

Двуствольный экстра-интракраниальный микроанастомоз при хронической окклюзии внутренней сонной артерии – ренессанс церебральной реваскуляризации? Обзор литературы

Контакты:

Василий Витальевич
Бобин
neyro.bobinov@yandex.ru

В.В. Бобин

Нейрохирургическое отделение №3 Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А.Л. Поленова – филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; Россия, 191014 Санкт-Петербург, ул. Маяковского, 12

Хроническая окклюзия внутренней сонной артерии может быть причиной гемодинамического ишемического инсульта, а также проявлять себя прогрессирующим снижением когнитивной функции. Крупные мультицентровые исследования не смогли продемонстрировать преимущества хирургической реваскуляризации головного мозга как в профилактике ишемического инсульта с ипсилатеральной стороны, так и в лечении когнитивного дефицита. Сообщения последних лет демонстрируют повышенный интерес к изучению эффективности и безопасности двуствольного экстра-интракраниального анастомоза в лечении пациентов с хронической окклюзией внутренней сонной артерии, однако такие публикации содержат в основном единичные случаи лечения и не носят систематический характер. Целью данной работы являются анализ и систематизация доступных данных литературы по безопасности, эффективности и технике выполнения реваскуляризации головного мозга путем формирования двуствольного экстра-интракраниального микроанастомоза при хронической окклюзии внутренней сонной артерии.

Ключевые слова: экстра-интракраниальный микроанастомоз, микроанастомоз, церебральная реваскуляризация, внутренняя сонная артерия, церебральный атеросклероз

Для цитирования: Бобин В.В. Двуствольный экстра-интракраниальный микроанастомоз при хронической окклюзии внутренней сонной артерии – ренессанс церебральной реваскуляризации? Обзор литературы. Нейрохирургия 2026;28(2):98–103.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-98-103>

Double-barrel superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass for internal carotid artery chronic occlusion treatment a renaissance of cerebral revascularization? Literature review

V.V. Bobinov

Neurosurgical Department No. 3, Polenov Russian Scientific Research Institute of Neurosurgery – branch of Almazov National Medical Research Centre; 12 Mayakovskogo St., Saint Petersburg 191014, Russia

Contacts: Vasiliy Vitalyevich Bobinov neyro.bobinov@yandex.ru

Chronic occlusion of the internal carotid artery may be a cause of hemodynamic ischemic stroke and may also manifest itself by progressive decline in cognitive function. Large multicenter studies have failed to demonstrate the benefits of surgical cerebral revascularization both in the prevention of ischemic stroke on the ipsilateral side and in the treatment of cognitive deficits. Reports in recent years indicate high efficacy and safety of double-barrel EC-IC bypass in the treatment of patients with chronic internal carotid artery occlusion; however, such publications are few and contain mostly single cases of treatment. The aim of this work is to analyze the available literature data on safety, efficacy and technique of performing cerebral revascularization by formation of a double-barrel EC-IC bypass.

Keywords: double-barrel EC–IC bypass, cerebral revascularization, microanastomosis, internal carotid artery occlusion

For citation: Bobinov V.V. Double-barrel superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass for internal carotid artery chronic occlusion treatment a renaissance of cerebral revascularization? Literature review. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):98–103.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-98-103>

Атеросклеротическое поражение церебральных и прецеребральных артерий является одной из основных причин развития острого ишемического инсульта. M. L. Flaherty и соавт. на основании крупного популяционного исследования оценили риски развития ишемического инсульта при окклюзии внутренней сонной артерии (ВСА). По их данным, они составили 8 % в течение 30 дней, 10 % в течение 1 года и 14 % в течение 5 лет после окклюзии артерии [1]. Помимо рисков развития ишемического инсульта хроническая окклюзия ВСА может проявляться постепенно прогрессирующими когнитивными нарушениями, что значительно снижает качество жизни таких пациентов [2]. Несмотря на прогресс в медицине, до настоящего времени не сформирована единая концепция лечения пациентов этой группы; рассматривались методы как медикаментозной терапии, так и хирургического лечения, однако оба метода полноценно не доказали своей эффективности. Реваскуляризация головного мозга путем создания экстра-интракраниального анастомоза между одной из ветвей поверхностной височной артерии (ПВА) и корковой ветвью средней мозговой артерии (СМА) при хронической окклюзии ВСА является хирургической опцией, направленной на улучшение церебрального кровотока, но ее эффективность уже несколько десятилетий остается предметом научных дискуссий.

