояние интракраниальных отделов
	Извитости	Форма извитости, наличие/отсутствие медиального хода
Состояние сосудов Виллизиева круга	Стенозы/окклюзии, варианты развития, наличие аневризм/мальформаций	Локализация изменений, характеристика аневризм/мальформаций

Таблица 2. Распределение пациентов в зависимости от стадии ишемического инсульта и наличия клинических проявлений (n = 11)

Стадия	Клинические проявления		Проведенное исследование		Всего пациентов
	есть	нет	МРТ	КТ	
Острейшая	1	–	–	1	1
Острая	9	1	3	7	10

МРТ – магнитно-резонансная томография, КТ – компьютерная томография


Рис. 2. Пациент К., 52 года, бесконтрастная мультиспиральная компьютерная томография головного мозга, изображения в аксиальной плоскости:

А – исследование перед операцией, в левой теменной доле визуализируется очаг пониженной плотности (тонкая стрелка), вероятно, сосудистого генеза; **Б** – исследование после операции, зоны слабо пониженной плотности в левой гемисфере головного мозга (толстые стрелки) отображают ишемические изменения в острую фазу

Оперативное вмешательство проводилось пациентам на основании оценки следующих параметров: клинических данных пациента, выраженности окклюдированного процесса ВСА, содержания вещества головного мозга. Для определения степени сужения ВСА на уровне луковичи использовались критерии NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) и ECST (European Carotid Surgery Trial) (рис. 1) [11, 12]. Состояние брахиоцефальных артерий анализировалось с использованием специализированного протокола (табл. 1) по данным аксиальных и мультипланарных изображений с помощью программы для детального анализа сосудистого русла.

В послеоперационном периоде всем пациентам выполнялось ультразвуковое исследование сонных артерий и сосудов Виллизиева круга. При подозрении на наличие неврологических осложнений пациентам в стабильном клиническом состоянии выполнялась МРТ головного мозга (с проведением стандартных последовательностей T1, T2, FLAIR, DWI) и бесконтрастная магнитно-резонансная ангиография. У пациентов в тяжелом состоянии выполнялась МСКТ головного мозга, которая при подозрении на возникновение острой ишемии включала бесконтрастное исследование головного мозга, проведение компьютерной томографической ангиографии, по показаниям – перфузионной компьютерной томографии.

В программе Microsoft Excel рассчитывались средний возраст пациентов, стандартное отклонение.

Результаты

У всех 595 прооперированных пациентов была проведена изолированная реконструкция сонных артерий. В 44 случаях было выполнено одномоментное сочетанное оперативное вмешательство. В раннем послеоперационном периоде летальность составила 0,7% (4 летальных случая), неврологические осложнения развились у 15 пациентов, при этом частота ишемических неврологических осложнений была 1,8% (11 пациентов), гиперперфузионного синдрома – 0,7% (4 пациента).

Ишемические изменения

Распределение пациентов (n = 11) в зависимости от стадии инсульта и наличия клинических проявлений представлено в табл. 2. Как видно из ее данных, в 1 случае острая неврологическая симптоматика не наблюдалась. При послеоперационном исследовании, проведенном в плановом порядке, в правой гемисфере (на стороне операции) были обнаружены очаги слабо пониженной плотности, характерные для проявлений острого нарушения мозгового кровообращения по ишемическому типу.

У остальных 10 пациентов возникла острая неврологическая симптоматика. В зависимости от клинического состояния им проводилась компьютерная томография и/или МРТ головного мозга. У 3 пациентов в стабильном состоянии выполнена МРТ головного мозга (изменениями, характерными для острого ишемического поражения вещества головного мозга, считали повышение сигнала в режиме T2 и FLAIR, а также на диффузионно-взвешенных изображениях). У 7 пациентов была проведена МСКТ головного мозга. Выбор метода исследования был обусловлен тяжелым состоянием пациента (нахождение на аппарате искусственной вентиляции, отсутствие контакта с пациентом, неадекватное состояние).

В 6 случаях из 7 по данным МСКТ отмечались признаки острых ишемических повреждений головного мозга. Выявлялись зоны и очаги слабо пониженной плотности (рис. 2). При компьютерной томографической ангиографии у всех 6 пациентов область реконструированных сонных артерий контрастировалась без признаков выраженных сужений. В 5 наблюдениях инсульт развился в бассейне оперированной ВСА, в 1 случае (у пациента с сочетанием окклюзии одной ВСА и оперативным лечением контралатеральной суженной ВСА) – в бассейне окклюдированной ВСА.

