

# СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЭНДОВАСКУЛЯРНОЙ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ ОСТРОЙ ИШЕМИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ПАЦИЕНТОВ С COVID-19 (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## MODERN APPROACHES TO ENDOVASCULAR REVASCLARIZATION OF ACUTE LOWER LIMB ISCHEMIA IN PATIENTS WITH COVID-19 (LITERATURE REVIEW)

**I. Shukurov  
Sh. Dzhurakulov  
V. Stupin**

*Summary.* Acute ischemia of the lower extremities is defined as a sudden decrease in perfusion, leading to a threat to the viability of the limb. The prevalence of acute arterial ischemia of the lower extremities continues to increase, and this disease occupies one of the leading positions among the causes of disability and mortality of the adult population. Acute arterial ischemia is a fairly common pathology and is considered as an independent disease or as a complication of other pathological conditions, including COVID-19. The new coronavirus infection (COVID-19) increases the frequency of possible thrombotic complications, plays a significant role in the development of cardiovascular diseases. To date, the issues of diagnosis and methods of surgical treatment of acute arterial ischemia remain one of the most pressing problems in modern vascular surgery. The literature review presents modern approaches and applications of endovascular methods of treatment for acute lower limb ischemia in patients infected with COVID-19.

*Keywords:* acute lower limb ischemia, coronavirus infection (COVID-19), endovascular treatment, catheter thromboaspiration.

**Шукуров Иномжон Хайрулло Угли**

Аспирант, врач сердечно-сосудистый хирург, ГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова», Минздрава России  
krepteks@mail.ru

**Джуракулов Шухрат Рахманович**

Д.м.н., врач рентгенэндоваскулярный хирург, РЭДиЛ ГKB № 15 им. О.М. Филатова, ДЗМ. ГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова», Минздрава России  
dzhurakulov.1982@mail.ru

**Ступин Виктор Александрович**

Д.м.н., профессор, ГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова», Минздрава России  
stvictor@bk.ru

*Аннотация.* Острая ишемия нижних конечностей (ОИНК) — определяется как внезапное снижение перфузии, приводящее к угрозе жизнеспособности конечности. Распространенность острой артериальной ишемии нижних конечностей продолжает увеличиваться, и это заболевание занимает одну из лидирующих позиций среди причин инвалидизации и смертности взрослого населения. Острая артериальная ишемия является довольно распространенной патологией и рассматривается как самостоятельное заболевание или как осложнение других патологических состояний в том числе COVID-19. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19) увеличивает частоту возможных тромботических осложнений, играет значительную роль в развитии сердечно-сосудистых заболеваниях. На сегодняшний день вопросы диагностики и методов хирургического лечения острой артериальной ишемии, остаются одними из наиболее актуальных проблем в современной сосудистой хирургии. Обзор литературы представлен современные подходы и применения эндоваскулярных методов лечения при острой ишемии нижних конечностей у больных инфицированных COVID-19.

*Ключевые слова:* острая ишемия нижних конечностей, коронавирусная инфекция (COVID-19), эндоваскулярное лечение, катетерная тромбаспирация.

## Введение

**Р**аспространенность острой ишемии нижних конечностей (ОИНК) приблизительно составляет 1:6000. Оперативная вмешательства по поводу ОИНК достигает 10–16% [1]. Самое крупное эпидемиологическое исследование, касающееся ОИНК, было проведено Korabathina R. с соавт. [2]. Авторы установили, что в период с 1988 по 1997 гг. в клиниках Соединенных Штатов Америки было свыше 1 миллиона обращений по поводу острой ишемии нижних конечностей, а в последующее десятилетие число подобных обращений сократилось почти до 670 000, т.е. частота артериальных тромбозов или эмболий нижних конечностей в периоды с 1988 по 1997 гг. и с 1998 по 2007 гг. снизилась с 42,3 на 100 000 пациенто-лет до 23,3 на 100 000 пациенто-лет. В соответствии с этим снизился и уровень внутрибольничной летальности — с 8,3% до 6,3%. За последние два года новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) во всем мире переболело свыше 500 миллионов человек и более 6 миллионов из них скончались, при этом только в Российской Федерации за всё время пандемии заразилось свыше 18 миллионов и умерло более трети миллиона человек [3, 4, 5]. В частности, острая непроходимость артерий нижних конечностей у пациентов с COVID-19 по данным ряда авторов возрастает в 5–7 раз и может достигать 12–15% [6,7,8]. По данным зарубежных авторов, частота артериальных тромбозов нижних конечностей составляет от 0,4 до 11% от общего числа пациентов с COVID-19 [9]. Риск летального исхода при формировании данного осложнения, по данным источников мировой литературы возрастает в три раза, по сравнению с группой пациентов с COVID-19 не осложнённых тромбозами нижних конечностей [10]. Несмотря на использования всего арсенала хирургических методов лечения смертность среди пациентов с ОИНК, как в целом, так и на фоне COVID-19 остается очень высокой. В исследовании Bellosta R. и соавт. [7], летальность у пациентов с острой ишемией нижних конечностей, развившейся на фоне COVID-19, составила 40%, а среди основных причин послеоперационной летальности были острая почечная недостаточность, полиорганная недостаточность и острый респираторный дистресс-синдром. Среди методов открытой сосудистой хирургии при лечении острой ишемии артерий нижних конечностей следует упомянуть тромбэктомию, которая в исследовании SánchezJB и соавт. [11] была выполнена у 76% COVID-19-инфицированных пациентов с ОИНК стадии IIB по классификации Rutherford. При этом у каждого пятого пациента в этом исследовании тромбэктомия дополнялась фасциотомией. Чаще всего тромбэктомия выполняется при тромботическом поражении проксимального отдела артериального русла нижних конечностей, включая аорто-подвздошно-бедренный сег-