Впервые возможность реваскуляризации головного мозга путем создания анастомоза между наружной сонной артерией и ВСА описали в 1963 г. E. Woringer и J. Kunlin. Авторы использовали венозную вставку для создания анастомоза [3]. Позднее, в 1967 г., M. G. Yasargil сообщил об успешном формировании анастомоза между ПВА и СМА у пациента с полной проксимальной окклюзией ВСА [4]. С этого момента экстра-интракраниальный микроанастомоз (ЭИКМА) стал широко использоваться при лечении пациентов с гигантскими аневризмами, опухолями основания черепа, болезнью мойя-мойя и стеноокклюзирующими поражениями церебральных и прецеребральных артерий, требующих улучшения кровотока [5].

Традиционно для создания ЭИКМА используется одна из ветвей ПВА в качестве донора и корковая ветвь (M4-сегмент) СМА в качестве реципиента; анастомоз формируется по типу «конец-в-бок». У ПВА имеются 2 терминальные ветви, и обычно большую из них по диаметру (лобную или височную) используют в качестве артерии-донора [6].

Одноствольный ЭИКМА является наиболее часто используемым анастомозом для улучшения кровотока у пациентов с болезнью мойя-мойя и хроническими окклюзиями ВСА. Имеются данные об использовании данной методики и для лечения пациентов с интракраниальными стенозами церебральных артерий (чаще ВСА, СМА). Этот анастомоз также часто используется для замещения кровотока при клипировании аневризм сложного строения, вовлекающих одну из ветвей в структуру аневризматического мешка, и при ятрогенном повреждении артерии во время удаления опухоли основания черепа. Тем не менее такой анастомоз не всегда может обеспечить адекватное улучшение или восполнение кровотока в 2 разных ишемизированных территориях или при необходимости клипирования 2 эфферентных артерий при лечении аневризмы [7].

С момента внедрения ЭИКМА в клиническую практику появлялись сообщения, что реваскуляризация головного мозга при хронической окклюзии или стенозе ВСА у пациентов с транзиторными ишемическими атаками или малыми инсультами (так называемыми симптомными окклюзиями) может предотвратить прогрессирование заболевания и развитие большого ишемического инсульта [8]. В связи с этим были организованы и проведены крупные рандомизированные исследования, направленные на изучение эффективности и безопасности этого метода лечения. В исследовании EC–IC bypass Study (1985), которое сравнивало результаты хирургической реваскуляризации головного мозга при стенозах и окклюзиях сонных артерий с результатами медикаментозного лечения, были включены 1337 пациентов (714 – в группу медикаментозного и 663 – в группу хирургического лечения). Авторы сравнивали частоту развития ишемического инсульта в обеих группах и пришли к выводу, что хирургическое лечение не имеет преимуществ перед консервативной терапией [9]. В 2011 г. были опубликованы результаты рандомизированного исследования COSS (Carotid Occlusion Surgery Study), проводимого с 2002 г., авторы которого выступили с критикой исследования EC–IC bypass Study, указав, что существует группа пациентов с гемодинамической церебральной ишемией, обусловленной плохим коллатеральным кровотоком, у которой хирургическое лечение будет иметь преимущество. Однако результаты данного исследования также не смогли продемонстрировать явных преимуществ хирургического лечения

хронических окклюзий ВСА перед медикаментозной терапией [10]. Публикация результатов исследования COSS в 2011 г. привела к снижению количества проводимых операций по формированию ЭИКМА при симптомной окклюзии ВСА в Северной Америке с 40 % (2008–2010 гг.) до 20 % (2011–2014 гг.) [11].

В связи с большим количеством критических замечаний в адрес проведенных рандомизированных исследований группа ученых из Китая в 2013 г. организовала мультицентровое исследование CMOSS (the Carotid and Middle Cerebral Artery Occlusion Surgery Study), направленное на изучение эффективности ЭИКМА в сочетании с медикаментозной терапией в сравнении с только медикаментозным лечением. Набор пациентов в это исследование происходил с 2013 по 2018 г. Все пациенты проходили контрольное обследование через 2 года после включения в исследование. Результаты исследования были опубликованы в 2023 г. Авторы пришли к неутешительным выводам, что добавление хирургической ревазуляризации путем формирования ЭИКМА к медикаментозной терапии при симптомной окклюзии ВСА или СМА не снижает рисков развития ишемического инсульта с ипсилатеральной стороны [12]. Отдельного внимания заслуживают результаты японского исследования JET (Japanese EC–IC Bypass Trial), в котором авторы указывают на положительное влияние анастомоза в профилактике повторного ишемического инсульта при симптомном атеросклеротическом стеноокклюдированном поражении ВСА или СМА [13].

