

Стентирование сонных артерий: современное состояние проблематики

Талиуридзе М. Т.¹, Шукуров Ф. Б.¹, Абугов С. А.², Бондаревский С. И.³, Фещенко Д. А.¹, Васильев Д. К.¹, Араблинский Н. А.¹

¹ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины" Минздрава России. Москва; ²ФГБНУ "Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского" Минздрава России. Москва; ³ФГАУ ВО "Первый МГМУ им. И. М. Сеченова" Минздрава России (Сеченовский Университет). Москва, Россия

В большинстве развитых стран мира острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) занимает второе или третье место в структуре смертности и лидирует среди причин нетрудоспособности взрослого населения. Среди всех ОНМК на долю ишемического инсульта приходится до 70-90% всех случаев. Атеросклеротическое поражение внутренней сонной артерии (ВСА), суживающее просвет на >50%, является причиной ишемического инсульта в 9-40%. Первой линией лечения пациентов с атеросклеротическим поражением ВСА является медикаментозная терапия. Однако, по данным некоторых исследований, у больных с высоким риском развития ОНМК эффективность медикаментозной терапии недостаточна. Согласно актуальным российским рекомендациям, каротидная эндаРТерэктомия является операцией выбора при наличии значимого стенозирования ВСА. Однако с развитием эндоваскулярных технологий альтернативным вариантом реваскуляризации стала каротидная ангиопластика со стентированием. Анализируя 10-летние результаты исследования CREST (Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stenting Trial), стоит отметить, что преобладающая разница в развитии церебральных ишемических событий после каротидной ангиопластики со стентированием и каротидной эндаРТерэктомии в сторону первого приходилась на перипроцедуральный период. Однако после успешно выполненной операции в отдаленном периоде частота осложнений в группе стентирования и группе открытой хирургии

были сопоставимы. Таким образом, можно сделать вывод, что грамотная предоперационная подготовка пациентов к стентированию ВСА и перипроцедуральное ведение являются одним из ключевых моментов для улучшения результатов эндоваскулярного вмешательства.

Ключевые слова: внутренняя сонная артерия, стентирование, каротидная эндаРТерэктомия, внутрисосудистое ультразвуковое исследование, Plaque-RADS, когнитивная функция.

Отношения и деятельность: нет.

Поступила 09/09-2025

Рецензия получена 24/10-2025

Принята к публикации 11/11-2025



Для цитирования: Талиуридзе М. Т., Шукуров Ф. Б., Абугов С. А., Бондаревский С. И., Фещенко Д. А., Васильев Д. К., Араблинский Н. А. Стентирование сонных артерий: современное состояние проблематики. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2025;24(12):4582. doi: 10.15829/1728-8800-2025-4582. EDN: TZUTSS

Carotid artery stenting: state of the art

Taliuridze M. T.¹, Shukurov F. B.¹, Abugov S. A.², Bondarevsky S. I.³, Feshchenko D. A.¹, Vasiliev D. K.¹, Arablinsky N. A.¹

¹National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine. Moscow; ²Petrovsky Russian Research Center of Surgery. Moscow;

³Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). Moscow, Russia

In most developed countries, cerebrovascular accident (CVA) ranks second or third in mortality and is the leading cause of disability in adults. Ischemic stroke accounts for 70-90% of all cases of CVAs. Internal carotid artery (ICA) atherosclerosis with stenosis >50% account for 9-40% of ischemic strokes. Pharmacotherapy is the first-line treatment for patients with ICA atherosclerosis. However,

some studies suggest that pharmacotherapy is ineffective in patients at high CVA risk. According to current Russian guidelines, carotid endarterectomy is the procedure of choice for patients with significant stenosis of the ICA. However, with the advances of endovascular technologies, carotid angioplasty with stenting has become an alternative revascularization option. According to the 10-year Carotid

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: tali9800@mail.ru

[Талиуридзе М. Т.* — врач по РЭВДил, м.н.с. лаборатории интервенционной радиологии, ORCID: 0000-0002-5341-6275, Шукуров Ф. Б. — к.м.н., руководитель лаборатории интервенционной радиологии врач по РЭВДил, ORCID: 0000-0001-7307-1502, Абугов С. А. — д.м.н., профессор, член-корр. РАН, зав. отделением рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения, ORCID: 0000-0001-7636-4044, Бондаревский С. И. — студент, ORCID: 0009-0000-6320-1545, Фещенко Д. А. — врач по РЭВДил, н.с. лаборатории интервенционной радиологии, зав. операционным блоком, ORCID: 0000-0003-3851-4544, Васильев Д. К. — к.м.н., руководитель отдела рентгенэндоваскулярной и сердечно-сосудистой хирургии им. проф. В. П. Мазаева, врач по РЭВДил, ORCID: 0000-0003-2602-5006, Араблинский Н. А. — врач-кардиолог, врач по РЭВДил, м.н.с. отдела рентгенэндоваскулярной и сердечно-сосудистой хирургии им. проф. В. П. Мазаева, аспирант, ORCID: 0000-0002-7294-7274].

Адреса организаций авторов: ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины" Минздрава России, Петроверигский пер., д. 10, стр. 3, Москва, 101990, Россия; ФГБНУ "Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского" Минздрава России, Абрикосовский переулок, д. 2, стр. 1, Москва, 119435, Россия; ФГАУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, 119048, Москва, Россия.

Addresses of the authors' institutions: National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Petroverigsky Lane, 10, bld. 3, Moscow, 101990, Russia; Petrovsky Russian Research Center of Surgery, Abrikosovsky Lane, 2, bld. 1, Moscow, 119435, Russia; Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Trubetskaya str., 8, bld. 2, 119048, Moscow, Russia.

Revascularization Endarterectomy versus Stenting Trial (CREST), the predominant difference in cerebral ischemic events after carotid angioplasty with stenting versus carotid endarterectomy occurred in the periprocedural period. However, after successful surgery, the late-term complication rates in the stenting group and the open surgery group were comparable. Thus, proper preoperative preparation of patients for ICA stenting and periprocedural management are key to improving the outcomes of endovascular intervention.