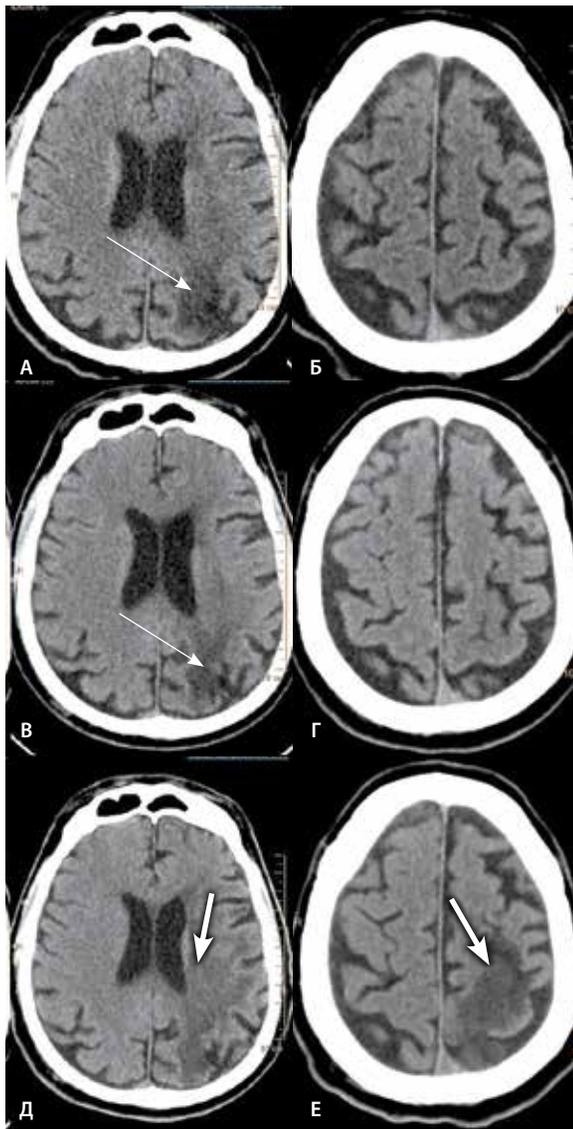


Рис. 3. Пациент Ш., 63 года, бесконтрастная мультиспиральная компьютерная томография головного мозга, изображения в аксиальной плоскости: **А, Б** – исследование в предоперационном периоде; следствие нарушения мозгового кровообращения в левой теменной доле (стрелка); **В, Г** – исследование через 3 часа после операции, аналогичные изменения, отсутствие «свежих» ишемических очагов; **Д, Е** – исследование через 2 суток после операции, зона пониженной плотности в левой гемисфере (стрелки) отображает ишемические изменения в острую фазу

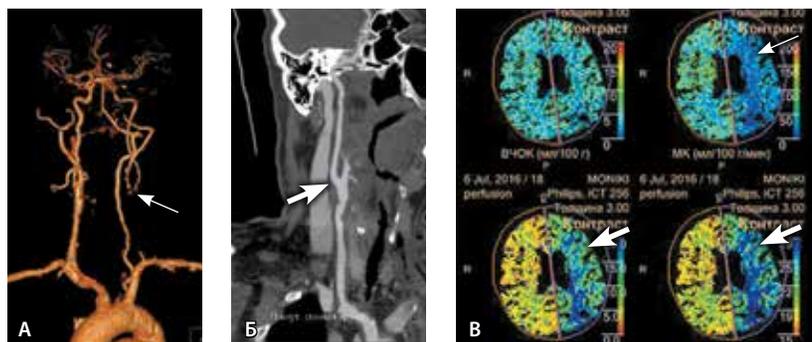


Рис. 4. Пациент Ш., 63 года, послеоперационное обследование, 3 часа после операции: **А, Б** – компьютерная томографическая ангиография, окклюзия левой общей сонной артерии (тонкая стрелка), гомогенное контрастирование области реконструированных сонных артерий (толстая стрелка); **В** – перфузионная компьютерная томография, изменение параметров кровотока в левой гемисфере: уменьшение скорости мозгового кровотока (тонкая стрелка), увеличение временных показателей (толстые стрелки)