Придя к выводу, что ЭИКМА при хронической окклюзии ВСА не способствует профилактике развития ишемического инсульта, исследователи направили свои поиски на изучение лечебного эффекта ревазуляризации головного мозга при уже имеющемся неврологическом дефиците. Еще в 1976 г. S. Jacques и J. T. Garner сообщили о положительной динамике после формирования ЭИКМА при лечении пациентки с ишемическим инсультом, проявившимся речевыми нарушениями. По данным авторов, после проведенного оперативного лечения был достигнут полный регресс афазии [14]. В 1977 г. S. J. Peerless впервые задокументировал влияние церебральной ревазуляризации на когнитивную функцию. Автор сообщил о значимом регрессе «симптомов деменции» у половины пациентов, которым выполнено формирование ЭИКМА, однако при изучении когнитивной функции не использовались специализированные методы оценки [15]. По мнению японских ученых, пациенты с гемодинамической ишемией, обусловленной хронической окклюзией ВСА или СМА, имеют выраженные когнитивные нарушения, которые частично поддаются коррекции при проведении ревазуляризации головного мозга. M. Sasoh и соавт. сообщили о результатах изучения динамики когнитивного статуса у 25 паци-

ентов после проведенного формирования ЭИКМА. Снижение когнитивного статуса до операции было выявлено у 13 пациентов и ассоциировалось со снижением церебрального кровотока и увеличением времени транзита крови в ипсилатеральной окклюзии полушария по данным позитронно-эмиссионной томографии. После проведения церебральной ревазуляризации путем создания ЭИКМА улучшение когнитивной функции происходило при повышении церебрального кровотока и снижении времени транзита крови. На основании полученных данных авторы пришли к выводу, что при достижении адекватного восполнения церебрального кровотока когнитивная дисфункция доступна частичной коррекции [16].

Исследование J. Fiedler и соавт., включившее 20 пациентов с когнитивными нарушениями, развившимися до формирования ЭИКМА, показало, что в течение 12 мес после ревазуляризации головного мозга может быть достигнуто значимое улучшение когнитивной функции. Авторы указывают на необходимость рутинного нейропсихологического обследования всех пациентов с хроническими окклюзиями ВСА для уточнения показаний к оперативному лечению [17]. В 2016 г. В. А. Лукшин и соавт. сообщили, что на фоне проведенной операции путем создания ЭИКМА при хронической окклюзии ВСА объективное улучшение неврологического статуса в послеоперационном периоде наблюдалось в 53 % случаев [18].

Таким образом, складывается впечатление о том, что ревазуляризация головного мозга при хронической окклюзии ВСА путем создания одноствольного ЭИКМА в большинстве случаев не может адекватно обеспечить потребности церебральной перфузии. Это, вероятно, может быть объяснимо тем, что одноствольный анастомоз в ряде случаев может обеспечить кровотоком лишь одну сосудистую территорию – бассейн лобной или височной ветви СМА, в то время как при хронической окклюзии ВСА дефицит кровотока может формироваться по обеим ветвям. Следует учитывать, что крупные международные исследования, направленные на изучение возможности ЭИКМА в профилактике повторного ишемического инсульта (EC–IC bypass study, COSS, CMOSS), оценивали исключительно результаты выполнения ревазуляризации путем формирования одноствольного микроанастомоза. При этом локализация развившегося инсульта на стороне проведенного оперативного вмешательства указывалась без детального уточнения сосудистой территории (лобная или височная ветвь СМА), что, вероятно, является не совсем корректным для оценки эффективности данной методики.

В 1974 г. О. Н. Reichman впервые описали методику формирования двуствольного ЭИКМА [19]. Это случилось более 50 лет назад, однако крупных исследований, направленных на изучение эффективности

и безопасности такой ревааскуляризации головного мозга, до сих пор не проводилось. Так, L. V. Oliveira и соавт. в 2024 г. опубликовали систематический обзор, посвященный техническим аспектам и отдаленным результатам выполнения двуствольного ЭИКМА. Авторам удалось собрать базу данных всего из 408 пациентов с 534 микроанастомозами. Следует учитывать, что наиболее крупные опубликованные серии состояли из пациентов с болезнью мойя-мойя, в то время как случаи стенооокклюзирующих поражений ВСА и СМА в основном имели единичный характер [20].