Keywords: internal carotid artery, stenting, carotid endarterectomy, intravascular ultrasound, Plaque-RADS, cognitive function.

Relationships and Activities: none.

Taliuridze M. T.* ORCID: 0000-0002-5341-6275, Shukurov F. B. ORCID: 0000-0001-7307-1502, Abugov S. A. ORCID: 0000-0001-7636-4044,

Bondarevsky S. I. ORCID: 0009-0000-6320-1545, Feshchenko D. A. ORCID: 0000-0003-3851-4544, Vasiliev D. K. ORCID: 0000-0003-2602-5006, Arablinsky N. A. ORCID: 0000-0002-7294-7274.

*Corresponding author:
tali9800@mail.ru

Received: 09/09-2025

Revision Received: 24/10-2025

Accepted: 11/11-2025

For citation: Taliuridze M. T., Shukurov F. B., Abugov S. A., Bondarevsky S. I., Feshchenko D. A., Vasiliev D. K., Arablinsky N. A. Carotid artery stenting: state of the art. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2025; 24(12):4582. doi: 10.15829/1728-8800-2025-4582. EDN: TZUTSS

ВСА — внутренняя сонная артерия, ВСУЗИ — внутрисосудистое ультразвуковое исследование, КАС — каротидная ангиопластика со стентированием, КЭА — каротидная эндартерэктомия, МСКТ — мульти-спиральная компьютерная томография, ОМТ — оптимальная медикаментозная терапия, СА — сонная артерия, ТИА — транзиторная ишемическая атака, Plaque-RADS — Reporting And Data System.

Ключевые моменты

Что известно о предмете исследования?

- Каротидная эндартерэктомия исторически является "золотым стандартом" хирургического лечения гемодинамически значимого стеноза сонных артерий.
- Долгосрочные результаты исследований (CREST — Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stenting) демонстрируют сопоставимую эффективность и безопасность каротидной ангиопластики со стентированием и каротидной эндартерэктомии в отдаленном периоде.
- Основные риски каротидной ангиопластики со стентированием связаны с перипроцедуральными церебральными осложнениями, обусловленными микроэмболизацией.

Что добавляют результаты исследования?

- В обзоре систематизированы современные данные, подчеркивающие ключевое значение интраоперационной визуализации (внутрисосудистое ультразвуковое исследование) и выбора эмболопротекции для минимизации рисков стентирования.
- Обсуждается роль новых систем стратификации риска, таких как Plaque-RADS (Reporting And Data System), и влияние реваскуляризации на когнитивные функции пациентов.
- Подчеркивается необходимость мультидисциплинарного подхода и индивидуального выбора метода реваскуляризации на основе анатомии, рисков и опыта центра.

Key messages

What is already known about the subject?

- Carotid endarterectomy has been the "gold standard" for the surgical treatment of hemodynamically significant carotid artery stenosis.
- Long-term outcomes of the Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stenting Trial (CREST) demonstrate comparable efficacy and safety of carotid angioplasty with stenting and carotid endarterectomy in the long term.
- The main risks of carotid angioplasty with stenting are associated with periprocedural cerebral events due to microembolization.

What might this study add?

- This review systematizes current data, emphasizing the key importance of intraoperative imaging (intravascular ultrasound) and the choice of embolic protection to minimize the stenting risks.
- The role of novel risk stratification systems, such as Plaque-Reporting And Data System (Plaque-RADS), and the impact of revascularization on patient cognitive function are discussed.
- There is a need for a multidisciplinary approach and individual choice of revascularization approach based on anatomy, risks and experience of the center.

Введение

Острое нарушение мозгового кровообращения определяется как острый неврологический дефицит, который возникает в результате нарушения кровоснабжения в артериях головного мозга [1].

Если прерывание притока крови к головному мозгу происходит на срок >24 ч, такое нарушение мозгового кровообращения следует называть инсультом [1, 2]. Транзиторная ишемическая атака (ТИА) является временным нарушением притока крови

к головному мозгу, которое обычно длится от нескольких минут до нескольких часов [1, 2]. В отличие от инсульта, ТИА является обратимым повреждением, которое не оставляет устойчивых неврологических последствий, однако она может служить предупреждающим сигналом возможного развития инсульта в будущем [1, 2].

Инсульт является одной из основных причин инвалидности и смерти во всем мире [3]. Атеросклеротическое поражение сонных артерий (СА) является основной причиной возникновения первичных и повторных ишемических инсультов и ТИА. Значимость атеросклеротического поражения оценивается по степени сужения просвета сосуда. Современная концепция оценки риска инсульта у пациентов с атеросклерозом СА выходит за рамки простой количественной оценки степени стеноза. Всё большее значение приобретает анализ морфологии бляшки и её "уязвимости".

В 2023г опубликована новая система классификации риска инсульта на основе оценки "опасности" каротидного атеросклероза Reporting And Data System (Plaque-RADS) [4]. В концепции представлено понятие "уязвимости бляшки" с акцентом на такие ее специфические особенности, как тонкая фиброзная капсула, крупное липидное ядро, внутрибляшечное кровоизлияние, разрыв бляшки, инфильтрация макрофагами и неоваскуляризация. Согласно этой системе предлагается разделить тип атеросклеротической бляшки на 4 группы по классификации Plaque-RADS в зависимости от их толщины, наличия осложнений в виде изъязвления поверхности, кровоизлияния в бляшку, разрыва капсулы и наличия тромба в просвете:

1. Plaque-RADS 1 — стабильная, преимущественно фиброзная бляшка без признаков осложнений.

2. Plaque-RADS 2 — бляшка с умеренными изменениями структуры (например, небольшие липидные включения), без признаков нестабильности.

