

УДК 616.13-007.64-001-089

<https://doi.org/10.24884/1682-6655-2026-25-3-52-61>

М. П. ЧЕРНЯВИН^{1,2}, К. Ю. ПЕТРОВ³, М. А. ЗАСЛАВСКАЯ³,
Е. И. МЯСОЕДОВА⁶, И. Н. СТАРОВЕРОВ², Ю. В. БЕЛОВ^{4, 5}

Морфофункциональная стратификация травматических псевдоаневризм периферических артерий, в том числе сочетанных с артериовенозными фистулами: диагностический алгоритм

¹ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Госпиталь для ветеранов войн № 2 Департамента здравоохранения города Москвы»

109472, Россия, Москва, Волгоградский пр., д. 168, стр. 1

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
150000, Россия, г. Ярославль, ул. Революционная, д. 5

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный военный клинический орден Александр Невского, Ленина и Трудового Красного Знамени госпиталь имени академика Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации

105229, Россия, Москва, Госпитальная пл., д. 3

⁴ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского»

119435, Россия, Москва, Абрикосовский пер., д. 2

⁵ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

⁶ Федеральное государственное бюджетное учреждение дополнительного профессионального образования

«Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации
121359, Россия, Москва, ул. Маршала Тимошенко, д. 19, стр. 1А

E-mail: dr.chernyavin@gmail.com

Статья поступила в редакцию 21.06.26; принята к печати 07.08.26

Резюме

Введение. Травматические псевдоаневризмы периферических артерий могут проявляться отсроченно, а артериовенозные фистулы – оставаться нераспознанными. Морфофункциональная оценка необходима для выбора тактики. **Цель** – оценить диагностические возможности и взаимодополняющую роль методов визуализации при изолированных травматических псевдоаневризмах периферических артерий и их сочетании с артериовенозными фистулами и на этой основе разработать алгоритм морфофункциональной стратификации сосудистого поражения для обоснованного выбора открытой, эндоваскулярной или гибридной хирургической тактики. **Материалы и методы.** В исследование включено 195 мужчин. Выполнены ретроспективный анализ и проспективное наблюдение. Применяли специализированное ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) по стандартизированному ангиологическому протоколу, КТ-ангиографию и, по показаниям, селективную ангиографию. **Результаты.** Изолированная псевдоаневризма диагностирована у 110 (56,4 %) пациентов, сочетание с артериовенозной фистулой – у 85 (43,6 %). Первичное УЗДС выявило псевдоаневризму у 136 из 195 (69,7 %) пациентов, повторное специализированное УЗДС – у 185 (94,9 %), повысив выявляемость на 25,2 процентного пункта ($p < 0,001$). КТ-ангиография также верифицировала псевдоаневризму у 185 (94,9 %) пациентов и чаще выявляла изменения дистального артериального русла, чем УЗДС: 44 (22,6 %) против 38 (19,5 %) случаев ($p = 0,031$). Среди 85 пациентов с сочетанным поражением артериовенозный сброс при специализированном УЗДС установлен в 48 (56,5 %) случаях. Селективная ангиография уточнила анатомию поражения у 6 из 128 (4,7 %) пациентов; в 112 (87,5 %) случаях исследование было продолжено эндоваскулярным или гибридным вмешательством. **Заключение.** Специализированное УЗДС, КТ-ангиография и селективная ангиография обладают взаимодополняющими диагностическими возможностями при изолированных травматических псевдоаневризмах периферических артерий и их сочетании с артериовенозными фистулами. Их последовательное применение обеспечивает комплексную анатомо-гемодинамическую характеристику сосудистого поражения и служит основой алгоритма выбора открытой, эндоваскулярной или гибридной хирургической тактики.

Ключевые слова: травматическая псевдоаневризма, периферические артерии, артериовенозная фистула, ультразвуковое дуплексное сканирование, компьютерная томографическая ангиография, селективная ангиография, сосудистая травма, диагностический алгоритм

Для цитирования: Чернявин М. П., Петров К. Ю., Заславская М. А., Мясоедова Е. И., Староверов И. Н., Белов Ю. В. Морфофункциональная стратификация травматических псевдоаневризм периферических артерий, в том числе сочетанных с артериовенозными фистулами: диагностический алгоритм // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2026. Т. 25, № 3. С. 52–61. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2026-25-3-52-61>.

MAXIM P. CHERNYAVIN^{1, 2}, KONSTANTIN Yu. PETROV³,
MARINA A. ZASLAVSKAYA³, EKATERINA I. MYASOEDOVA⁶,
IL'YA N. STAROVEROV², YURIY V. BELOV^{4, 5}

Morphofunctional Stratification of Traumatic Pseudoaneurysms of Peripheral Arteries, Including Those Associated with Arteriovenous Fistulas: a Diagnostic Algorithm

¹Hospital for War Veterans № 2, Moscow Healthcare Department

168, Building 1, Volgogradsky pr., Moscow, Russia, 109472

²Yaroslavl State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation

5, Revolutsionnaya str., Yaroslavl, Russia, 150000

³N. N. Burdenko Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defence of the Russian Federation

3, Gospitalnaya sq., Moscow, Russia, 105229

⁴Petrovsky National Research Center of Surgery

2, Abrikosovsky str., Moscow, Russia, 119991

⁵I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

8, Trubeckaya str., Moscow, Russia, 119991

⁶Central State Medical Academy, Administration of the President of the Russian Federation