Следует уточнить, что, по мнению большинства авторов, стандартный одноствольный ЭИКМА классифицируют как низкопоточный в связи с тем, что по такому анастомозу осуществляется транзит относительно небольшого объема кровотока (20–70 мл/мин) [6]. Различают также анастомозы среднепоточные (60–100 мл/мин) (например, при формировании анастомоза между верхнечелюстной артерией и М2-сегментом СМА) и высокопоточные (100–200 мл/мин), донором при которых обычно выступает ВСА или наружная сонная артерия на уровне шейных сегментов [21]. В обоих этих случаях используется сосудистая вставка из вены или артерии (наиболее часто в качестве графта используется лучевая артерия или большая подкожная вена) [22].

J. Cherian и соавт. в 2018 г. представили интересные данные по сравнению объемного кровотока при двуствольном и высокопоточном анастомозах. Применив закон Пуазейля и сложив объем кровотока по 2 ветвям анастомоза, авторы пришли к выводу, что двуствольный ЭИКМА может быть использован в качестве практически равнозначной замены в ситуациях, когда требуется высокопоточный экстра-интракраниальный анастомоз. Объемный кровоток, измеренный интраоперационно при двуствольном ЭИКМА, показал значения, существенно превышающие данные при одноствольном анастомозе и крайне близкие к высокопоточному. Среднее значение объемного кровотока по двуствольному анастомозу в данном исследовании составило 69,2 мл/мин, максимальное – 120 мл/мин, в то время как при одноствольном среднее значение было 38,5 мл/мин, максимальное – 40 мл/мин [23].

J. K. Burkhardt и соавт. указывают на такие преимущества двуствольного ЭИКМА перед широкопроектным анастомозом, как возможность проведения операции из одного кожного разреза, минимальные трудовые затраты для выделения второй донорской артерии, избавление пациента от необходимости дополнительного разреза в области шеи, выделения лучевой артерии в качестве графта. Что еще более важно, двуствольный анастомоз позволяет одномоментно ревааскуляризовать различные сосудистые территории (например, бассейн лобной и височной ветвей СМА) [6].

Техника выполнения оперативного вмешательства для формирования двуствольного ЭИКМА не сильно отличается от одноствольного. Операцию выполняют под общей анестезией. Голову пациента поворачивают в противоположном от стороны патологии направлении и фиксируют. С использованием доплерографического картирования определяют расположение обеих ветвей ПВА. Осуществляют линейный или дугообразный разрез кожи в проекции теменной ветви до уровня бифуркации ПВА. В ряде случаев производят дополнительный сателлитный разрез в проекции лобной ветви для ее лучшей мобилизации. Теменную ветвь выделяют из мягких тканей от дистального в проксимальном направлении для минимизации рисков травматизации донора. Лобную ветвь выделяют в дистальном направлении. Ряд авторов не рекомендуют отсекать артерии до выполнения краниотомии, если это позволяют анатомические условия. Височную мышцу рассекают Т- или С-образным разрезом. Далее выполняют небольшую краниотомию в лобно-височной области над сильвиевой щелью, рассекают твердую мозговую оболочку и выделяют М4-сегменты СМА, подходящие для использования в качестве реципиентов. Обе артерии-доноры временно клипируют проксимально и отсекают в дистальной части, промывают физиологическим раствором с гепарином. Производят артериолиз и придают концам донорской артерии форму «рыбий рот» (fish mouth) – косой срез артерии под углом 60° и дополнительный продольный разрез стенки артерии от «пятки». Производят временное клипирование артерии-реципиента дистально и проксимально, далее осуществляют линейную артериотомию. Шов анастомоза по типу «конец-в-бок» начинают с фиксации узловыми швами так называемых «носок» и «пятки» артерии донора к краям линейного разреза артерии-реципиента. После этого осуществляют шов задней стенки анастомоза, затем – передней. Традиционно используют отдельные узловые швы, но ряд авторов рекомендуют применять непрерывный шов для экономии времени. Пуск кровотока осуществляют путем снятия клипс сначала с реципиентной артерии, затем с донорской. Такая тактика позволяет оценить функционирование анастомоза за счет ретроградного заполнения артерии-донора после снятия клипс с реципиента. Это особенно актуально при отсутствии возможности проведения интраоперационной видеоангиографии или контактной флоуметрии. Аналогичным образом формируют второй анастомоз [4, 6, 22, 24].