3. Plaque-RADS 3 — бляшка с признаками уязвимости (липидное ядро, тонкая капсула, неоваскуляризация).

4. Plaque-RADS 4 — осложнённая бляшка (изъязвление, внутрибляшечное кровоизлияние, тромб).

По данным ультразвукового исследования брахиоцефальных артерий можно определить не только значимость бляшки, но и оценить признаки нестабильности, что часто не ассоциировано с ее размерами. Хотя на сегодняшний день классификация Plaque-RADS требует изучения и верификации в клинической практике, говорить о необходимости оценки структуры атеросклеротической бляшки принципиально важно, поскольку мультимодальная оценка структуры бляшки позволяет

точнее стратифицировать риск развития сердечно-сосудистых осложнений, в т.ч. инсульта.

Оценка морфологии бляшки напрямую связана с выбором тактики реваскуляризации и особенностями периоперационного ведения. Пациенты с признаками нестабильной бляшки требуют более тщательного подбора метода вмешательства, системы эмболопротекции и подхода к предоперационной подготовке.

Параллельно растёт интерес к изучению связи атеросклероза СА с когнитивными нарушениями. Их развитие связывают с микроэмболизацией, хронической гипоперфузией и поражением белого вещества головного мозга [5]. Когнитивный дефицит может быть обратимым, однако механизмы его формирования требуют дальнейшего изучения. Вместе с тем, отдельные исследования демонстрируют улучшение психомоторных функций, эпизодической памяти и исполнительных навыков после стентирования сонных артерий [5].

Таким образом, современное представление о стентировании внутренней СА (BCA) выходит за рамки технической реваскуляризации и включает необходимость совершенствования периоперационного ведения пациентов. Особое значение приобретает индивидуальный подбор тактики вмешательства с учётом морфологии атеросклеротической бляшки. В этом контексте важную роль играет внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ), позволяющее уточнить морфологию поражения, определить истинный диаметр сосуда и оценить качество раскрытия стента. Применение ВСУЗИ снижает риск протрузии и может потенциально уменьшать частоту когнитивных нарушений в послеоперационном периоде [6].

Целью обзора является анализ и систематизация современных научных данных, касающихся эффективности, безопасности и технологических аспектов стентирования СА, а также сравнение его с классической каротидной эндартерэктомией (КЭА).

Методология исследования

Для проведения обзора был осуществлен поиск научной литературы в международных базах данных PubMed, Medline, Scopus, Web of Science и E-Library, а также в российской научной электронной библиотеке CyberLeninka. Глубина поиска составила 15 лет (2009-2024гг). Использовались следующие ключевые слова и их комбинации на русском и английском языках: "каротидное стентирование"/"carotid stenting", "каротидная эндартерэктомия"/"carotid endarterectomy", "внутрисосудистое УЗИ"/"IVUS", "эмболическая защита"/"embolic protection", "Plaque-RADS", "когнитивные функции"/"cognitive functions". В анализ включались систематические обзоры, метаанализы, рандомизи-

рованные клинические исследования и крупные ретроспективные когортные исследования. Отбор источников проводился на основе анализа аннотаций и полнотекстовых статей.

Основная часть

В анализ были включены статьи, содержащие доказательную экспериментальную и клиническую базу по наиболее актуальным вопросам, касающимся стентирования СА.

Хирургическое лечение атеросклероза ВСА

Согласно российским клиническим рекомендациям "Окклюзия и стеноз сонной артерии" 2024г, количество периоперационных инсультов в центрах, осуществляющих хирургическое лечение СА, не должно превышать 4%¹.

Важным аспектом современного подхода к хирургическому лечению является стратификация риска осложнений. В частности, для КЭА был разработан и валидирован специализированный алгоритм CarotidSCORE, позволяющий на этапе предоперационного планирования индивидуально оценить риски для пациента и выбрать оптимальную тактику ведения [7]. Кроме того, актуальность персонализированного подхода и необходимость принятия клинических решений в сложных случаях, не до конца освещенных в рекомендациях, подчеркивается в современной отечественной работе [8].

Согласно данным отечественного проспективного рандомизированного исследования Чернявского М.А. и др. (2021), в которое были включены 500 пациентов с асимптомным поражением СА атеросклеротического генеза (232 — после КЭА и 268 — после каротидной ангиопластики со стентированием (КАС)), при обязательном применении дистальной эмболопротекции и оптимальной медикаментозной терапии (ОМТ) различий в частоте неблагоприятных исходов между группами выявлено не было [9]. В раннем послеоперационном периоде (в течение 30 дней) острые цереброваскулярные события наблюдались у 2 (0,86%) пациентов после КЭА и у 2 (0,75%) пациентов после КАС, что соответствует целевым значениям периоперационного риска (<4%) согласно российским клиническим рекомендациям 2024г¹. Частота рестенозов составила 1,3% после КЭА и 1,5% после КАС, серьезных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в течение года не зафиксировано. Авторы делают вывод о сопоставимой эффективности и безопасности обоих методов реваскуляризации при условии использования современных систем эмболопротекции и тщательного отбора пациентов [9].

При выборе метода реваскуляризации важно учитывать не только сопутствующие заболевания

пациента, но и технические аспекты выполнения операции. Как показывают результаты российского многоцентрового исследования "Festina lente", даже такой фактор, как скорость наложения сосудистого шва при КЭА, может оказывать значимое влияние на частоту периоперационных осложнений, что требует от хирурга высокого уровня мастерства и отработанной техники [10].

Превосходство оперативного лечения в сочетании с медикаментозной терапией у симптомных пациентов со стенозирующим атеросклерозом СА >50% в сравнении с только ОМТ были описаны в крупных рандомизированных исследованиях NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) и ECST (European Carotid Surgery Trial) [11]. NASCET продемонстрировал снижение развития инсульта на 17% через 2 года у пациентов со стенозом СА >70% [11]. ECST продемонстрировал снижение инсульта через 3 года: в группе ОМТ риск инсульта составил 26,5%, в то время как риск инсульта в группе ОМТ в сочетании с хирургическим вмешательством составил 14,9% [11].

