DOI: 10.56871/MTP.2023.13.55.017
УДК 616.831-005.4+616.13.002.2-004.6

ВОЗМОЖНОСТИ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНО-ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ АНГИОГРАФИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОКАЗАНИЙ К КАРОТИДНОЙ ЭНДАРТЕРЭКТОМИИ У ПАЦИЕНТОВ С МАЛЫМИ И УМЕРЕННЫМИ СТЕНОЗАМИ ВНУТРЕННЕЙ СОННОЙ АРТЕРИИ

© *Дмитрий Валериевич Меркулов[1], Иван Петрович Дуданов[1, 3], Ирина Григорьевна Камышанская[1, 2]*

[1] Городская Мариинская больница. 191014, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 56
[2] Санкт-Петербургский государственный университет. 199034, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7–9
[3] Петрозаводский государственный университет. 185910, Российская Федерация, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33

Контактная информация: Дмитрий Валериевич Меркулов — врач-рентгенолог, заведующий отделением рентгеновской компьютерной томографии. E-mail: dr_merkulov@mail.ru ORCID ID: 0009-0002-5691-3821

Для цитирования: Меркулов Д.В., Дуданов И.П., Камышанская И.Г. Возможности мультиспиральной компьютерно-томографической ангиографии в определении показаний к каротидной эндартерэктомии у пациентов с малыми и умеренными стенозами внутренней сонной артерии // Медицина: теория и практика. 2023. Т. 8. Спецвыпуск. С. 20–25. DOI: https://doi.org/10.56871/MTP.2023.13.55.017

Поступила: 18.08.2023 **Одобрена: 13.09.2023** **Принята к печати: 09.11.2023**

РЕЗЮМЕ: Сердечно-сосудистые заболевания сохраняют лидирующее положение по смертности населения, а их число неуклонно растёт как в России, так и в других странах. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), на ишемическую болезнь сердца (ИБС) и ишемический инсульт приходится около 15% случаев всех летальных исходов. В Санкт-Петербурге ежегодно регистрируется более 400 случаев ОНМК на 100 тыс. населения, из них более 80% случаев приходится на ишемический инсульт, который в 40–45% случаев обусловлен окклюзией или стенозом брахиоцефальных артерий (БЦА). Наиболее эффективным способом предупреждения инфаркта мозга является каротидная эндартерэктомия (КЭАЭ) и другие хирургические методы коррекции стенотического поражения. По оценкам неврологов, значительная часть ишемических инсультов могли бы быть предотвращены при своевременном хирургическом вмешательстве, успех которого во многом зависит от результатов предварительной визуализации. В настоящее время нет единого подхода к лучевой диагностике стенотических поражений БЦА, признаков нестабильности атеросклеротической бляшки (АСБ). В данной работе представлены результаты диагностики и оперативного лечения более 2500 пациентов с патологией БЦА.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ишемический инсульт, атеросклероз, ангиография, каротидная эндартерэктомия.

POSSIBILITIES OF MULTISPIRAL COMPUTED TOMOGRAPHIC ANGIOGRAPHY IN DETERMINING INDICATIONS FOR CAROTID ENDARTERECTOMY IN PATIENTS WITH SMALL AND MODERATE STENOSIS OF THE INTERNAL CAROTID ARTERY

© *Dmitry V. Merkulov[1], Ivan P. Dudanov[1, 3], Irina G. Kamyshanskaya[1, 2]*

[1] City Mariinsky Hospital. 191014, Russian Federation, Saint Petersburg, Liteyny Ave., 56
[2] Saint Petersburg State University. 199034, Russian Federation, Saint Petersburg, Universitetskaya embankment, 7–9
[3] Petrozavodsk State University, 185910, Russian Federation, Republic of Karelia, Petrozavodsk, Lenin Ave., 33

Contact information: Dmitry V. Merkulov — radiologist, head of the X-ray computed tomography department.
E-mail: dr_merkulov@mail.ru ORCID: 0009-0002-5691-3821

For citation: Merkulov DV, Dudanov IP, Kamyshanskaya IG. Possibilities of multispiral computed tomographic angiography in determining indications for carotid endarterectomy in patients with small and moderate stenosis of the internal carotid artery. Medicine: theory and practice (St. Petersburg). 2023;8(Supplement):20-25. DOI: https://doi.org/10.56871/MTP.2023.13.55.017