Основным регионом кровоснабжения лобной и теменной ветвей ПВА являются кожа и мягкие ткани лобной, теменной и височной областей головы. При формировании двуствольного ЭИКМА обе эти ветви ПВА исключаются из естественного кровотока, что теоретически может сопровождаться развитием

ишемии мягких тканей в регионе выполненного оперативного вмешательства, однако в настоящее время подобные сообщения отсутствуют в источниках литературы, что, вероятно, обусловлено небольшим количеством выполненных по данной методике оперативных вмешательств. О. Gratzl и соавт. сообщили, что частота некроза кожи в их серии из 65 пациентов составила 4,6 %, однако методика двухствольного анастомоза в этой серии использовалась лишь в 3 случаях [25].

Отдельного обсуждения требует возможность использования техники создания двойного ЭИКМА при реваскуляризации доминантного полушария головного мозга, а также в случаях необходимости билатеральной реваскуляризации. J.K. Burkhardt и соавт. представили серию из 22 пациентов, которым выполнялось сочетание одноствольного анастомоза с одной стороны и двухствольного с другой при необходимости реваскуляризации двух полушарий головного мозга. Авторы указывают на некоторый консерватизм при выполнении реваскуляризации доминантного полушария, предпочитая в этом случае методику создания одноствольного ЭИКМА. Свою тактику они обосновывают расположением речевых зон и опасениями развития гиперперфузии со стойкими афатическими нарушениями. Кроме того, авторы предложили свои рекомендации по выбору метода билатеральной реваскуляризации головного мозга (одноствольной или двухствольной) пациентам с патологией церебральных сосудов. Так, по их мнению, при болезни мойя-мойя предпочтительным считается одноствольный анастомоз, в то время как при хронической окклюзии или стенозе артерии целесообразнее сочетание двухствольного анастомоза с одноствольным на контралатеральной стороне [6]. Р. Кап и соавт. сообщили, что двухствольная реваскуляризация доминантного полушария при хронических окклюзиях или стенозах не только не несет в себе больших рисков развития гиперперфузии, но и является более предпочтительной и может существенно улучшить функциональный исход лечения [5]. Наш опыт также показал, что своевременная коррекция перфузионного дефицита методом форми-

рования двойного ЭИКМА может способствовать регрессу не только когнитивных, но и двигательных нарушений [26].

Следует учитывать, что формирование двойного анастомоза не всегда может быть доступно в связи с отсутствием или выраженной гипоплазией одной из ветвей ПВА. В таких случаях при необходимости реваскуляризации двух сосудистых регионов G.D. Arnone и соавт. была разработана методика одноствольного двойного анастомоза, при которой из одной донорской артерии осуществляется кровоснабжение 2 реципиентных. В этой ситуации накладывается классический одноствольный анастомоз по типу «конец-в-бок», а также дополнительный анастомоз по типу «бок-в-бок» [27].

Несмотря на то что методика создания двухствольного ЭИКМА не является новой, интерес к ней появился только после многочисленных исследований, направленных на изучение эффективности одноствольных анастомозов при лечении хронической окклюзии ВСА, показавших неудовлетворительные результаты. Эффективность двухствольного анастомоза в лечении таких пациентов еще не доказана ни одним крупным клиническим исследованием, однако опубликованные серии наблюдений демонстрируют потенциальную возможность получения таких данных. Среди преимуществ этой методики в первую очередь следует отметить возможность реваскуляризации 2 различных сосудистых регионов, а также меньшие периоперационные риски, чем при высокопоточном анастомозе, что позволяет задуматься о перспективах формирования новой парадигмы церебральной реваскуляризации при хронической окклюзии ВСА.

Анализ имеющихся данных литературы показал высокую перспективность методики реваскуляризации головного мозга путем создания двухствольного микроанастомоза, тем не менее требуются дополнительное уточнение параметров отбора пациентов на такое оперативное лечение, а также разработка рекомендательного протокола по периоперационному ведению этих пациентов.