КАС изначально рассматривалось как альтернатива хирургическому лечению у пациентов с высоким операционным риском при КЭА. Однако проведенные исследования свидетельствуют о сопоставимой эффективности и безопасности обоих методов реваскуляризации головного мозга.

В рамках международного многоцентрового исследования ICSS (International Carotid Stenting Study) проводилось сравнение двух методов лечения симптомного стеноза СА: КАС и КЭА. В исследовании приняли участие 1713 пациентов, из которых 855 были распределены в группу КАС, а 858 в группу КЭА, при среднем периоде наблюдения 4,2 года. Анализ результатов показал, что статистически значимых различий в частоте фатальных или инвалидизирующих инсультов между группами выявлено не было: 52 случая в группе КАС vs 49 в группе КЭА. Кумулятивный 5-летний риск данного исхода также был сопоставим: 6,4% для КАС и 6,5% для КЭА ($p=0,77$) [12].

Наиболее крупным рандомизированным клиническим исследованием является CREST (Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stenting), результаты которого показали отсутствие статистически значимых различий по совокупному риску развития инсульта, инфаркта миокарда и смерти в течение 30 дней после вмешательства [13]. Всем пациентам ($n=2502$) в обязательном порядке применялись системы церебральной защиты от эмболии. В течение первого мес. после вмешательства частота всех осложнений в группах КАС и КЭА составляла соответственно 5,2 и 4,5% ($p=0,38$), при длительном наблюдении профиль безопасности и эффективности был сопоставим в двух группах: частота осложнений составила 7,2% в группе стен-

¹ Национальные клинические рекомендации "Окклюзия и стеноз сонной артерии". М., 2024.

тирования и 6,8% в группе КЭА ($p=0,51$), а частота случаев смерти от всех причин — 11,3 и 12,6%, соответственно ($p=0,45$).

В рандомизированном исследовании АСТ I (Asymptomatic Carotid Trial), где сравнивались КАС+эмбопротективная защита с КЭА, с числом участников 1453 пациента, также было показано сходство в достижении конечных точек (одинаковая частота развития крупных сердечно-сосудистых событий). Все пациенты имели стеноз СА от 70 до 99% при отсутствии значимого контралатерального стеноза. Все пациенты получали ОМТ. Во время стентирования во всех случаях использовались нитиновые стенты с "закрытой" ячейкой (Xact, Abbott Vascular) в сочетании с дистальной эмбопротективной защитой (Emboshield, Emboshield Pro или Emboshield NAV6, Abbott Vascular). В общей сложности 1089 пациентам было выполнено КАС, а 364 пациента были включены в группу КЭА. Результат по первичной конечной точке (инсульт, инфаркт миокарда, смерть в течение 30 дней или ипсилатеральный инсульт в течение 1 года) составил 3,8 и 3,4%, соответственно в группе КАС и КЭА ($p=0,01$) при медиане наблюдения 5 лет [14].

По данным метаанализа, проведенного Saratzis A и Naylor R, 30-дневные исходы по данным 6 контролируемых рандомизированных исследований, включившим 7030 пациентов с бессимптомным стенозом СА, которым было проведено КАС или КЭА, не показали значимых различий. Основная разница в конечных точках была связана с большей частотой развития 30-дневного любого инсульта или смерти в группе КАС, в то время как частота инфаркта миокарда, развившегося в течение 30 дней, была более высокой в группе КЭА [15].

Mayoral Campos V, et al. (2018) ретроспективно проанализировали данные 344 пациентов, которым было выполнено КАС [16]. Всем пациентам была применена эмбопротективная защита, затем имплантирован самораскрывающийся стент. Периоперационный инсульт случился у 8 (2,3%) пациентов, 1 из которых с летальным исходом в связи с гиперперфузионным синдромом. За период наблюдения (15 лет) было диагностировано 8 инсультов (в 75% случаев инсульт произошел на контралатеральной стороне) и 3 ТИА. У 4,4% по данным ультразвукового дуплексного сканирования был выявлен рестеноз, который клинически не проявлялся ни у одного из участников, кроме двух (0,6%) пациентов.

В рандомизированном клиническом исследовании SPACE-2 (Satisfaction and well-being, Performance, Activity, Communication and Collaboration, Efficiency and Flow), целью которого была оценка безопасности современных методов реваскуляризации, сравнивали три группы пациентов с симптомным каротидным стенозом: медикаментозную терапию в сочетании с КЭА, медикаментозную те-

рапию КАС и изолированную медикаментозную терапию. Анализ первичной конечной точки, включавшей совокупность ипсилатерального инсульта или смерти по любой причине в течение 30 дней после вмешательства, а также любых ипсилатеральных инсультов в течение 5 лет наблюдения, не выявил статистически значимых различий между группами инвазивного лечения. Однако при сравнении с группой, получавшей только ОМТ, добавление реваскуляризации (как КЭА, так и КАС) продемонстрировало тенденцию к снижению долгосрочного риска инсульта [17].

Ключевым выводом стало различие в профиле перипроцедуральных осложнений: при КАС чаще отмечались инсульты, а при КЭА — инфаркты миокарда [11].

Таким образом, синтез данных крупных рандомизированных клинических исследований и их метаанализов позволяет заключить, что по долгосрочной эффективности в профилактике инсульта КАС и КЭА сопоставимы и что по безопасности оба метода оперативного вмешательства существенно не различаются, а основной упор в развитии эндоваскулярных вмешательств направлен на улучшение девайсов с целью снижения периоперационных осложнений [18].

От диагностики стеноза до инноваций: современные возможности стентирования СА

Стентирование ВСА у пациентов высокого хирургического риска на сегодняшний день считается безопасной альтернативой КЭА. Его важным преимуществом является отсутствие необходимости в общей анестезии, что до сих пор остается предметом дискуссии, а также отсутствие "открытого" хирургического доступа. Общая анестезия может снижать системное артериальное давление и повышать риск гипоперфузии головного мозга, что способно повлиять на когнитивное состояние пациента в отдаленном периоде [19].