19, building 1A, Marshal Timoshenko Street, Moscow, Russia, 121359

Received 21.06.26; accepted 07.08.26

Summary

Introduction. Traumatic peripheral artery pseudoaneurysms may manifest with a delay, while associated arteriovenous fistulas may remain unrecognized. Morphofunctional assessment is necessary for choosing the appropriate treatment strategy. **Objective.** To evaluate the diagnostic capabilities and complementary role of imaging modalities in isolated traumatic pseudoaneurysms of the peripheral arteries and in their combination with arteriovenous fistulas and, on this basis, to develop an algorithm for the morphofunctional stratification of vascular lesions to justify the choice of open, endovascular, or hybrid surgical strategy. **Materials and Methods.** The study included 195 men. Retrospective analysis and prospective follow-up were performed. Specialized duplex ultrasound (DUS) was performed according to a standardized angiological protocol, as well as CT angiography, and, when indicated, selective angiography. **Results.** Isolated pseudoaneurysm was diagnosed in 110 (56.4 %) patients; and its combination with arteriovenous fistula – in 85 (43.6 %). Initial DUS detected pseudoaneurysm in 136 of 195 (69.7 %) patients, while repeat specialized DUS detected it in 185 (94.9 %) patients, increasing the detection rate by 25.2 percentage points ($p < 0.001$). CT angiography also verified pseudoaneurysm in 185 (94.9 %) patients and more frequently detected distal arterial changes than DUS: 44 (22.6 %) versus 38 (19.5 %) cases ($p = 0.031$). Among 85 patients with combined lesions, specialized DUS detected arteriovenous shunting in 48 (56.5 %) cases. Selective angiography clarified lesion anatomy in 6 of 128 (4.7 %) patients; in 112 (87.5 %) cases, examinations proceeded to endovascular or hybrid intervention. **Conclusion.** Specialized DUS, CT angiography, and selective angiography have complementary diagnostic capabilities in isolated traumatic peripheral artery pseudoaneurysms and in their combination with arteriovenous fistulas. Their sequential use provides comprehensive anatomical and hemodynamic characterization of the vascular lesion and serves as basis for an algorithm for selecting open, endovascular, or hybrid surgical strategy.

Keywords: traumatic pseudoaneurysm, peripheral arteries, arteriovenous fistula, duplex ultrasound, computed tomography angiography, selective angiography, vascular trauma, diagnostic algorithm

For citation: Chernyavin M. P., Petrov K. Yu., Zaslavskaya M. A., Myasoedova E. I., Staroverov I. N., Belov Yu. V. Morphofunctional stratification of traumatic pseudoaneurysms of peripheral arteries, including those associated with arteriovenous fistulas: a diagnostic algorithm. *Regional Blood Circulation and Microcirculation*. 2026;25(3):52–61. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2026-25-3-52-61>.

Введение

Травматические повреждения периферических артерий остаются актуальной проблемой сосудистой хирургии вследствие риска массивного кровотечения, острой ишемии, утраты конечности и развития отсроченных сосудистых осложнений. Согласно рекомендациям С. М. Wahlgren et al. [1] и AAST–WSES [13], диагностическая тактика должна учитывать гемодинамическое состояние пациента, механизм, локализацию и характер повреждения. При неполном дефекте сосудистой стенки наружное кровотечение, выраженная ишемия и нарушения пульсации могут отсутствовать, тогда как псевдоаневризма (ПА), артериовенозная фистула (АВФ) или их сочетание могут

проявиться через несколько дней, недель или месяцев после травмы [2–4, 9].

Псевдоаневризма представляет собой экстравазальную полость, сообщающуюся с просветом поврежденной артерии через дефект сосудистой стенки. Ее клиническое значение определяется риском увеличения и разрыва, тромбоза, дистальной эмболии, инфицирования и компрессии окружающих нервно-сосудистых структур [6, 14]. При одновременном повреждении артерии и вены патологический артериовенозный сброс изменяет регионарную гемодинамику, усложняет анатомию поражения и влияет на выбор хирургического вмешательства [10]. В настоящем исследовании АВФ рассматривалась как компонент единого

травматического сосудистого комплекса ПА+АВФ, а не как самостоятельная изолированная нозология.

Важнейшим этапом диагностики является специализированное ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС). Под ним в настоящей работе понимали целенаправленное исследование по стандартизированному ангиологическому протоколу, выполненное врачом ультразвуковой диагностики, имеющим опыт сосудистых исследований и диагностики травматических поражений артерий. Такой подход отличается от первичного скринингового исследования целенаправленным поиском всех компонентов сосудистого повреждения. Вместе с тем даже при специализированном исследовании диагностические возможности УЗДС могут быть ограничены глубокой локализацией поражения, паравазальной гематомой, раневыми дефектами, металлоконструкциями и тромбированием полости [3, 5, 7, 14].

КТ-ангиография обеспечивает пространственную оценку сосудистого поражения, состояния магистрального и дистального артериального русла и взаимоотношений ПА с окружающими тканями. С. М. Wahlgren et al. [1], S. Tamburrini et al. [3], F. M. Paes и F. Munera [4] рассматривают КТ-ангиографию как основной метод визуализации у гемодинамически стабильных пациентов с подозрением на периферическую сосудистую травму. Селективная ангиография уточняет пути притока и оттока, характер артериовенозного сброса и дистальную перфузию, а также позволяет непосредственно перейти к эндоваскулярному лечению [8, 9, 11, 12]. Особая диагностическая ценность ангиографии при поздних и скрытых последствиях сосудистой травмы продемонстрирована Е. К. Gilat et al. [9].

Таким образом, практическая задача заключается не в выборе одного «наиболее точного» метода, а в рациональной последовательности взаимодополняющих исследований. Для определения хирургической тактики необходимо комплексно оценить анатомию ПА, параметры ее шейки, особенности кровотока, наличие АВФ, пути притока и оттока, состояние магистрального и дистального артериального русла, взаимоотношения с окружающими тканями, а также возможность выполнения эндоваскулярного вмешательства. Отсутствие единого стандартизированного подхода к такой оценке обосновывает необходимость разработки диагностического алгоритма [1, 10, 13]. В настоящей работе разработан и представлен алгоритм морфофункциональной стратификации сосудистого поражения, основанный на последовательном применении специализированного УЗДС, КТ-ангиографии и селективной ангиографии и направленный на обоснованный выбор открытой, эндоваскулярной или гибридной хирургической тактики.

Цель – оценить диагностические возможности и взаимодополняющую роль методов визуализации при изолированных травматических псевдоаневризмах периферических артерий и их сочетании с артериовенозными фистулами и на этой основе разработать алгоритм морфофункциональной стратификации сосудистого поражения для обоснованного выбора открытой, эндоваскулярной или гибридной хирургической тактики.

Материалы и методы исследования

Проведено одноцентровое когортное исследование, включавшее два этапа: ретроспективный анализ ранее накопленного клинического материала и проспективное наблюдение вновь поступавших пациентов. В исследование включены 195 последовательно обследованных и прооперированных пациентов с травматическими псевдоаневризмами периферических артерий, проходивших лечение в Центре сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации в 2024–2026 гг. Диагноз подтверждали на основании совокупности данных специализированного ультразвукового дуплексного сканирования (УЗДС), КТ-ангиографии (КТА), селективной ангиографии и, при выполнении открытых или гибридных вмешательств, результатов интраоперационной ревизии.

Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации и требованиями надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice). Протокол исследования, предусматривавший анализ ранее накопленных клинических данных и последующее включение пациентов, был одобрен локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол № 73 от 26 декабря 2024 г.). У пациентов, включенных в исследование после утверждения протокола, письменное информированное согласие на участие и использование обезличенных клинических данных в научных целях было получено до включения в исследование.

Критериями включения являлись: возраст 19 лет и старше; наличие травматической псевдоаневризмы периферической артерии – изолированной либо сочетанной с артериовенозной фистулой; инструментальная и/или интраоперационная верификация диагноза; наличие результатов специализированного УЗДС и КТА; выполненное открытое, эндоваскулярное или гибридное хирургическое лечение; достаточный объем клинических и инструментальных данных для комплексной оценки сосудистого поражения.

В исследование не включали пациентов моложе 19 лет; пациентов с изолированной травматической артериовенозной фистулой без псевдоаневризматического компонента; при отсутствии инструментальной или интраоперационной верификации травматической псевдоаневризмы; при отсутствии результатов специализированного УЗДС или КТА; при неполноте медицинской документации и данных визуализации, не позволявшей оценить анатомические и гемодинамические характеристики поражения; а также пациентов, которым открытое, эндоваскулярное или гибридное вмешательство не выполнялось.

При включении пациентов в исследование учитывали результаты первичного ультразвукового исследования, выполненного на предшествующих этапах оказания медицинской помощи. Данные первичного исследования фиксировали по представленным заключениям и, при наличии, архивным изображениям. Поскольку эти исследования выполнялись разными специалистами и не были объединены единым

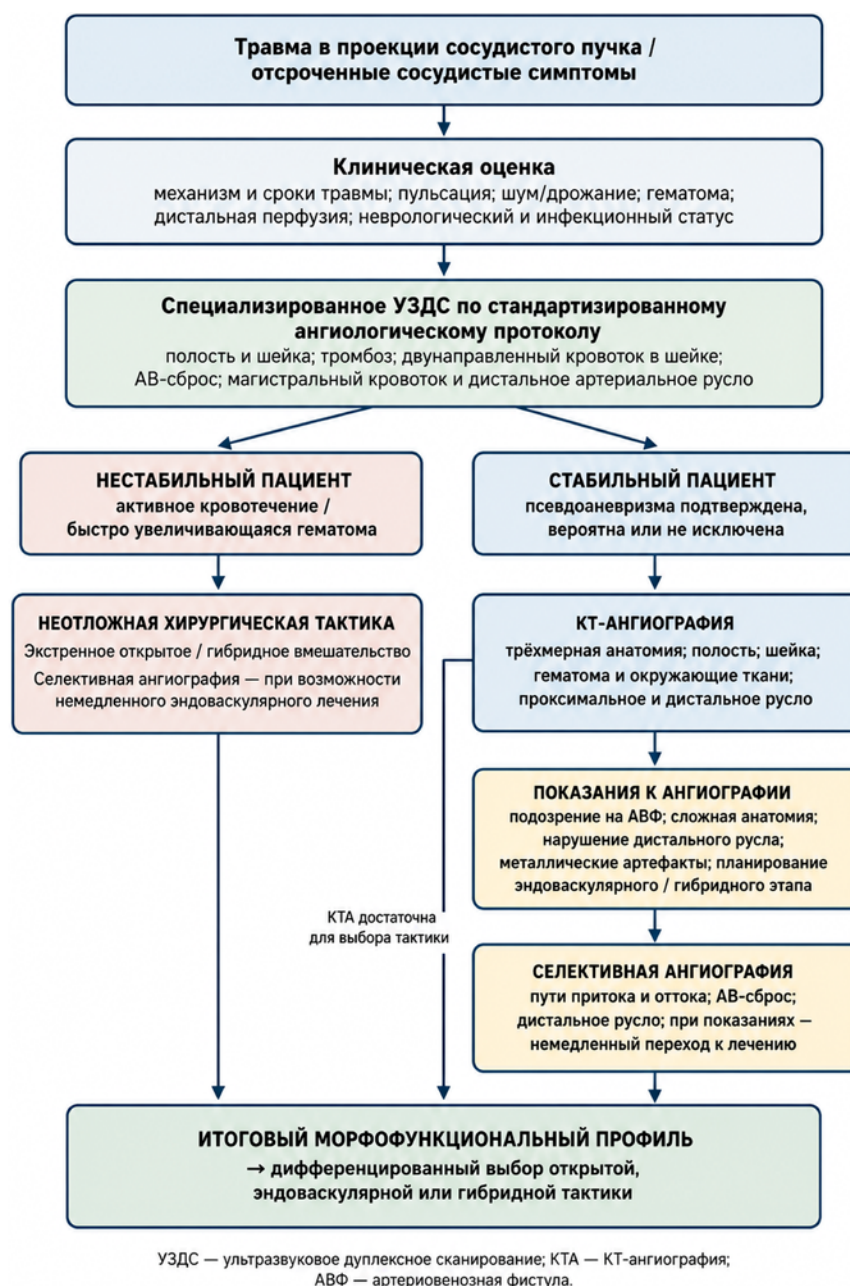


Рис. 1. Алгоритм морфофункциональной диагностики травматических псевдоаневризм периферических артерий и сочетанных артериовенозных фистул
Fig. 1. Algorithm for the morphofunctional diagnosis of traumatic pseudoaneurysms of the peripheral arteries and associated arteriovenous fistulas

диагностическим протоколом, их рассматривали как исходные данные и впоследствии сопоставляли с результатами повторного специализированного УЗДС.

Специализированное УЗДС выполняли врачи ультразвуковой диагностики, специализирующиеся на ангиологии и имеющие опыт обследования пациентов с травматическими сосудистыми повреждениями. Исследование проводили по стандартизированному ангиологическому протоколу с использованием линейных датчиков частотой 5–12 МГц в В-режиме, режимах цветового доплеровского картирования и спектрального анализа. Оценивали локализацию, размеры и структуру полости псевдоаневризмы, наличие и выраженность пристеночного тромбоза, диаметр и конфигурацию шейки, характер и направленность кровотока в полости и шейке, источники артериального притока, а также состояние магистрального и

дистального артериального русла. При подозрении на артериовенозную фистулу определяли цветовой алиасинг в зоне патологического сообщения, низкорезистентный характер кровотока в питающей артерии, артериализацию венозного спектра, а также расширение дренирующих вен.