Литература | References

1. Flaherty M.L., Flemming K.D., McClelland R. et al. Population-based study of symptomatic internal carotid artery occlusion: incidence and long-term follow-up. *Stroke* 2004;35(8):e349–52. DOI: 10.1161/01.STR.0000135024.54608.3f
2. Xu B., Li C., Guo Y. et al. Current understanding of chronic total occlusion of the internal carotid artery. *Biomed Rep* 2018;8(2):117–25. DOI: 10.3892/br.2017.1033
3. Wöringer E., Kunlin J. Anastomose entre la carotide primitive et la carotide intra-cranienne ou la sylvienne par greffon selon la technique de la suture suspendue [Anastomosis between the common carotid and the intracranial carotid or the sylvian artery by a graft, using the suspended suture technic]. *Neurochirurgie* 1963;9:181–8.
4. Yasargil M.G., Yonekawa Y. Results of microsurgical extraintracranial arterial bypass in the treatment of cerebral ischemia. *Neurosurgery* 1977;1:22–4. DOI: 10.1227/00006123-197707000-00005
5. Kan P., Srinivasan V.M., Srivatsan A. et al. Double-barrel STA-MCA bypass for cerebral revascularization: lessons learned from a 10-year experience. *J Neurosurg* 2021;135(5):1385–93. DOI: 10.3171/2020.9.JNS201976
6. Burkhardt J.K., Winkler E.A., Gandhi S., Lawton M.T. Single-barrel versus double-barrel superficial temporal artery to middle