Значительно сложнее оказалась диагностика изменений, характерных для ишемического поражения головного мозга в острейшую стадию процесса. Так, в 1 случае компьютерно-томографическое исследование было проведено пациенту с выявленными в предоперационном периоде окклюзией одной ОСА и стенозом контралатеральной ВСА, последствиями нарушения мозгового кровообращения в бассейне окклюзированной ОСА (рис. 3 А, Б). После операции на стенозированной ВСА пациент направлен на МСКТ головного мозга для исключения ишемического инсульта (в сроки менее чем через 6 часов после возникновения симптомов). Сочетание стеноза с одной стороны и окклюзии противоположной ВСА затрудняло послеоперационную диагностику осложнений, так как анализ данных проведенной перфузионной компьютерной томографии осложнялся из-за предшествовавшего операции изменения кровотока. При проведении бесконтрастной МСКТ головного мозга признаков «свежих» ишемических изменений выявлено не было (рис. 3 В, Г). Компьютерная томографическая ангиография показала полную проходимость реконструированных артерий (рис. 4 А, Б). При перфузионной компьютерной томографии отмечалась резкая асимметрия показателей перфузии с уменьшением скорости и объема мозгового кровотока и повышением времени транзита крови на стороне не оперированной ранее окклюзированной сонной артерии (рис. 4 В). Подобные изменения было крайне тяжело интерпретировать, поскольку они могли быть как отображением ишемических изменений на стороне окклюзии, так и проявлением гиперперфузионного синдрома на стороне оперативного вмешательства. При проведенном через 2 суток динамическом бесконтрастном исследовании головного мозга у пациента появились признаки острых нарушений мозгового кровообращения по ишемическому типу в бассейне окклюзированной ВСА в виде очагов и зон слабо пониженной плотности (рис. 3 Д, Е).

Гиперперфузионный синдром и геморрагические изменения

В нашем исследовании подозрение на развитие гиперперфузионного синдрома было у 4 пациентов. В 1 случае данный синдром развился на 6-е сутки послеоперационного периода и манифестировал массивным кровоизлиянием в головной мозг на стороне оперированной ВСА. В остальных наблюдениях неврологическая симптоматика возникла сразу после операции. Проведенное у этих пациентов компьютерно-томографическое

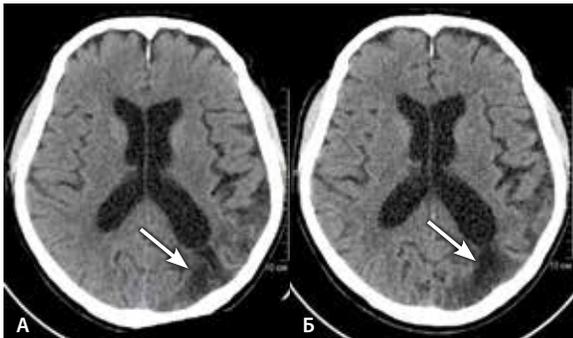


Рис. 5. Пациент 3, 76 лет, бесконтрастная мультиспиральная компьютерная томография головного мозга, изображения в аксиальной плоскости: **А** – предоперационное исследование, зона пониженной плотности на границе левых теменной, височной и затылочной долей (последствие перенесенного нарушения мозгового кровообращения, стрелка); **Б** – исследование после операции, аналогичные изменения (последствие перенесенного нарушения мозгового кровообращения, стрелка), отсутствие «свежих» зон и очагов пониженной и/или геморрагической плотности

исследование не выявило признаков нарушения мозгового кровообращения по геморрагическому типу (рис. 5 А, Б). Область реконструированных сонных артерий контрастировалась гомогенно, отмечалось усиление контрастирования интракраниальных артерий (рис. 6).

С учетом клинической картины гиперперфузионного синдрома пациентам проводилась агрессивная гипотензивная терапия, на фоне которой их состояние стабилизировалось, неврологическая симптоматика регрессировала.

Обсуждение

В нашем исследовании ишемические неврологические осложнения после реконструктивных вмешательств на сонных артериях встречались в раннем послеоперационном периоде в 1,8% случаев (у 11 из 595 пациентов). Это согласуется с российскими и зарубежными рекомендациями, где постулируется: частота осложнений у пациентов с перенесенным ранее инсультом не должна превышать 6%, а у асимптомных пациентов – 3% [1, 3, 4]. Частота гиперперфузионного синдрома составила 0,7% (4 из 595), что также соответствует данным статистики [11].