КТА выполняли всем пациентам после стабилизации общего состояния. Анализировали аксиальные изображения, мультипланарные и трехмерные реконструкции. Оценивали размеры контрастируемой и тромбированной частей псевдоаневризмы, параметры ее шейки, протяженность сосудистого дефекта, взаимоотношения с паравазальной гематомой, костными структурами и сосудисто-нервными пучками, наличие раннего венозного контрастирования, а также состояние магистрального и дистального артериального русла.

Таблица 1

Клинико-демографическая характеристика, сроки выявления и основные проявления

Table 1

Clinical and demographic characteristics, timing of detection, and main manifestations

Показатель	Значение
Число пациентов	195
Мужской пол	195 (100,0 %)
Возраст, лет	42,4±13,3
Изолированная ПА	110 (56,4 %)
ПА+АВФ	85 (43,6 %)
Выявление в первые 24–48 ч	18 (9,2 %)
Выявление через 2–7 суток	47 (24,1 %)
Выявление через 8–28 суток	84 (43,1 %)
Выявление через 1–6 месяцев	36 (18,5 %)
Выявление более чем через 6 месяцев	10 (5,1 %)
Болевой синдром	168 (86,2 %)
Пульсирующее образование	162 (83,1 %)
Гематома или отек	148 (75,9 %)

Примечание: для клинических проявлений допускалось сочетание нескольких признаков у одного пациента.

Селективную цифровую субтракционную ангиографию выполняли по показаниям: при подозрении на артериовенозную фистулу, сложном или множественном сосудистом поражении, нарушении дистального кровотока, выраженных артефактах от металлических осколков или конструкций, недостаточной информативности КТА, а также при планировании эндоваскулярного или гибридного вмешательства. В ходе исследования уточняли источники артериального притока, пути венозного оттока, последовательность контрастирования сосудов, характер артериовенозного сброса и состояние дистальной перфузии. При наличии соответствующих показаний диагностический этап непосредственно продолжали эндоваскулярным вмешательством.

Результаты специализированного УЗДС, КТА и селективной ангиографии анализировали последовательно с учетом диагностических возможностей каждого метода. Оценивали локализацию и размеры псевдоаневризмы, параметры ее шейки, степень тромбирования полости, наличие артериовенозной фистулы, пути артериального притока и венозного оттока, состояние магистрального и дистального артериального русла, взаимоотношения поражения с окружающими тканями и возможность выполнения эндоваскулярного вмешательства. На основании совокупности полученных клинических и инструментальных данных был разработан алгоритм стратификации сосудистого поражения и выбора открытой, эндоваскулярной или гибридной хирургической тактики (рис. 1).

Статистическую обработку данных выполняли в программе IBM SPSS Statistics 26.0. Количественные показатели представляли в виде среднего значения и

стандартного отклонения – $M \pm SD$ – либо медианы и межквартильного размаха – $Me [Q1; Q3]$, в зависимости от характера распределения. Качественные показатели описывали как абсолютное число и долю наблюдений – $n (\%)$. Парные категориальные показатели сравнивали с использованием точного критерия Мак-Немара. Для сравнения независимых категориальных показателей применяли критерий χ^2 Пирсона или точный критерий Фишера. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Все пациенты были мужчинами в возрасте 19–60 лет; средний возраст составил 42,4±13,3 года. Изолированная ПА диагностирована у 110 (56,4 %) пациентов, сочетание ПА+АВФ – у 85 (43,6 %). В первые 24–48 ч сосудистое поражение выявлено у 18 (9,2 %) пациентов, тогда как у 177 (90,8 %) диагностика носила отсроченный характер. Наиболее частыми клиническими проявлениями были боль, пульсирующее образование и локальная гематома или отек (табл. 1). Отсутствие сосудистого шума или пальпируемого дрожания не исключало наличие АВФ, особенно при глубокой локализации поражения и выраженном отеке.

Ультразвуковая диагностика. На предшествующих этапах первичное ультразвуковое исследование выявило ПА у 136 из 195 (69,7 %) пациентов; у 59 (30,3 %) заключение было ложноотрицательным или недостаточно информативным. После поступления в специализированный центр повторное УЗДС по расширенному ангиологическому протоколу выявило ПА у 185 (94,9 %) пациентов. Абсолютный прирост выявляемости составил 25,2 процентного пункта

Выявляемость псевдоаневризмы среди подтвержденных случаев

Table 2

Detection of pseudoaneurysm among confirmed cases

Метод	Выявлено, n (%)	Не выявлено или неинформативно, n (%)
Первичное ультразвуковое исследование	136 (69,7 %)	59 (30,3 %)
Специализированное УЗДС	185 (94,9 %)	10 (5,1 %)
КТ-ангиография	185 (94,9 %)	10 (5,1 %)

Примечание: для сопоставления первичного ультразвукового исследования и специализированного УЗДС $p < 0,001$ по точному критерию Мак-Немара. Показатели характеризуют выявляемость среди подтвержденных случаев, а не полную диагностическую точность.