В алгоритме ведения пациентов с атеросклеротическим поражением ВСА основное значение имеет предварительная диагностика. На первом этапе рекомендуется проведение мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) брахиоцефальных артерий с контрастированием для оценки анатомии поражения и выбора наилучшей тактики реваскуляризации [20]. Это касается не только выбора между КЭА и КАС, но и подбора наиболее безопасной системы эмбопротекции.

Одним из обязательных этапов предоперационного планирования является оценка анатомии ВСА, включая степень стеноза и наличие извитости артерии. Под выраженной извитостью понимают ≥ 2 изгиба под углом $>90^\circ$ в пределах 5 см от места поражения, включая участок отхождения ВСА от общей СА [21]. Обязательным условием стентирования ВСА является использование эмбопротективной защи-

ты [22]. В клинической практике применяются дистальные и проксимальные системы эмболопротекции. Описанные ранее анатомические особенности сосудистого русла могут затруднять проведение дистальной эмболопротекции и сделать невозможным её использование. В то же время проксимальная защита также не всегда осуществима.

Современные технологические достижения в области эмболической защиты при стентировании ВСА направлены на снижение риска неблагоприятных неврологических осложнений. Выбор системы защиты играет ключевую роль в профилактике периперационных эмболий.

Дистальная система протекции устанавливается за участком стеноза, что требует прохождения зоны поражения до активации защиты, создавая риск дистальной эмболизации. Проксимальная защита обеспечивает более надёжную профилактику эмболии за счёт временной окклюзии кровотока в артерии до начала вмешательства, но сопровождается ишемией ипсилатерального полушария. Особенно это критично у пациентов с незамкнутым Виллизиевым кругом или сниженным коллатеральным кровотоком [23]. Таким пациентам применение проксимальной эмболической защиты противопоказано. В рандомизированном исследовании Montorsi P, et al. (2020), было проведено сравнение дистальной эмболопротективной защиты FilterWire и проксимальной эмболопротективной защиты MoMa [24]. MoMa снизило признаки микроэмболизации по данным транскраниальной доплерографии на 70–80%, что подтверждает большую безопасность использования проксимальной эмболопротективной защиты, однако имеющийся ряд особенностей в использовании и перечень противопоказаний, делает ее не всегда допустимой для применения в различных ситуациях.

Следующим этапом после выбора эмболопротективной системы является подбор оптимального стента. Согласно результатам исследования CARUS (Carotid Artery intravascular Ultrasound Study), МСКТ, несмотря на высокую чувствительность, имеет склонность к занижению степени стеноза [25]. Можно предположить, что подобные ограничения могут распространяться и на оценку диаметра дистального сегмента сосуда (дистальной зоны приземления стента), что имеет значение при выборе размера стента.

В последние годы всё больше внимания уделяется выбору метода интраоперационного визуального контроля. Ангиография, будучи стандартом, имеет ограничения в оценке морфологии бляшки и истинного диаметра сосуда [26]. Особый интерес вызывает ВСУЗИ, позволяющий в реальном времени детально оценить морфологические особенности поражения, истинный диаметр сосуда, степень стеноза и качество стентирования [27].

Поскольку доказанные преимущества ВСУЗИ и данные о том, что МСКТ и цифровая субтракционная ангиография могут недооценивать истинный диаметр сосуда, применение ВСУЗИ приобретает особую актуальность для более точного выбора оптимального размера стента.

ВСУЗИ обеспечивает высокоточную визуализацию структуры стенок артерий, характеристики бляшки и истинного просвета, на основе чего формируется индивидуальный подход к выбору стента: с "открытой" ячейкой, с "закрытой" ячейкой, с "двойной" ячейкой [6]. Стент с "открытой" ячейкой обладает большей гибкостью, что обеспечивает легкое прохождение через извитой сосуд. Однако имплантация такого стента сопряжена с высокими рисками протрузии элементов бляшки в случае наличия мягких, "неорганизованных" атероматозных масс с тромботическими осложнениями. Стент с "закрытой" ячейкой обладает низкой гибкостью, однако за счет дизайна и конструкции каркаса обеспечивается более надежное покрытие бляшки, что подойдет для имплантации в пораженный участок с наличием мягких "неорганизованных" атероматозных масс [28]. "Двуслойные" стенты с закрытой ячейкой имеют плетеную структуру с малой плотностью плетения. Внешний слой стента обеспечивает его гибкость и облегчает прохождение извитых сегментов, тогда как внутренний слой представлен более тонкой и мягкой сетчатой структурой, препятствующей проникновению фрагментов бляшки и тромботического материала в просвет артерии [28]. Учитывая характеристики различных видов стентов, представленных на сегодняшний день на рынке, стоит отметить важность оценки атеросклеротической бляшки для подбора оптимального типа стента. Несмотря на ограниченное количество исследований, применение ВСУЗИ обладает значительным потенциалом в индивидуализации подбора стента и объективной оценке его раскрытия в режиме реального времени.

Систематический обзор Mishra B, et al. (2021), продемонстрировал, что ВСУЗИ позволяет визуализировать состав атеросклеротической бляшки, включая мягкие, липидные и смешанные компоненты, неопределяемые при ангиографии. Авторы систематического обзора указывают, что в 17% случаев применение ВСУЗИ повлияло на изменение тактики вмешательства, включая выбор типа или размера стента непосредственно во время процедуры [29].