Необходимо отметить сложность диагностики неврологических осложнений в послеоперационном периоде. «Золотым» стандартом в поиске острых и острейших ишемических проявлений

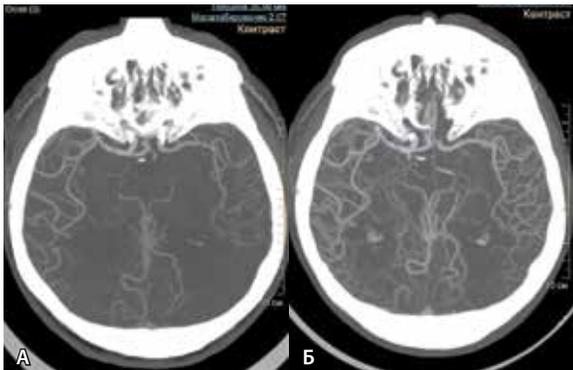


Рис. 6. Пациент 3, 76 лет, компьютерная томографическая ангиография: реконструкция максимальной интенсивности: **А** – исследование до операции, **Б** – послеоперационное исследование; усиление кровотока в интракраниальных сосудах после операции

в веществе головного мозга на фоне ранее существовавших постинсультных изменений по праву считается МРТ [13–16]. Однако вследствие тяжести состояния пациента, отсутствия контакта с больным послеоперационное обследование может проводиться с использованием компьютерной томографии [8]. Что касается острой стадии ишемического инсульта, визуализируемые нами изменения на компьютерной томограмме были характерными, диагностика патологии не вызвала трудностей [15]. При ишемическом инсульте в острейшем периоде применение компьютерной томографии предполагает комплексное исследование, включающее несколько компонентов: исключение геморрагического инсульта, визуализацию тромбов в сосудах и обнаружение патологических изменений по данным перфузионной компьютерной томографии [17, 18]. У нашего пациента в острейшем периоде при бесконтрастной компьютерной томографии зоны и участки пониженной плотности визуально не определялись, при компьютерной томографической ангиографии контрастирование реконструированных сосудов было гомогенным. Самый важный диагностический метод в данной ситуации – перфузионная компьютерная томография – также давал неоднозначные результаты. У пациента с окклюзией ОСА с одной стороны и реконструированной противоположной ВСА выраженная асимметрия показателей перфузии могла быть отображением как ишемического инсульта на стороне окклюзии, так и гиперперфузионного синдрома на стороне операции. У подобных пациентов только последующий динамический контроль может помочь дифференцировать патологию. При анализе литературы не было найдено источников, подробно рассматривающих данную проблему.

Заключение

Диагностика неврологических осложнений у пациентов после реконструктивных операций на сонных артериях при помощи компьютерной томографии в случаях ишемических изменений в острой стадии и геморрагических изменений не представляет сложностей. Диагностика ишемических изменений в острейшей стадии и гиперперфузионного синдрома крайне затруднительна из-за сложностей интерпретации данных. Требуется дальнейшее изучение данной проблемы послеоперационной диагностики, поиск критериев поражения головного мозга у пациентов с исходным измененным кровотоком по брахиоцефальным артериям. ©