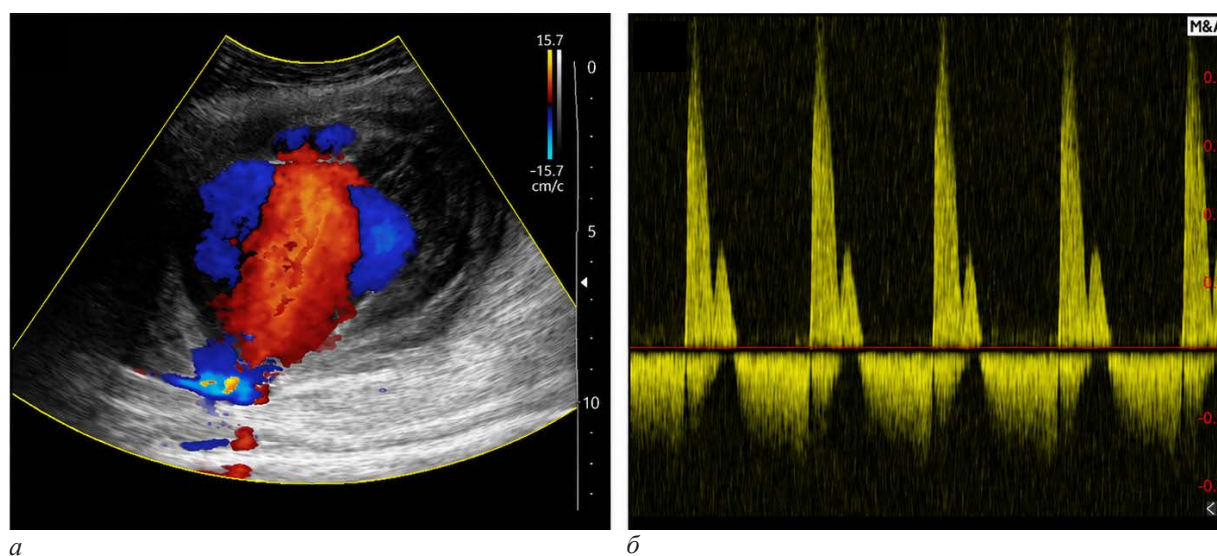


Рис. 2. Ультразвуковая визуализация травматической псевдоаневризмы периферической артерии: а – цветное доплеровское картирование: в полости псевдоаневризмы определяется разнонаправленный турбулентный кровоток; визуализируется сообщение полости с поврежденной артерией через шейку; б – спектральная доплерография кровотока в области шейки псевдоаневризмы: регистрируется характерный двунаправленный спектр по типу «туда – обратно»

Fig. 2. Ultrasound imaging of a traumatic peripheral artery pseudoaneurysm: а – color Doppler imaging demonstrates multidirectional turbulent flow within the pseudoaneurysm sac; its communication with the injured artery through the neck is visualized; б – spectral Doppler imaging at the pseudoaneurysm neck demonstrates a characteristic bidirectional to-and-fro waveform

($p < 0,001$), а доля отрицательных или неинформативных исследований снизилась с 30,3 до 5,1 % (табл. 2).

Основными причинами затруднений при первичном исследовании были глубокое расположение поврежденного сегмента – 37 из 59 (62,7 %), паравазальная гематома – 30 (50,8 %), частичное или полное тромбирование полости – 24 (40,7 %), отсутствие убедительного двунаправленного спектра кровотока в области шейки псевдоаневризмы – 18 (30,5 %) и недостаточная визуализация шейки – 12 (20,3 %); у одного пациента могли сочетаться несколько факторов. Характерные признаки функционирующей ПА представлены на рис. 2.

КТ-ангиография. КТА выполнена всем пациентам и визуализировала ПА у 185 (94,9 %); у 10 (5,1 %) окончательная верификация потребовала ангиографии и/или интраоперационной ревизии. Металлоконструкции вызывали артефакты у 24 (12,3 %) пациентов, а у 18 (9,2 %) существенно ограничивали оценку поврежденного сегмента и стали самостоятельным показанием к ангиографии. КТА определяла внешний объем поражения, тромбированную часть, параметры шейки, состояние магистральной артерии, гематому

и взаимоотношения с окружающими структурами (рис. 3, табл. 3).

Нарушения дистального русла по данным УЗДС выявлены у 38 (19,5 %) пациентов, по данным КТА – у 44 (22,6 %); КТА дополнительно обнаружила шесть случаев ($p = 0,031$). Изменения включали полную окклюзию у 18 пациентов, критический стеноз более 70 % – у 12, дистальный тромбоз – у восьми и множественную дистальную эмболию – у шести. Эти признаки не отождествлялись с клинически манифестной ишемией, но влияли на необходимость сохранения или реконструкции магистрального кровотока.

Среди 85 пациентов с окончательно подтвержденным комплексом ПА+АВФ специализированное УЗДС уверенно выявило сброс у 48 (56,5 %). В этих наблюдениях цветовой алиасинг регистрировали в 48 случаях из 48 (100 %), артериализацию венозного кровотока – в 46 (95,8 %), низкорезистентный спектр артерии-притока – в 44 (91,7 %). КТА демонстрировала раннее венозное контрастирование и/или прямое сообщение у 50 пациентов. Селективная ангиография выявила АВФ у 47 из 128 ангиографически обследованных пациентов. Эти показатели не рассматривали

Морфологические характеристики по данным КТ-ангиографии

Table 3

Morphological characteristics assessed by CT angiography

Характеристика	Значение
Диаметр полости	1,2–6,8 см; $3,6 \pm 1,3$ см
Полностью контрастируемая полость	101 (51,8 %)
Частично тромбированная полость	76 (39,0 %)
Полностью тромбированная полость	18 (9,2 %)
Диаметр шейки	2–9 мм; $4,1 \pm 1,5$ мм
Шейка <3 мм	38 (19,5 %)
Шейка 3–5 мм	102 (52,3 %)
Шейка >5 мм	55 (28,2 %)
Металлические артефакты	24 (12,3 %)
Ангиография из-за ограниченной КТА	18 (9,2 %)