Влияние резидуального стеноза на риск развития рестеноза в отдаленном периоде был продемонстрирован в исследовании Lai R, et al. (2024). У 17% пациентов, включенных в наблюдение, был зафиксирован гемодинамически значимый рестеноз ВСА >50% в течение 12 мес. после стентирования. К значимым факторам риска рестеноза отнесены: факт курения в настоящем или в прошлом, выраженный

Таблица 1

Основные рандомизированные исследования и метаанализы, сравнивающие КАС и КЭА

Исследование/ анализ (год), [ссылка]	Дизайн исследования	Пациенты (n) и характеристики	Сравниваемые методы	Первичные конечные точки/ Основные результаты	Выводы
ICSS (2010) [12]	Многоцентровое РКИ	n=1713 Только симптомные	КАС vs КЭА	За 120 дней: Риск инсульта, смерти, ИМ: 8,9% (КАС) vs 5,8% (КЭА). Больше новых ишемических очагов на МРТ после КАС.	У симптомных пациентов КЭА была безопаснее КАС в перипроцедуральном периоде (на момент проведения исследования).
CREST (2016) [13]	Многоцентровое РКИ	n=2502 Симптомные и асимптомные	КАС с ЭЗ vs КЭА	За 10 лет: Совокупный риск инсульта, ИМ, смерти: 11,3% (КАС) vs 12,6% (КЭА), p=0,45. Перипроцедурально: больше инсультов при КАС, больше ИМ при КЭА.	Долгосрочная эффективность и безопасность КАС и КЭА сопоставимы. Профиль перипроцедуральных осложнений различается.
ACT I (2016) [14]	Многоцентровое РКИ	n=1453 Только асимптомные, стеноз $\geq 80\%$	КАС (стент Хакт + ЭЗ) vs КЭА	За 5 лет: Первичная точка (инсульт, ИМ, смерть за 30 дней/ ипсилатеральный инсульт за 1 год): 3,8% (КАС) vs 3,4% (КЭА), p=0,01 (для не меньшей эффективности).	У тщательно отобранных асимптомных пациентов КАС не уступает КЭА.
Метаанализ Saratzis A, et al. (2022) [15]	Метаанализ 6 РКИ	n=7030 Только асимптомные	КАС vs КЭА	За 30 дней: не было различий по совокупной точке. Профиль осложнений: больше инсультов/ смерти при КАС (OR 1,5), больше ИМ при КЭА (OR 1,8).	В краткосрочной перспективе профиль рисков разный при сопоставимой общей безопасности.
SPACE-2 (2022) [17]	Многоцентровое РКИ	n=513 Асимптомные и симптомные	(1) КЭА+ОМТ (2) КАС+ОМТ (3) Только ОМТ	За 5 лет: Частота инсульта/ смерти: ниже в группах КЭА+ОМТ и КАС+ОМТ по сравнению с только ОМТ. Разницы между КЭА и КАС не выявлено.	Реваскуляризация (КАС или КЭА) в сочетании с ОМТ превосходит только ОМТ.

Примечание: ИМ — инфаркт миокарда, КАС — каротидная ангиопластика со стентированием, КЭА — каротидная эндартерэктомия, МРТ — магнитно-резонансная томография, ОМТ — оптимальная медикаментозная терапия, РКИ — рандомизированное клиническое исследование, ЭЗ — эмболическая защита, OR — odds ratio (отношение шансов). ACT I — Asymptomatic Carotid Trial, CREST — Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stenting Trial, ICSS — International Carotid Stenting Study, SPACE-2 — Satisfaction and well-being, Performance, Activity, Communication and Collaboration, Efficiency and Flow.

контралатеральный стеноз, а также резидуальный стеноз $\geq 30\%$. При этом частота степени сужения в стенке после процедуры у пациентов с остаточным стенозом $<30\%$ составила 9% [30].

Параллельно растёт интерес к изучению влияния стентирования ВСА на когнитивные функции. В ряде проспективных исследований указывается на улучшение когнитивного статуса пациентов в течение 12 мес. после реваскуляризации [31, 32]. Однако данные носят противоречивый характер. Положительная динамика наблюдается не у всех пациентов и может зависеть от исходного когнитивного уровня, возраста, степени выраженности мультифокального атеросклероза и других индивидуальных факторов.

На данный момент отсутствуют прямые клинические исследования, посвящённые анализу взаимосвязи между площадью раскрытия стента, степенью резидуального стеноза и когнитивной динамикой. Однако ряд патофизиологических механизмов позволяет предположить опосредованное влияние

этих параметров на когнитивные исходы. При рестенозе изменяются скорость и характер кровотока — появляются зоны турбулентности, снижается эндотелиальная скорость сдвига, что способствует тромбообразованию [33]. Кроме того, при неполном раскрытии стента между его структурой и стенкой сосуда могут формироваться ниши, создающие условия для локальной агрегации тромбоцитов и последующей микроэмболизации [34].

Нестабильные микроэмболы способны вызывать субклинические ишемические поражения ("немые" инфаркты), что ведёт к ухудшению перфузии в соответствующих церебральных зонах и может способствовать постепенному снижению когнитивных функций [5]. Эти изменения вызывают нарушения памяти и скорости обработки информации и могут проявляться в течение 1–6 мес. после вмешательства, даже при отсутствии клинически выраженного инсульта.

Многочисленные исследования последних лет указывают на возможную положительную роль ре-

васкуляризации головного мозга в стабилизации и улучшении когнитивных функций, особенно у пациентов с бессимптомным стенозом ВСА. Преимущественного превосходства в методе лечения стеноза ВСА нет. При выборе метода реваскуляризации головного мозга следует учитывать хирургический риск, анатомию пораженного участка и когнитивный статус пациента [35].

Таким образом, современное представление о стентировании ВСА выходит за рамки технической успешности вмешательства. Всё более значимой становится персонализация подхода: выбор метода эмболопротекции, применение ВСУЗИ и оценка когнитивных исходов в отдалённом периоде.

Результаты вышеописанных исследований тезисно приведены в таблице 1.

Заключение

КАС является эффективной альтернативой КЭА у пациентов с высоким хирургическим риском. Со-

временные исследования, включая долгосрочные результаты исследования CREST, подтверждают сопоставимую эффективность и безопасность обеих методик при различиях в профиле осложнений: КАС чаще сопровождается перипроцедуральными инсультами, КЭА — инфарктами миокарда.