Received: 18.08.2023 **Revised: 13.09.2023** **Accepted: 09.11.2023**

ABSTRACT: Cardiovascular diseases retain their leading position in mortality, their number is steadily growing both in Russia and in other countries. According to the World Health Organization (WHO), coronary heart disease (CHD) and ischemic stroke account for about 15% of all deaths. In St. Petersburg, more than 400 cases of acute stroke per 100 thousand population are annually registered, of which more than 80% of cases are ischemic stroke, which in 40–45% of cases is caused by occlusion or stenosis of the brachycephalic arteries (BCA). The most effective way to prevent cerebral infarction is carotid endarterectomy (CAE) and other surgical methods for correcting stenotic lesions. According to neurologists, a significant portion of ischemic strokes could be prevented with timely surgical intervention, the success of which largely depends on the results of preliminary imaging. To date, there is no uniform approach to radiodiagnosis of stenotic lesions of the BCA, signs of instability of the atherosclerotic plaque (AP). This article presents the results of diagnosis and surgical treatment of more than 2500 patients with BCA pathology.

KEY WORDS: ischemic stroke, atherosclerosis, angiography, carotid endarterectomy.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для визуализации патологии брахиоцефальной артерии (БЦА) используется несколько лучевых методов: ультразвуковая допплерография (УЗДГ), дигитальная субтракционная ангиография (ДСА), фазово-контрастная магнитно-резонансная ангиография (МРА), а также мультиспиральная компьютерно-томографическая ангиография (МСКТА).

ДСА остается «золотым стандартом» в диагностике стенозов сонных артерий, при использовании которой выявляются анатомические особенности БЦА, степень и локализация стеноза, а также наличие и выраженность коллатерального кровообращения. Однако данный метод характеризуется инвазивностью, высокой частотой осложнений, невозможностью оценки структуры атеросклеротической бляшки [2]. Данная процедура не может проводиться в амбулаторных условиях.

УЗДГ является наиболее доступным и неинвазивным методом визуализации атеросклеротического поражения БЦА [1]. Недостатками данного метода являются: снижение информативности исследования при выраженном кальцинозе АСБ, высоком расположении бифуркации общей сонной артерии и другие анатомические особенности.

МРА без внутривенного контрастирования (времяпролетная МРА) — это неинвазивный метод исследования, позволяющий получить изображения артерий шеи без введения контрастных веществ. Однако достоверную трактовку результатов данного исследования зачастую затрудняют артефакты из-за движения пациента, глотания, турбулентного тока крови. Существенным недостатком времяпролетной МРА является также низкая разрешающая способность при мощности магнитно-резонансного томографа (МРТ) 1,5 Тесла [4]. МРТ с индукцией магнитного поля 3,0 Тесла обладают значительно лучшей разрешающей способностью, однако они недостаточно распространены в медицинских учреждениях. МРА с контрастным усилением характеризуется более высокой точностью, но требует введения парамагнитных контрастных веществ (гадолиния) и является дорогостоящим исследованием.

МСКТА — это малоинвазивный метод лучевого исследования, который благодаря возможности трассировки артерий с последующим построением многоплоскостных реконструкций и 3D-моделированию позволяет детально оценить дугу аорты и её ветви, с высокой точностью определить степень стеноза БЦА, провести денситометрический анализ морфологической структуры АСБ и выявить ослож-

ненные АСБ [6]. Дополнительно компьютерная томография позволяет диагностировать патологию головного мозга и органов средостения, а при выполнении КТ-перфузии — оценить функциональное состояние вещества головного мозга. Недостатками МСКТА являются возможные аллергические реакции на контрастный препарат и лучевая нагрузка.

По данным литературы в метаанализе оценки технологий здравоохранения (Health Technology Assessment), который включал 41 нерандомизированное исследование с использованием УЗДГ, МРА с внутривенным контрастированием и МСКТА, было установлено, что все три метода являются эквивалентными в выявлении значительных стенозов. Однако было рекомендовано, чтобы в центрах, использующих УЗДГ для обследования пациентов, перед проведением КЭАЭ выполнялось второе УЗДГ, предпочтительно другим специалистом. Комбинация двух методов визуализации (УЗДГ + МСКТА или УЗДГ + МРА) повышает точность и является стандартной практикой во многих центрах [5]. В таблице 1 приведены данные о чувствительности и специфичности УЗДГ, МСКТА и МРА с контрастным усилением по сравнению с «золотым стандартом» — ДСА [5].