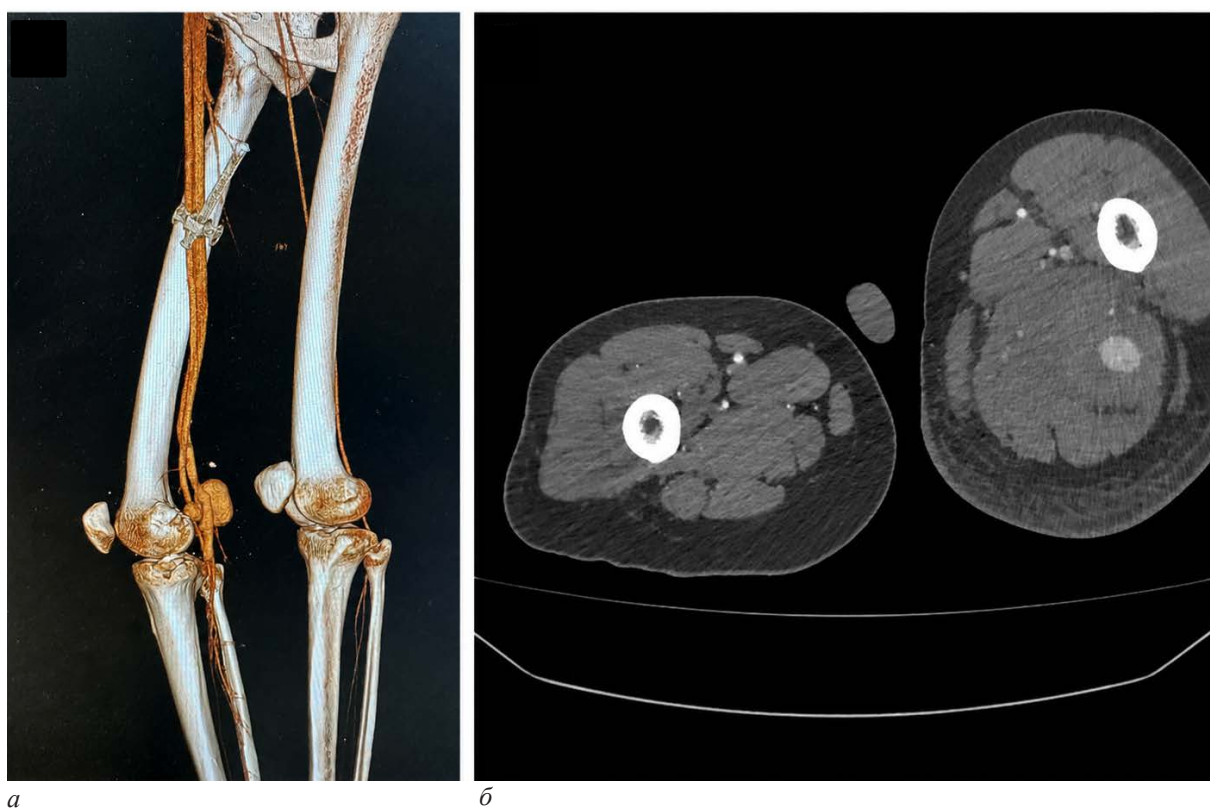


Рис. 3. КТ-ангиографические признаки травматической псевдоаневризмы периферической артерии: *а* – трехмерная реконструкция КТ-ангиографии: визуализируются контрастируемая полость псевдоаневризмы подколенной артерии, артериовенозная фистула и раннее контрастирование дренирующей вены, отражающее патологический венозный отток; *б* – аксиальный срез: определяется контрастируемая часть псевдоаневризмы бедренной артерии, окруженная тромбированными массами; оцениваются ее размеры и взаимоотношения с окружающими тканями

Fig. 3. CT angiographic features of a traumatic peripheral artery pseudoaneurysm: *a* – three-dimensional CT angiographic reconstruction demonstrating a contrast-filled popliteal artery pseudoaneurysm sac, an arteriovenous fistula, and early opacification of the draining vein, indicating pathological venous outflow; *b* – axial image demonstrating the contrast-filled portion of a femoral artery pseudoaneurysm surrounded by thrombotic material, allowing assessment of its dimensions and relationship to the surrounding tissues

как прямое сравнение чувствительности, поскольку ангиография выполнялась в отобранной группе с более сложной анатомией; окончательную верификацию основывали на интеграции всех методов и данных операции.

Селективная ангиография. Исследование выполнено 128 (65,6 %) пациентам; у 67 (34,4 %) диа-

гностический профиль был завершён после УЗИС и КТА. Дополнительные сведения, отсутствовавшие на КТА, получены у шести из 128 (4,7 %) пациентов. Основная ценность метода заключалась в точном отображении путей притока и оттока, временной характеристики артериовенозного сброса, коллатерального кровообращения, дистальной перфузии



Рис. 4. Селективная ангиография при травматической псевдоаневризме бедренной артерии: *а* – селективная ангиография: визуализируется контрастируемая полость псевдоаневризмы, сообщаящаяся с просветом поврежденной артерии через шейку; *б* – обзорная ангиография бедренного артериального бассейна при наличии металлоконструкции аппарата внешней фиксации: определяется сохраненная проходимость магистральных артерий и контрастирование зоны сосудистого повреждения

Fig. 4. Selective angiography in traumatic pseudoaneurysm of the femoral artery: *a* – selective angiography: a contrast-filled pseudoaneurysm sac communicating with the lumen of the injured artery through its neck is visualized; *b* – overview angiography of the femoral arterial territory in the presence of an external fixation device: patency of the major arteries is preserved, and contrast enhancement of the area of vascular injury is visualized

и возможности безопасной катетеризации (рис. 4). В 112 из 128 (87,5 %) случаев диагностическая процедура непосредственно перешла в эндоваскулярный лечебный этап или стала первой частью гибридного вмешательства. У 16 пациентов анатомия исключила безопасное эндоваскулярное лечение и определила выбор открытой операции. Ангиография отображала только контрастируемый просвет и при полностью тромбированной полости не определяла ее истинные внешние размеры и компрессию тканей, поэтому не заменяла КТА.

Полученные результаты показывают, что визуализация при травматических ПА должна строиться как последовательная комплексная оценка сосудистого поражения, а не как сопоставление конкурирующих методов. Это соответствует современным рекомендациям, согласно которым КТА является основным методом визуализации у гемодинамически стабильных пациентов с предполагаемой периферической сосудистой травмой, тогда как селективная ангиография применяется для решения конкретной диагностической или лечебной задачи [1, 3, 4, 13]. Наши данные дополняют эти положения применительно к отсроченным ПА и комплексам ПА+АВФ: специализированное УЗДС может использоваться как первый этап обследования, однако определение хирургической тактики требует пространственной оценки анатомии поражения и, при сложной ангиоархитектонике, динамической ангиографической визуализации [3, 4, 8–10].

Выявляемость ПА при специализированном УЗДС составила 94,9 %, что подтверждает диагностическую ценность целенаправленного исследо-

вания по стандартизированному ангиологическому протоколу. Вместе с тем почти у каждого третьего пациента первичное ультразвуковое исследование было отрицательным или неинформативным. Это согласуется с данными литературы о зависимости результатов УЗДС от квалификации исследователя, применяемого протокола, локализации поражения и степени тромбирования полости [3, 6, 7, 10, 14]. Турбулентный кровоток в полости и двунаправленный спектр по типу «туда – обратно» в области шейки могут быть слабо выражены или отсутствовать при тромбировании, глубоком расположении ПА и сложной анатомии повреждения [6, 7, 14]. Поэтому отрицательный результат первичного УЗДС не должен завершать диагностический поиск при сохраняющейся клинической вероятности сосудистого поражения.