Ключевыми направлениями улучшения результатов КАС остаются оптимизация эмболопротективных систем, использование ВСУЗИ и персонализированный выбор стента. Применение Plaque-RADS способствует более точной стратификации риска и индивидуализации тактики вмешательства.

Комплексная оценка когнитивных исходов и внедрение мультидисциплинарного подхода позволяют повысить безопасность и отдалённую эффективность реваскуляризации СА.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

1. Naylor AR, Ricco JB, de Borst GJ, et al. Choice — Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease: 2017 Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2018;55(1):3-81. doi:10.1016/j.ejvs.2017.06.021.
2. Lioutas VA, Ivan CS, Himali JJ, et al. Incidence of Transient Ischemic Attack and Association With Long-term Risk of Stroke. *JAMA.* 2021;325(4):373-81. doi:10.1001/jama.2020.25071.
3. Martin SS, Aday AW, Almarazoo ZI, et al. 2024 Heart Disease and Stroke Statistics: A Report of US and Global Data From the American Heart Association. *Circulation.* 2024;149(8):e347-913. doi:10.1161/cir.0000000000001209.
4. Saba L, Cau R, Murgia A, et al. Carotid Plaque-RADS: A Novel Stroke Risk Classification System. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2024;17(1):62-75. doi:10.1016/j.jcmg.2023.09.005.
5. Piegza M, Jaworska I, Piegza J. Cognitive Functions after Carotid Artery Stenting-1-Year Follow-Up Study. *J Clin Med.* 2022;11(11):3019. doi:10.3390/jcm11113019.
6. Matchin YG, Mitroshkin MG, Ezhov MV. Intravascular Ultrasound Examination of Coronary Arteries. *Doctor.Ru.* 2011;(7):12-20. (In Russ.) Матчин Ю. Г., Митрошкин М. Г., Ежов М. В. Внутрисосудистое ультразвуковое исследование коронарных артерий. *Доктор.Ру.* 2011;(7):12-20.
7. Kazantsev AN, Khasanova DD, Alpatskaya AD, et al. Carotid-SCORE.RU — risk stratification for complications after carotid endarterectomy. *Russian Journal of Cardiology.* 2022;27(5):5031. (In Russ.) Казанцев А. Н., Хасанова Д. Д., Алпацкая А. Д. и др. CarotidSCORE.RU — стратификация риска осложнений после каротидной эндартерэктомии. *Российский кардиологический журнал.* 2022;27(5):5031. doi:10.15829/1560-4071-2022-5031.
8. Sukhareva AV, Raikonen VA, Lenskaia SV, et al. Carotid endarterectomy in Russia. What if current guidelines do not answer difficult questions? *Russian Journal of Cardiology.* 2023;28(1):5293. (In Russ.) Сухарева А. В., Райконен В. А., Ленская С. В. и др. Каротидная эндартерэктомия в России. Как действовать, если действующие рекомендации не дают ответов на сложные вопросы? *Российский кардиологический журнал.* 2023;28(1):5293. doi:10.15829/1560-4071-2023-5293.
9. Chernyavsky MA, Komakha BB, Zherdev NN, et al. Annual results of carotid angioplasty with stenting and carotid endarterectomy. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery.* 2021;14(6):518-24. (In Russ.) Чернявский М. А., Комаха Б. Б., Жердев Н. Н. и др. Годовые результаты каротидной ангиопластики со стентированием и каротидной эндартерэктомии. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2021;14(6): 518-24. doi:10.17116/kardio202114061518.
10. Sautina MS, Sokolova AS, Butorina AS, et al. "Festina lente" — a multicenter study on the outcomes of carotid endarterectomy, depending on vessel suturing speed. *Russian Journal of Cardiology.* 2023;28(2):5309. (In Russ.) Саутина М. С., Соколова А. С., Буторина А. С. и др. "Festina lente" — многоцентровое исследование по изучению результатов каротидной эндартерэктомии в зависимости от скорости выполнения сосудистого шва. *Российский кардиологический журнал.* 2023;28(2):5309. doi:10.15829/1560-4071-2023-5309. EDN: CFAUBH.
11. AbuRahma AF, Avgerinos ED, Chang RW, et al. Society for Vascular Surgery clinical practice guidelines for management of extracranial cerebrovascular disease. *J Vasc Surg.* 2022;75(1S):4S-22S. doi:10.1016/j.jvs.2021.04.073.
12. Bonati LH, Dobson J, Featherstone RL, et al; International Carotid Stenting Study investigators. Long-term outcomes after stenting versus endarterectomy for treatment of symptomatic carotid stenosis: the International Carotid Stenting Study (ICSS) randomised trial. *Lancet.* 2015;385(9967):529-38. doi:10.1016/S0140-6736(14)61184-3.
13. Brott TG, Howard G, Roubin GS, et al. Long-Term Results of Stenting versus Endarterectomy for Carotid-Artery Stenosis. *N Engl J Med.* 2016;374(11):1021-31. doi:10.1056/nejmoa1505215.
14. Rosenfield K, Matsumura JS, Chaturvedi S, et al. Randomized Trial of Stent versus Surgery for Asymptomatic Carotid Stenosis. *N Engl J Med.* 2016;374(11):1011-20. doi:10.1056/nejmoa151570.
15. Saratzis A, Naylor R. 30 Day Outcomes After Carotid Interventions: An Updated Meta-analysis of Randomised Controlled Trials in Asymptomatic Patients. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2022;63(1):157-8. doi:10.1016/j.ejvs.2021.10.029.