Литература

1. Национальные рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий. Ангиология и сосудистая хирургия. 2013;19(2 Прилож):1–73.
2. Верещагин НВ. Роль поражений экстракраниальных отделов магистральных отделов головы в патогенезе нарушений мозгового кровообращения. В: Шмидт ЕВ, ред. Сосудистые заболевания нервной системы: новые методы диагностики в неврологии. Смоленск; 1980. с. 23–6.
3. Ricotta JJ, Aburama A, Ascher E, Eskandari M, Faries P, Lal BK; Society for Vascular Surgery. Updated Society for Vascular Surgery guidelines for management of extracranial carotid disease. J Vasc Surg. 2011;54(3):e1–31. doi: 10.1016/j.jvs.2011.07.031.
4. Liapis CD, Bell PR, Mikhailidis D, Sivenius J, Nicolaidis A, Fernandes e Fernandes J, Biasi G, Norgren L; ESVS Guidelines Collaborators. ESVS guidelines. Invasive treatment for carotid stenosis: indications, techniques. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2009;37(4 Suppl):1–19. doi: 10.1016/j.ejvs.2008.11.006.
5. Мамедов ФР, Арутюнов НВ, Усачев ДЮ, Лукшин ВА, Мельникова-Пицхелаури ТВ, Фадеева ЛМ, Пронин ИН, Корниенко ВН. Современные методы нейровизуализации при стенозирующей и окклюзирующей патологии сонных артерий. Лучевая диагностика и терапия. 2012;3(3):109–16.
6. Усачев ДЮ, Лукшин ВА, Яковлев СБ, Арустамян СР, Шмигельский АВ. Протокол обследования и хирургического лечения больных со стенозирующими поражениями магистральных артерий головного мозга. Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко. 2009;(2):48–54.
7. Мамедов ФР, Арутюнов НВ, Усачев ДЮ, Мельникова-Пицхелаури ТВ, Пяшина ДВ, Фадеева ЛМ, Корниенко ВН. Комплексная нейрорадиологическая диагностика при атеросклеротическом поражении сонных артерий. Вестник рентгенологии и радиологии. 2011;(1):4–10.
8. Вишнякова МВ (мл.), Ларьков РН, Вишнякова МВ. Возможности мультиспиральной компьютерной томографии в оценке состояния сонных артерий после реконструктивных операций. Альманах клинической медицины. 2015;(43):11–8. doi: 10.18786/2072-0505-2015-43-11-18.
9. Menon BK, Campbell BC, Levi C, Goyal M. Role of imaging in current acute ischemic stroke workflow for endovascular therapy. Stroke. 2015;46(6):1453–61. doi: 10.1161/STROKEAHA.115.009160.
10. Heit JJ, Wintermark M. Perfusion computed tomography for the evaluation of acute ischemic stroke: strengths and pitfalls. Stroke. 2016;47(4):1153–8. doi: 10.1161/STROKEAHA.116.011873.
11. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators, Barnett HJM, Taylor DW, Haynes RB, Sackett DL, Peerless SJ, Ferguson GG, Fox AJ, Rankin RN, Hachinski VC, Wiebers DO, Eliasziw M. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. N Engl J Med. 1991;325(7):445–53. doi: 10.1056/NEJM199108153250701.
12. 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. doi: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(97)09292-1.
13. Стрелкова ТВ, Айроян АГ. Церебральный гиперперфузионный синдром. Клиническая физиология кровообращения. 2015;(3):5–16.
14. Feiwell RJ, Besmertis L, Sarkar R, Saloner DA, Rapp JH. Detection of clinically silent infarcts after carotid endarterectomy by use of diffusion-weighted imaging. AJNR Am J Neuroradiol. 2001;22(4):646–9.
15. Bonati LH, Jongen LM, Haller S, Flach HZ, Dobson J, Nederkoorn PJ, Macdonald S, Gaines PA, Waaij A, Stierli P, Jäger HR, Lyrer PA, Kappelle LJ, Wetzel SG, van der Lugt A, Mali WP, Brown MM, van der Worp HB, Engelter ST; ICSS-MRI study group. New ischemic brain lesions on MRI after stenting or endarterectomy for symptomatic carotid stenosis: a substudy of the International Carotid Stenting Study (ICSS). Lancet Neurol. 2010;9(4):353–62. doi: 10.1016/S1474-4422(10)70057-0.
16. Fiebach JB, Schellinger PD, Jansen O, Meyer M, Wilde P, Bender J, Schramm P, Jüttler E, Oehler J, Hartmann M, Hähnel S, Knauth M, Hacke W, Sartor K. CT and diffusion-weighted MR imaging in randomized order: diffusion-weighted imaging results in higher accuracy and lower interrater variability in the diagnosis of hyperacute ischemic stroke. Stroke. 2002;33(9):2206–10. doi: https://doi.org/10.1161/01.STR.0000026864.20339.CB.
17. de Lucas EM, Sánchez E, Gutiérrez A, Mandly AG, Ruiz E, Flórez AF, Izquierdo J, Arnáiz J, Piedra T, Valle N, Bañales I, Quintana F. CT protocol for acute stroke: tips and tricks for general radiologists. Radiographics. 2008;28(6):1673–87. doi: 10.1148/rg.286085502.
18. Latchaw RE, Alberts MJ, Lev MH, Connors JJ, Harbaugh RE, Higashida RT, Hobson R, Kidwell CS, Koroshetz WJ, Mathews V, Villablanca P, Warach S, Walters B; American Heart Association Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, Stroke Council, and the Interdisciplinary Council on Peripheral Vascular Disease. Recommendations for imaging of acute ischemic stroke: a scientific statement from the American Heart Association. Stroke. 2009;40(11):3646–78. doi: 10.1161/STROKEAHA.108.192616.
19. National guidelines on the management of patients with brachycephalic artery disease. Angiology and vascular surgery. 2013;19(2 Suppl):1–73. Russian.
20. Vereshchagin NV. The role of disorders of the extracranial great arteries of the head in the pathophysiology of cerebrovascular accidents. In: Shmidt EV, editor. Vascular disorders of the nervous system: new diagnostic methods in neurology. Smolensk; 1980. p. 23–6. Russian.
21. Ricotta JJ, Aburama A, Ascher E, Eskandari M, Faries P, Lal BK; Society for Vascular Surgery. Updated Society for Vascular Surgery guidelines for management of extracranial carotid disease. J Vasc Surg. 2011;54(3):e1–31. doi: 10.1016/j.jvs.2011.07.031.
22. Liapis CD, Bell PR, Mikhailidis D, Sivenius J, Nicolaidis A, Fernandes e Fernandes J, Biasi G, Norgren L; ESVS Guidelines Collaborators. ESVS guidelines. Invasive treatment for carotid stenosis: indications, techniques. Eur J Vasc Endovasc Surg. 2009;37(4 Suppl):1–19. doi: 10.1016/j.ejvs.2008.11.006.
23. Мамедов ФР, Арутюнов НВ, Усачев ДЮ, Лукшин ВА, Мельникова-Пицхелаури ТВ, Фадеева ЛМ, Пронин ИН, Корниенко ВН. Modern neuroimaging methods in carotid arteries stenosis and occlusion. Diagnostic radiology and radiotherapy. 2012;3(3):109–16. Russian.
24. Усачев ДЮ, Лукшин ВА, Яковлев СБ, Арустамян СР, Шмигельский АВ. Protocol of examination and surgical management of patients with stenosing lesions of main cerebral arteries. Voprosy neyrokhirurgii imeni N.N. Burdenko. 2009;(2):48–54. Russian.
25. Мамедов ФР, Арутюнов НВ, Усачев ДЮ, Мельникова-Пицхелаури ТВ, Пяшина ДВ, Фадеева ЛМ, Корниенко ВН. Complex neuro-radiological diagnosis in case of atherosclerotic lesion of the carotid arteries. Vestnik Rentgenologii i Radiologii. 2011;(1):4–10. Russian.
26. Vishnyakova MV Jr, Lar'kov RN, Vishnyakova MV. Multidetector computed tomography in postoperative assessment of carotid arteries. Almanac of Clinical Medicine. 2015;(43):11–8. Russian. doi: 10.18786/2072-0505-2015-43-11-18.
27. Menon BK, Campbell BC, Levi C, Goyal M. Role of imaging in current acute ischemic stroke