Значимые стенозы ВСА однозначно требуют хирургической коррекции при отсутствии противопоказаний к оперативному вмешательству [5]. Возможности диагностики и хирургической коррекции малых и умеренных стенозов в сочетании с признаками нестабильности АСБ освещены не достаточно. В данной статье представлены верифицированные данные, позволяющие сделать объективные выводы о достоверности диагностики нестабильных АСБ методом МСКТА, о роли и месте этого метода в алгоритме определения показаний к КЭАЭ.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить возможности МСКТА в диагностике нестабильных АСБ при малых и умеренных стенозах ВСА.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период с 01.01.2011 г. по настоящее время в сосудистом центре СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница» было выполнено более 2500 хирургических вмешательств при стенотическом поражении БЦА в остром периоде ишемического инсульта, из них 117 пациентов (64 мужчины и 53 женщины) имели незначимые стенозы ВСА. Возрастной и гендерный состав данной группы пациентов представлен в таблице 2.

Все пациенты поступали в стационар по экстренным показаниям с диагнозом ОНМК и транзиторная ишемическая атака (ТИА). Имели в анамнезе ТИА 54% пациента (34 мужчины и 29 женщин). В рамках принятого диагностического алгоритма последовательно проводили УЗДГ и МСКТА БЦА. Выполняли МСКТА на рентгеновских компьютерных томографах SIEMENS Somatom Definition AS64 и GE Revolution 512CT. Протокол проведения МСКТА включал бесконтрастное исследование головного мозга и сканирование шеи и головы в артериальную фазу после внутривенного контрастирования. Использовали внутривенное болюсное введение неионного йодсодержащего контрастного препарата в объеме 50 мл со скоростью введения препарата 4–4,5 мл/с и физраствора — в объеме 30–40 мл со скоростью 5–5,5 мл/с. Использование физраствора в качестве болюса-преследователя позволяло добиться лучшей контрастности артериального русла

Таблица 1

Сравнение показателей чувствительности и специфичности методов лучевой диагностики в оценке окклюзии и стеноза сонных артерий*

Показатель	Состояние сосуда	УЗДГ	МСКТА	МРА с контрастным усилением
Чувствительность, %	Окклюзия	97	97	99
Чувствительность, %	Стеноз	89	75–85	94–95
Специфичность, %	Окклюзия	99	99	99
Специфичность, %	Стеноз	84	93–96	92–93

* Чувствительность и специфичность ультразвукового дуплексного сканирования (УЗДГ), компьютерной томографической ангиографии (КТА) и магнитно-резонансной ангиографии (МРА) с контрастным усилением по сравнению с цифровой субтракционной ангиографией ЦСА) в диагностике окклюзии и стеноза сонных артерий.

Таблица 2

Пациенты, оперированные с незначимым стенозом внутренней сонной артерии (n=117)

Возрастная группа	Возраст, лет	Мужчины, абс. (%)	Женщины, абс. (%)
I	49–60	27 (23%)	13 (11%)
II	61–75	32 (27%)	37 (32%)
III	75–85	5 (4%)	3 (2%)