- cerebral artery bypass: a comparative analysis. *World Neurosurg* 2019;125:e408–15. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.01.089
7. Chater N., Mani J., Tonnemacher K. Superficial temporal artery bypass in occlusive cerebral vascular disease. *Calif Med* 1973;119(2):9–13. PMID: 4726959.
 8. McDowell F., Flamm E.S. EC/IC bypass study. *Stroke* 1986;17(1):1–2. DOI: 10.1161/01.str.17.1.1
 9. EC/IC Bypass Study Group. Failure of extracranial-intracranial arterial bypass to reduce the risk of ischemic stroke. Results of an international randomized trial. *N Engl J Med* 1985;313(19):1191–200. DOI: 10.1056/NEJM198511073131904
 10. Powers W.J., Clarke W.R., Grubb R.L. Jr et al.; COSS Investigators. Extracranial-intracranial bypass surgery for stroke prevention in hemodynamic cerebral ischemia: the Carotid Occlusion Surgery Study randomized trial. *JAMA* 2011;306(18):1983–92. DOI: 10.1001/jama.2011.1610. Erratum in: *JAMA* 2011;306(24):2672. PMID: 22068990.
 11. Winkler E.A., Yue J.K., Deng H. et al. National trends in cerebral bypass surgery in the United States, 2002–2014. *Neurosurg Focus* 2019;46(2):E4. DOI: 10.3171/2018.11.FOCUS18530
 12. Ma Y., Wang T., Wang H. et al.; CMOSS Investigators. Extracranial-intracranial bypass and risk of stroke and death in patients with symptomatic artery occlusion: the CMOSS randomized clinical trial. *JAMA* 2023;330(8):704–14. DOI: 10.1001/jama.2023.13390
 13. Ogasawara K., Ogawa A. JET study (Japanese EC-IC Bypass Trial). *Nihon Rinsho* 2006;64(Suppl 7):524–7. (Japanese). PMID: 17461199.
 14. Jacques S., Garner J.T. Reversal of aphasia with superficial temporal artery to middle cerebral artery anastomosis. *Surg Neurol* 1976;5(3):143–5. PMID: 1257882.
 15. Peerless S.J., Chater N.L., Ferguson G.F. Multiple-vessel occlusions in cerebrovascular disease – a further followup of the effects of microvascular bypass on the quality of life and the incidence of stroke. In: *Microsurgery for Stroke*. Eds.: P. Schmiedek, O. Gratzl, R.F. Spetzler. Springer, New York, NY, 1977. DOI: 10.1007/978-1-4612-6349-4_35
 16. Sasoh M., Ogasawara K., Kuroda K. et al. Effects of EC-IC bypass surgery on cognitive impairment in patients with hemodynamic cerebral ischemia. *Surg Neurol* 2003;59(6):455–60; discussion 460–3. DOI: 10.1016/s0090-3019(03)00152-6
 17. Fiedler J., Příbáň V., Skoda O. et al. Cognitive outcome after EC-IC bypass surgery in hemodynamic cerebral ischemia. *Acta Neurochir (Wien)* 2011;153(6):1303–11; discussion 1311–2. DOI: 10.1007/s00701-011-0949-x
 18. Лукшин В.А., Усачев Д.Ю., Пронин И.Н. и др. Критерии эффективности хирургической ревазуляризации головного мозга у больных с хронической церебральной ишемией. *Вопросы нейрохирургии* 2016;80(2):53–62. Lukshin V.A., Usachev D.Yu., Pronin I.N. et al. Criteria for the effectiveness of surgical revascularization of the brain in patients with chronic cerebral ischemia. *Voprosy neyrokhirurgii = Issues of Neurosurgery* 2016;80(2):53–62. (In Russ.).
 19. Reichman O.H., Davis D.O., Roberts T.S., Satovick R.M. Anastomosis between STA and cortical branch of MCA for the treatment of occlusive cerebrovascular disease. *Reconstr Surg Brain Arter Publ House Hung Acad Sci* 1974:201–18.
 20. Oliveira L.B., Cieslak P.H., Ferreira M.Y. et al. STA-MCA double-barrel bypass: a systematic review of technique and single-arm meta-analysis of outcomes. *Neurosurg Rev* 2024;47(1):341. DOI: 10.1007/s10143-024-02520-y
 21. Лукьянчиков В.А., Орлов Е.А., Оганесян М.В. и др. Анатомические основы хирургической ревазуляризации головного мозга: обоснование выбора шунтирующей операции. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко* 2021;85(6):120–6. Lukyanchikov V.A., Orlov E.A., Oganessian M.V. et al. Anatomical basis of surgical revascularization of the brain: rationale for the choice of bypass surgery. *Zhurnal Voprosy neyrikhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2021;85(6):120–6. (In Russ.).
 22. Rodríguez-Hernández A., Josephson S.A., Lawton M.T. Bypass surgery for the prevention of ischemic stroke: current indications and techniques. *Neurocirugía* 2012;23(1):5–14. DOI: 10.1016/j.neucir.2011.11.001
 23. Cherian J., Srinivasan V., Kan P., Duckworth E.A.M. Double-barrel superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass: can it be considered “high-flow?”. *Oper Neurosurg* 2018;14(3):288–94. DOI: 10.1093/ons/oxp119
 24. Srinivasan V.M., Griessenauer C.J., Rodríguez-Hernández A. et al. A survey of microsurgical technique for extracranial-to-intracranial bypass. *World Neurosurg* 2020;141:e743–51. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.06.025
 25. Gratzl O., Schmiedek P., Spetzler R. et al. Clinical experience with extra-intracranial arterial anastomosis in 65 cases. *J Neurosurg* 1976;44(3):313–24. DOI: 10.3171/jns.1976.44.3.0313
 26. Бобинов В.В., Туканов Н.Ю., Горошенко С.А. и др. Формирование «двуствольного» экстра-интракраниального микроанастомоза для церебральной ревазуляризации после ишемического инсульта. *Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова* 2023;15(2):116–21. DOI: 10.56618/2071-2693_2023_15_2_116
Bobinov V.V., Tukanov N.Yu., Goroshchenko S.A. et al. Formation of a “double-barreled” extra-intracranial microanastomosis for cerebral revascularization after ischemic stroke. *Rossiyskiy neyrokhirurgicheskiy zhurnal im. prof. A.L. Polenova = The Russian Neurosurgical Journal n.a. prof. A.L. Polenov* 2023;15(2):116–21. (In Russ.). DOI: 10.56618/2071-2693_2023_15_2_116
 27. Arnone G.D., Hage Z.A., Charbel F.T. Single vessel double anastomosis for flow augmentation – a novel technique for direct extracranial to intracranial bypass surgery. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2019;17(4):365–75. DOI: 10.1093/ons/opy396

ORCID автора | ORCID of author

В.В. Бобинов / V.V. Bobinov: <https://orcid.org/0000-0003-0956-6994>

Конфликт интересов | Conflict of interest

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflict of interest.

Финансирование | Funding

Работа выполнена без спонсорской поддержки.
The work was performed without external funding.

Статья поступила | Article submitted: 23.04.2025.

Рецензия | Peer reviewed: 12.05.2026.

Принята к публикации | Accepted for publication: 02.04.2026.

Опубликована онлайн | Published online: 11.06.2026.