- workflow for endovascular therapy. *Stroke*. 2015;46(6):1453–61. doi: 10.1161/STROKEA-HA.115.009160.
10. Heit JJ, Wintermark M. Perfusion computed tomography for the evaluation of acute ischemic stroke: strengths and pitfalls. *Stroke*. 2016;47(4):1153–8. doi: 10.1161/STROKEA-HA.116.011873.
 11. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators, Barnett HJM, Taylor DW, Haynes RB, Sackett DL, Peerless SJ, Ferguson GG, Fox AJ, Rankin RN, Hachinski VC, Wiebers DO, Eliasziw M. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med*. 1991;325(7):445–53. doi: 10.1056/NEJM199108153250701.
 12. 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. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(97\)09292-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(97)09292-1).
 13. Strelkova TV, Ayroyan AG. Cerebral hyperperfusion syndrome. *Clinical Physiology of Blood Circulation*. 2015;(3):5–16. Russian.
 14. Feiwell RJ, Besmertis L, Sarkar R, Saloner DA, Rapp JH. Detection of clinically silent infarcts after carotid endarterectomy by use of diffusion-weighted imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2001;22(4):646–9.
 15. Bonati LH, Jongen LM, Haller S, Flach HZ, Dobson J, Nederkoorn PJ, Macdonald S, Gaines PA, Waaijer A, Stierli P, Jäger HR, Lyrer PA, Kappelle LJ, Wetzel SG, van der Lugt A, Mali WP, Brown MM, van der Worp HB, Engelter ST; ICSS-MRI study group. New ischaemic brain lesions on MRI after stenting or endarterectomy for symptomatic carotid stenosis: a substudy of the International Carotid Stenting Study (ICSS). *Lancet Neurol*. 2010;9(4):353–62. doi: 10.1016/S1474-4422(10)70057-0.
 16. Fiebich JB, Schellinger PD, Jansen O, Meyer M, Wilde P, Bender J, Schramm P, Jüttler E, Oehler J, Hartmann M, Hähnel S, Knauth M, Hacke W, Sartor K. CT and diffusion-weighted MR imaging in randomized order: diffusion-weighted imaging results in higher accuracy and lower interrater variability in the diagnosis of hyperacute ischemic stroke. *Stroke*. 2002;33(9):2206–10. doi: <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000026864.20339.CB>.
 17. de Lucas EM, Sánchez E, Gutiérrez A, Mandly AG, Ruiz E, Flórez AF, Izquierdo J, Arnáiz J, Piedra T, Valle N, Bañales I, Quintana F. CT protocol for acute stroke: tips and tricks for general radiologists. *Radiographics*. 2008;28(6):1673–87. doi: 10.1148/rg.286085502.
 18. Latchaw RE, Alberts MJ, Lev MH, Connors JJ, Harbaugh RE, Higashida RT, Hobson R, Kidwell CS, Koroshetz WJ, Mathews V, Villablanca P, Warach S, Walters B; American Heart Association Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, Stroke Council, and the Interdisciplinary Council on Peripheral Vascular Disease. Recommendations for imaging of acute ischemic stroke: a scientific statement from the American Heart Association. *Stroke*. 2009;40(11):3646–78. doi: 10.1161/STROKEA-HA.108.192616.