и исключить заброс контрастного препарата в яремную вену. Сканирование в артериальную фазу включало дугу аорты и церебральные артерии. Обработку полученных изображений проводили при помощи прикладных программ фирмы SIEMENS и GE, которые включали трассирование артерий с последующим построением многоплоскостных реконструкций и 3D-моделирование. Расчёт стеноза БЦА выполняли согласно критериям NASCET [3]. Стеноз ВСА по степени подразделяли на: 1) малый стеноз (0–29%); 2) умеренный стеноз (30–49%); 3) выраженный стеноз (50–69%); 4) критический стеноз (70–99%); 5) окклюзия (100%). При анализе структуры АСБ выделяли три типа: мягкие, смешанные (комбинированные / гетерогенные) и кальцинированные. Для мягких атеросклеротических бляшек было характерно отсутствие в составе кальцинатов диаметром более 3 мм. В комбинированных бляшках доля кальцинатов (участков рентгеновской плотности более 130 HU) составляла менее половины объема бляшки. В кальцинированных АСБ доля кальцинатов должна быть более 50% объема бляшки. К критериям нестабильности АСБ относили: 1) неровность контура АСБ за счет затека контрастного вещества под покрышку; 2) неровность контура за счет крупных кальцинатов; 3) положительное ремоделирование ВСА, которое определяется как увеличение поперечного сечения сосуда в месте образования АСБ по сравнению с неизмененным близлежащим сегментом сосуда. Результаты МСКТА сравнивали с интраоперационными данными и в некоторых случаях с результатами гистологического исследования АСБ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У 38 пациентов при нативном исследовании головного мозга были выявлены очаги ишемии в бассейне среднемозговой артерии (СМА) диаметром до 3,0 см, что не являлось противопоказанием к КЭАЭ. У 65 пациентов при аналогичном исследовании визуализировали участки кистозно-атрофических изменений, свидетельствующих о перенесенных ранее ишемических инсультах. У 14 пациентов очаговых изменений головного мозга выявлено не было. У всех 117 пациентов было диагностировано атеросклеротическое поражение устья ВСА со стенозированием от 25 до 47%, что соответствует малым и умеренным стенозам, однако все выявленные АСБ имели признаки нестабильности и локализовались на стороне очага ишемии или кистозно-атрофических изменений. У 24 пациентов (23%) атеросклеротическое поражение сочеталось с извитостью ВСА без формирования гемодинамически значимых септальных стенозов. Малые стенозы ВСА в основном были представлены в I возрастной группе и составили 28 пациентов (24%). Во II и III возрастных группах выявлены умеренные стенозы ВСА, что составило 89 пациентов (76%). Мягкие и смешанные АСБ одинаково часто встречались в I и II возрастных группах. В III возрастной группе во всех случаях были выявлены смешанные и кальцинированные АСБ. Признаки нестабильности АСБ в виде затека контрастного препарата под покрышку были выявлены у 31 пациента (26%), во всех случаях нестабильность встречали при мягких АСБ и в сочетании с положительным ремоделированием ВСА. Неровность контура АСБ за счёт массивных кальцинатов встречали исключительно при кальцинированных АСБ. Положительное ремоделирование ВСА одинаково часто отмечали при всех типах АСБ. Интраоперационные находки подтвердили данные МСКТА в определении степени стеноза ВСА в 100% случаев, в определении нестабильности АСБ — в 98% случаев (в двух случаях гипердиагностика неровности контура АСБ была обусловлена плотностными артефактами от массивных кальцинатов). АСБ с положительным ремоделированием ВСА на КЭАЭ представляли собой рыхлый, легко разрушающийся детрит желтовато-серого или кровянистого цвета. При гистологическом исследовании эти АСБ соответствовали атероматозу (в его основе не тканевой детрит с липидными включениями, обрывками фибриновых волокон и следами микрокровоизлияний). В атеросклеротической бляшке с нарушением целостности покрышки гистологически была выявлена вы-

раженная воспалительная реакция с наличием моноцитов, макрофагов и Т-лимфоцитов. Таким образом, положительное ремоделирование ВСА указывало на нестабильность АСБ и часто сопровождалось наличием крупного некротического ядра и (или) кровоизлияния.