16. Mayoral Campos V, Guirola Ortiz JA, Tejero Juste C, et al. Carotid artery stenting in a single center, single operator, single type of device and 15 years of follow-up. *CVIR Endovasc.* 2018;1(1):3. doi:10.1186/s42155-018-0008-2.
17. Reiff T, Eckstein HH, Mansmann U, et al.; SPACE-2 Investigators. Carotid endarterectomy or stenting or best medical treatment alone for moderate-to-severe asymptomatic carotid artery stenosis: 5-year results of a multicentre, randomised controlled trial. *Lancet Neurol.* 2022;21:877-88. doi:10.1016/S1474-4422(22)00290-3.
18. Wu S, Wang H, Guo J, et al. Comparative on the effectiveness and safety of different carotid endarterectomy techniques: a single-center Retrospective Study. *J Cardiothorac Surg.* 2024;19:338. doi:10.1186/s13019-024-02838-0.
19. Evered L, Silbert B, Knopman DS, et al. The Nomenclature Consensus Working Group. Recommendations for the Nomenclature of Cognitive Change Associated with Anaesthesia and Surgery—2018. *Anesthesiology.* 2018;129(5):872-9. doi:10.1097/ALN.000000000000233.
20. Wardlaw JM, Chappell FM, Best JJ, et al. Non-invasive imaging compared with intra-arterial angiography in the diagnosis of symptomatic carotid stenosis: a meta-analysis. *Lancet.* 2006;367(9521):1503-12. doi:10.1016/S0140-6736(06)68650-9.
21. Roubin GS, Iyer S, Halkin A, et al. Realizing the Potential of Carotid Artery Stenting: Proposed Paradigms for Patient Selection and Procedural Technique. *Circulation.* 2006;113(16):2021-30. doi:10.1161/circulationaha.105.59551.
22. Ross N, Barbara R, Stefano A, et al. Editor's Choice — European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2023 Clinical Practice Guidelines on the Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2023;65(1). doi:10.1016/j.ejvs.2022.04.011.
23. Ansel GM, Hopkins LN, Jaff MR, et al. Safety and effectiveness of the INVATEC MO.MA® proximal cerebral protection device during carotid artery stenting: results from the ARMOUR pivotal trial. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;76(1):1-8. doi:10.1002/ccd.22439.
24. Montorsi P, Caputi L, Galli S, et al. Carotid Wallstent Versus Road-saver Stent and Distal Versus Proximal Protection on Cerebral Microembolization During Carotid Artery Stenting. *JACC Cardiovasc Interv.* 2020;13(4):403-14. doi:10.1016/j.jcin.2019.09.007.
25. Tekieli L, Kablak-Ziemicka A, Dabrowski W, et al. Imaging modality-dependent carotid stenosis severity variations against intravascular ultrasound as a reference: Carotid Artery intravascular Ultrasound Study (CARUS). *Int J Cardiovasc Imaging.* 2023; 39(10):1909-20. doi:10.1007/s10554-023-02875-1.
26. Jean-Philippe C, Holger T, Emanuele B, et al. ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2021;42(14). doi:10.1093/eurheartj/ehaa575.
27. Osipova OS, Popova IV, Starodubtsev VB, et al. Outcomes of using various designs of carotid stents. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine.* 2021;36(1):30-7. (In Russ.) Осипова О.С., Попова И.В., Стародубцев В.Б. и др. Исходы применения различных конструкций каротидных стентов. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* 2021;36(1):30-7. doi:10.29001/2073-8552-2021-36-1-30-37.
28. Wodarg F, Turner EL, Dobson J, et al; Carotid Stenosis Trialists' Collaboration. Influence of stent design and use of protection devices on outcome of carotid artery stenting: a pooled analysis of individual patient data. *J Neurointerv Surg.* 2018;10(12):1149-54. doi:10.1136/neurintsurg-2017-013622.
29. Mishra B, Pandit AK, Miyachi S, et al. Clinical Utility of Intravascular Ultrasound (IVUS) in Carotid Artery Interventions: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endovasc Ther.* 2022;29(5):678-91. doi:10.1177/15266028211064824.
30. Lai R, Snyder KV, Baig A, et al. Residual In-stent Carotid Stenosis and Cigarette Smoking are Predictors of Restenosis After Stenting (CAS). *Neurosurgery.* 2024;70(Suppl_1):157-8. doi:10.1227/neu.0000000000002798.
31. Ning Y, Dardik A, Song L, et al. Carotid Revascularization Improves Cognitive Function in Patients with Asymptomatic Carotid Artery Stenosis. *Ann Vasc Surg.* 2022;85:49-56. doi:10.1016/j.avsg.2022.04.044.
32. Osipova OS, Gostev AA, Bugurov SV, et al. Asymptomatic cerebral ischemia after carotid artery stenting as a predictor of cognitive impairment. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2025;29(1):7-17. (In Russ.) Осипова О.С., Гостев А.А., Бугуров С.В. и др. Бессимптомная церебральная ишемия после стентирования сонных артерий как предиктор когнитивных нарушений. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2025;29(1):7-17. doi:10.21688/1681-3472-2025-1-7-17.
33. Genkel VV, Shaposhnik II. Carotid Wall Shear Rate as a Marker of Systemic Atherosclerosis and Atherosclerotic Cardiovascular Disease. *Kardiologiya.* 2019;59(5):45-52. (In Russ.) Генкель В.В., Шапошник И.И. Показатели эндотелиальной скорости сдвига в сонной артерии как маркер системного атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний, обусловленных атеросклерозом. *Кардиология.* 2019;59(5):45-52. doi:10.18087/cardio.2019.5.2581.
34. Taimanuly O, Sagatov IE, Uteuliev ES, et al. Stent Thrombosis in Patients with Ischemic Heart Disease: Classification, Causes, and Treatment Methods. Systematic Review. *Bulletin of KazNMU.* 2017;(4):52-6. (In Russ.) Тайманулы О., Сагатов И.Е., Утеулиев Е.С. и др. Тромбоз стентов у пациентов с ишемической болезнью сердца: классификация, причины и методы лечения. Систематический обзор. *Вестник КазНМУ.* 2017;(4):52-6.
35. Endara-Mina J, Escudero CJ, Carreño K, et al. Carotid Stenosis and Cognitive Function: An Update on Therapeutic Interventions. *Cureus.* 2025;17(4):e81908. doi:10.7759/cureus.81908.