Multidetector computed tomography in the assessment of neurologic complications after carotid endarterectomy

Vishnyakova M.V. Jr.¹ • Lar'kov R.N.¹ • Vishnyakova M.V.¹

Rationale: Carotid endarterectomy is a surgical procedure to prevent acute ischemic cerebrovascular accidents. Neurologic complications can occur after surgery. Multidetector computed tomography (MDCT) is used for their diagnosis in severely ill patients. **Aim:** To evaluate the potential of MDCT in the diagnosis of neurologic complications after carotid endarterectomy. **Materials and methods:** We analyzed the results of radiologic assessments in 15 patients with early postoperative neurologic complications which occurred after surgery for internal carotid artery occlusion (595 patients underwent surgery). In stable patients, brain magnetic resonance imaging (MRI) was performed (T1, T2, FLAIR, DWI modes) with non-contrast MR angiography. In critically ill patients, brain computed tomography, computed tomographic angiography and perfusion computed tomography were performed. **Results:** Ischemic neurologic complications were found in 11 patients. One patient had no clinical manifestation of an ischemic stroke, and acute stage signs were found in his routine brain

MDCT. In 9 patients with acute brain ischemia, MDCT (n=6) and MRI (n=3) results were specific for this diagnosis, with no diagnostic problems. There were problems with the diagnosis of the hyperacute ischemia in 1 patient. In this patient, the complication occurred against a background of abnormal carotid blood flow before surgery, therefore, differential diagnosis between the hyperperfusion syndrome on the intervention side and the hyperacute phase of ischemic insult on the opposite side was performed. Hyperperfusion syndrome and hemorrhagic strokes were observed in 4 patients. **Conclusion:** The most difficult for diagnosis by MDCT is the hyperacute phase of brain ischemia. Further studies are necessary in the area of diagnosis of postoperative complications, with the search for potential specific diagnostic criteria.

Key words: carotid endarterectomy, neurologic complications, diagnostics, computed tomography

Vishnyakova Marina V. – MD, PhD, Senior Research Fellow, Department of Roentgenology¹
✉ 61/2–15 Shchepkina ul., Moscow, 129110, Russian Federation. Tel.: +7 (495) 631 72 07.
E-mail: cherridra@mail.ru

Lar'kov Roman N. – MD, PhD, Head of Department of Vascular and Ischemic Heart Disease Surgery¹

Vishnyakova Mariya V. – MD, PhD, Head of Department of Roentgenology¹

¹ Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI); 61/2 Shchepkina ul., Moscow, 129110, Russian Federation