ОБСУЖДЕНИЕ

МСКТА является малоинвазивной и доступной для выполнения в амбулаторных условиях процедурой. С 01.01.2011 г. по настоящее время в Мариинской больнице не было зафиксировано ни одного осложнения. За эти годы накоплен огромный опыт использования МСКТА, благодаря которому мы практически перестали использовать традиционную ДСА. МСКТА дает исчерпывающую информацию об анатомических особенностях дуги аорты и БЦА, уровне и протяженности стенотического поражения, структуре и признаках нестабильности АСБ, позволяет выявить сопутствующую патологию головного мозга и верхнего средостения. Выявление признаков нестабильности АСБ при малых и умеренных стенозах расширяет показания к их хирургической коррекции, особенно у пациентов, имеющих в анамнезе ОНМК и транзиторную ишемическую атаку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт использования МСКТА в Мариинской больнице показал высокую чувствительность и специфичность данного метода в оценке проходимости БЦА. При своей малой инвазивности и отсутствии осложнений МСКТА может выполняться в амбулаторных условиях, наряду с УЗДГ. Выявление нестабильных АСБ при гемодинамически не значимых стенозах позволит расширить показания к КЭАЭ и предотвратить развитие ишемического инсульта.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишнякова М.В. (мл.) Определение роли компьютерной томографической ангиографии в оценке состояния сонных артерий после реконструктивных операций. Анналы хирургии. 2017; 22 (6): 329–35.
2. Клиническая ангиология: Руководство / Под ред. А.В. Покровского. В двух томах. Т. 1. М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2004. 808 с.
3. Свистов Д.В. Хирургическое лечение атеросклеротических поражений артерий каротидного бассейна. // www.neuro.neva.ru/ Russian/Issues/ Articles_2_2001/ svistov.htm, Кафедра нейрохирургии Российской Военно-медицинской академии, Санкт-Петербург.
4. Ruberg F.L., Viereck J., Phinikaridou A., Qiao Y., Loscalzo J., Hamilton J.A. Identification of cholesteryl esters in human carotid atherosclerosis by ex vivo image-guided proton MRS. Journal of Lipid Research. 2006; 47(2): 310-317.
5. Росс Нейлор (Ross Naylor), Барбара Рантнер (Barbara Rantner), Стефано Анчетти (Stefano Ancetti, Герт Дж. де Борст (Gert J. de Borst), Марко Де Карло (Marco De Carlo), Элисон Холлидей (Alison Halliday), Ставрос К. Каккос (Stavros K. Kakkos), Хью С. Маркус (Hugh S. Markus), Доминик Дж. Х. Маккейб (Dominick J.H. McCabe), Хенрик Силлесен (Henrik Sillesen), Джос С. ван ден Берг (Jos C. van den Berg), Мелина Вега де Сенига (Melina Vega de Ceniga), Маарит А. Венермо (Maarit A. Venermo), Франк Э.Г. Вермассен (Frank E.G. Vermassen); Европейское общество сосудистых хирургов (ESVS) 2023 г. Клинические практические рекомендации по диагностике и лечению атеросклеротической болезни сонных и позвоночных артерий.
6. Saba L, Caddeo G, Sanfilippo R, Montisci R, Mallarini G. CT and ultrasound in the study of ulcerated carotid

plaque compared with surgical results: potentialities and advantages of multidetector row CT angiography. AJNR Am J Neuroradiol. 2007 Jun-Jul;28(6):1061-6.

REFERENCE

1. Vishnyakova M.V. Determining the role of computed tomographic angiography in assessing the condition of the carotid arteries after reconstructive operations. Annals of surgery. 2017; 22 (6): 329–35.
2. Clinical angiology: Guide / Ed. A.V. Pokrovsky. In two volumes. V. 1. M.: OJSC «Publishing House «Medicine», 2004. 808 p.
3. Svistov D.V. Surgical treatment of atherosclerotic lesions of the arteries of the carotid system. //www.neuro.neva.ru/Russian/Issues/Articles_2_2001/svistov.htm, Department of Neurosurgery of the Russian Military Medical Academy, St. Petersburg.
4. Ruberg, F.L., Viereck J., Phinikaridou A., Qiao Y., Loscalzo J., Hamilton J.A. Identification of cholesteryl esters in human carotid atherosclerosis by ex vivo image-guided proton MRS. Journal of Lipid Research. 2006; 47(2): 310-317.
5. Ross Naylora, Barbara Rantnera, Stefano Ancettia, Gert J. de Borsta, Marco De Carlo a, Alison Hallidaya, Stavros K. Kakkosa, Hugh S. Markusa, Dominic J.H. McCabea, Henrik Sillesen (Henrik Sillesena, Jos C. van den Berga, Melina Vega de Cenigaa, Maarit A. Venermoa, Frank E.G. Frank E.G. Vermassena European Society of Vascular Surgeons (ESVS) 2023 Clinical practice guidelines for the diagnosis and treatment of atherosclerotic disease of the carotid and vertebral arteries.
6. Saba L, Caddeo G, Sanfilippo R, Montisci R, Mallarini G. CT and ultrasound in the study of ulcerated carotid plaque compared with surgical results: potentialities and advantages of multidetector row CT angiography. AJNR Am J Neuroradiol. 2007 Jun-Jul;28(6):1061-6.