КТА продемонстрировала такую же выявляемость ПА, как специализированное УЗДС, однако методы предоставляли различную диагностическую информацию. КТА позволяла оценить общий объем поражения, функционирующую и тромбированную части полости, возможность проксимального и дистального сосудистого контроля, взаимоотношения ПА с окружающими тканями, а также состояние магистрального и дистального артериального русла, что соответствует данным современных исследований [3–5]. Дополнительное выявление нарушений дистального русла у шести пациентов подтверждает самостоятельное значение пространственной оценки сосудистой анатомии при планировании доступа, декомпрессии и реконструктивного этапа вмешательства.

Наиболее сложной оставалась диагностика АВФ. Специализированное УЗДС позволяло выявлять пре-

имущественно гемодинамически значимый артериовенозный сброс, тогда как малое или множественное соустье, глубокая локализация, паравазальная гематома и одновременное заполнение ПА могли затруднять распознавание патологического сообщения. Эти результаты согласуются с опубликованными данными и подтверждают, что отсутствие убедительных ультразвуковых признаков не исключает АВФ [1, 3, 9, 10, 13]. Следовательно, при комплексе ПА+АВФ УЗДС, КТА и селективную ангиографию следует рассматривать как взаимодополняющие методы. Аналогичный принцип комплексного сопоставления клинических и инструментальных данных используется в отечественном алгоритме диагностики огнестрельных травматических АВФ конечностей [10].

Селективная ангиография была выполнена почти двум третям пациентов, что отражает сложность исследованной когорты, а не необходимость рутинного инвазивного обследования. В 87,5 % наблюдений диагностический этап непосредственно переходил в эндоваскулярное или гибридное вмешательство, подтверждая основное преимущество ангиографии – сочетание динамической оценки кровотока с возможностью немедленного лечения [8, 9, 11, 12]. При этом принципиально новые сведения после КТА были получены только у 4,7 % пациентов. Таким образом, наши данные соответствуют современным рекомендациям об избирательном применении ангиографии и уточняют ее роль: исследование наиболее обоснованно при наличии конкретной диагностической или лечебной задачи [1, 13].

Комплексная анатомо-гемодинамическая оценка позволяет дифференцировать локализованную терминальную ПА, поражение магистральной артерии с широкой шейкой, крупную частично тромбированную полость с компрессией окружающих структур и сочетанный комплекс ПА+АВФ. Существующие рекомендации предусматривают индивидуальный выбор открытого, эндоваскулярного или комбинированного лечения с учетом анатомии повреждения и клинической ситуации [1, 6, 8, 11–13]. Результаты нашего исследования дополняют эти положения: открытое вмешательство обосновано при необходимости ревизии, санации, декомпрессии и сосудистой реконструкции; эндоваскулярное – при локализованном поражении и благоприятной анатомии для селективного доступа; гибридное – при необходимости сочетания эндоваскулярного контроля кровотока с открытым устранением последствий травмы.

Отсроченное выявление сосудистого поражения у 90,8 % пациентов подтверждает, что отсутствие выраженных сосудистых нарушений в раннем периоде не исключает последующего формирования ПА или комплекса ПА+АВФ. Это согласуется с данными о поздней манифестации периферических сосудистых повреждений [1–3, 9, 13] и обосновывает повторную клиническую и ультразвуковую оценку при сохраняющейся боли, нарастающем отеке, гематоме, неврологических нарушениях, появлении сосудистого шума или изменении дистальной пульсации.

Таким образом, предложенный алгоритм последовательного применения специализированного УЗДС,

КТА и селективной ангиографии соответствует современным принципам диагностики сосудистой травмы, дополняет существующие рекомендации и продемонстрировал практическую применимость в исследованной когорте. Его использование позволяет систематизировать оценку сосудистого поражения и обосновать выбор открытой, эндоваскулярной или гибридной хирургической тактики.

Ограничения исследования. Исследование одноцентровое и включало только пациентов с подтвержденной ПА, которым выполнено хирургическое лечение. Отсутствие группы без сосудистого повреждения не позволило рассчитать специфичность и прогностические значения; поэтому приведена выявляемость среди подтвержденных случаев. Первичные ультразвуковые исследования выполнялись на различном оборудовании и без единого протокола, тогда как повторное УЗДС проводилось в специализированном центре; сравнение отражает реальный маршрут, но не является контролируемым сопоставлением одинаковых условий. Ангиография выполнялась по показаниям, поэтому ее результаты нельзя напрямую сравнивать с УЗДС и КТА во всей когорте. Все пациенты были мужчинами, что ограничивает внешнюю применимость. Предложенные критерии требуют проспективной многоцентровой валидации.

Заключение

Специализированное УЗДС, КТ-ангиография и селективная ангиография обладают взаимодополняющими диагностическими возможностями при изолированных травматических псевдоаневризмах периферических артерий и их сочетании с артериовенозными фистулами. Их последовательное применение обеспечивает комплексную анатомо-гемодинамическую характеристику сосудистого поражения и служит основой алгоритма выбора открытой, эндоваскулярной или гибридной хирургической тактики.

Конфликт интересов / Conflict of Interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare that they have no conflict of interest.

Литература / References

1. Wahlgren CM, Aylwin C, Davenport RA, et al. Editor's choice – European society for vascular surgery (ESVS) 2025 clinical practice guidelines on the management of vascular trauma. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2025;69(2):179–237. Doi: 10.1016/j.ejvs.2024.12.018.
2. Stafforini NA, Singh N. Management of vascular injuries in penetrating trauma. *Surg Clin North Am.* 2023;103(4):801–825. Doi: 10.1016/j.suc.2023.04.018.
3. Tamburrini S, Lassandro G, Tiralongo F, et al. CTA imaging of peripheral arterial injuries. *Diagnostics (Basel).* 2024;14(13):1356. Doi: 10.3390/diagnostics14131356.
4. Paes FM, Munera F. Computer tomography angiography of peripheral vascular injuries. *Radiol Clin North Am.* 2023;61(1):141–150. Doi: 10.1016/j.rcl.2022.08.006.
5. Bhalla D, Kumar A, Gamanagatti S, et al. Imaging in extremity vascular trauma: can MDCT angiography predict the nature of injury? *Emerg Radiol.* 2022;29(4):683–690. Doi: 10.1007/s10140-022-02050-4.

6. Patel RK, Alagappan A, Tripathy T, et al. Lower extremity pseudoaneurysms and their interventional radiological management: a pictorial review. *Emerg Radiol.* 2023;30(4):555–561. Doi: 10.1007/s10140-023-02151-8.

7. Habiaryemye TD, Alloy AC, Gibbons RC. Finding the balance: the point-of-care ultrasound diagnosis of pseudoaneurysm. *J Emerg Med.* 2024;66(6):e723–e724. Doi: 10.1016/j.jemermed.2024.01.011.

8. Bansal A, Gorski U, Farook S, et al. Interventional radiology management of extremity pseudoaneurysms: a pictorial essay. *Emerg Radiol.* 2021;28(5):1029–1039. Doi: 10.1007/s10140-021-01939-w.

9. Gilat EK, Khaitovitch B, Barash Y, et al. Diagnostic angiography for identification and management of late vascular injuries in war-related traumatic peripheral vascular injuries: a retrospective cohort study. *PLoS One.* 2025;20(3):e0319761. Doi: 10.1371/journal.pone.0319761.

10. Петров К. Ю., Чупин А. В., Замский К. С. и др. Алгоритм диагностики и методики выбора хирургического лечения пациентов с огнестрельными травматическими артериовенозными фистулами конечностей // *Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова.* 2025. № 12. С. 85–98. [Petrov KYu, Chupin AV, Zamsky KS, et al. Diagnostic algorithm and surgical treatment for traumatic arteriovenous fistulas of extremities. *Pirogov Russian Journal of Surgery.* 2025;(12):85–98. (In Russ.)]. Doi: 10.17116/hirurgia202512185.

11. Cheraghali R, Salimi J, Omrani Z. Endovascular treatment of penetrating vascular injuries. *J Surg Case Rep.* 2021;2021(11):rjab486. Doi: 10.1093/jscr/rjab486.

12. Shreve L, Jarmakani M, Javan H, et al. Endovascular management of traumatic pseudoaneurysms. *CVIR Endovasc.* 2020;3(1):88. Doi: 10.1186/s42155-020-00182-7.

13. Kobayashi L, Coimbra R, Goes AMO Jr, et al. American Association for the surgery of trauma – world society of emergency surgery guidelines on diagnosis and management of peripheral vascular injuries. *J Trauma Acute Care Surg.* 2020;89(6):1183–1196. Doi: 10.1097/TA.0000000000002967.

14. Henry JC, Franz RW. Pseudoaneurysms of the peripheral arteries. *Int J Angiol.* 2019;28(1):20–24. Doi: 10.1055/s-0039-1677676.

Информация об авторах

Чернявин Максим Павлович – канд. мед. наук, врач по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению, Госпиталь для ветеранов войн № 2 Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия; ассистент кафедры хирургии Института непрерывного профессионального образования, Ярославский государственный медицинский университет, г. Ярославль, Россия, e-mail: dr.chernyavin@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6122-4639.

Петров Константин Юрьевич – старший ординатор отделения сосудистой хирургии Центра сердечно-сосудистой хирургии, Главный военный клинический орден Александра Невского, Ленина и Трудового Красного Знамени го-

спиталь имени академика Н. Н. Бурденко, Москва, Россия, e-mail: konstantin214@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2539-4224.

Заславская Марина Александровна – зав. отделением ультразвуковой диагностики сосудистой системы Центра функциональной диагностики, Главный военный клинический орден Александра Невского, Ленина и Трудового Красного Знамени госпиталь имени академика Н. Н. Бурденко, Москва, Россия, e-mail: Marinzas@yandex.ru, ORCID: 0009-0006-5673-9113.

Мясоедова Екатерина Игоревна – д-р мед. наук, профессор кафедры семейной медицины и терапии, Центральная государственная медицинская академия Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия, e-mail: k.kopnina@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-6820-733X.

Староверов Илья Николаевич – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой хирургии Института непрерывного профессионального образования, Ярославский государственный медицинский университет, г. Ярославль, Россия, e-mail: istaroverov@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9855-9467.

Белов Юрий Владимирович – д-р мед. наук, профессор, академик Российской академии наук, директор Института кардио-аортальной хирургии, Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского; зав. кафедрой госпитальной хирургии, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия, e-mail: belov_yu_v@staff.sechenov.ru, ORCID: 0000-0002-9280-8845.

Author Information

Chernyavin Maxim P. – Cand. (PhD) Sci. (Med.), Endovascular Surgeon, Hospital for War Veterans No. 2, Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia; Assistant, Department of Surgery, Institute of Continuing Professional Education, Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia, e-mail: dr.chernyavin@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6122-4639.

Petrov Konstantin Yu. – Senior Resident, Department of Vascular Surgery, Center for Cardiovascular Surgery, N. N. Burdenko Main Military Clinical Hospital, Moscow, Russia, e-mail: konstantin214@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9280-8845.

Zaslavskaya Marina A. – Head, Department of Vascular Ultrasound Diagnostics, Center for Functional Diagnostics, N. N. Burdenko Main Military Clinical Hospital, Moscow, Russia, e-mail: Marinzas@yandex.ru, ORCID: 0009-0006-5673-9113.

Myasoedova Ekaterina I. – Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Family Medicine and Therapy, Central State Medical Academy of the Administration of the President of the Russia, Moscow, Russia, e-mail: k.kopnina@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-6820-733X.

Staroverov Il'ya N. – Dr. Sci. (Med.), Professor, Head, Department of Surgery, Institute of Continuing Professional Education, Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia, e-mail: istaroverov@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9855-9467.

Belov Yuriy V. – Dr. Sci. (Med.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Institute of Cardio-Aortic Surgery, Petrovsky National Research Center of Surgery; Head, Department of Hospital Surgery, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia, e-mail: belov_yu_v@staff.sechenov.ru, ORCID: 0000-0002-9280-8845.