мент, т.е. когда имеется высокая тромботическая нагрузка. Принципиально существует два основных подхода к лечению пациентов с острой ишемией нижних конечностей: терапевтический и хирургический, в составе последнего отдельно выделяется эндоваскулярный метод. Комбинация последних двух методов лежит в основе так называемой «гибридной методики» [7,12]. Эндоваскулярная реваскуляризация является методом выбора лечения пациентов с острым тромбозом артерий нижних конечностей, особенно у пациентов с выраженной сопутствующей патологией, и в частности — при тяжелом течении коронавирусной инфекции [13,14]. Эндоваскулярные методы реваскуляризации при остром тромбозе нижних конечностей не менее эффективны, чем методы открытой сосудистой хирургии или гибридный подход. В недавно проведенном многоцентровом ретроспективном исследовании по изучению результатов лечения 1480 пациентов с ОИНК, у которых выполнялось открытое хирургическое, эндоваскулярное или гибридное вмешательство, было продемонстрировано, что эндоваскулярная реваскуляризация сопровождалась меньшей частотой ампутаций в сравнении с группами открытого хирургического и гибридного лечения. Хотя надо сказать, что никаких различий по частоте повторных вмешательств или смертности между группами не наблюдалось [15]. К эндоваскулярным вмешательствам относятся катетерный (регионарный) тромболизис (включая ультразвуковой тромболизис) и эндоваскулярные методы тромбэктомии: катетерная (мануальная) тромбаспирация, реолитическая, ротационная, аспирационная тромбэктомия и фармакомеханический тромболизис [16]. К преимуществам эндоваскулярных методик относят минимальную инвазивность и травматичность с низким операционным риском, отсутствие необходимости в проведении общей анестезии, возможность непосредственного выявления целевого поражения артерии после удаления тромба и одномоментная его коррекция с целью улучшения кровотока и достижения лучших результатов, отсутствие повреждения эндотелия, возможность восстановления кровотока в коллатеральных сосудах и артериях малого калибра (в дистальных отделах артериального русла) [16]. Итак, что касается катетерного тромболизиса, то согласно клиническим рекомендациям Американской коллегии кардиологов и Американской ассоциации по изучению заболеваний сердца по лечению пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей [17], у лиц с ОИНК с жизнеспособной конечностью катетерный (регионарный) тромболизис является эффективным методом лечения (класс и уровень доказательности — IA), а методы катетерной/механической тромбэктомии могут использоваться в качестве вспомогательных при проведении тромболизиса (класс и уровень доказательности — IIA). При этом согласно

этим клиническим рекомендациям реваскуляризирующая процедура должна выполняться в течение первых 6–24 часов при I степени ишемии по Rutherford и в течение 6 часов при IIA и IIB степени ишемии по Rutherford. В клинических рекомендациях по лечению острой ишемии конечностей Европейского общества сосудистых хирургов [18] сказано, что у пациентов с острой ишемией конечности IIA степени по классификации Rutherford катетерный тромболитический тромболитический препарат может быть альтернативой открытой операции (класс и уровень доказательности — IA), а у пациентов с острой ишемией конечности IIB степени по классификации Rutherford проведение катетерного тромболитического препарата может рассматриваться, если его можно быстро провести, и можно комбинировать с катетерной тромбаспирацией или механической тромбэктомией (класс и уровень доказательности — IIB). Принцип метода катетерного тромболитического препарата, как понятно из его названия, заключается в селективном введении тромболитического препарата в тромботически окклюзированный сегмент артерии. Специальный инфузионный катетер или обычный диагностический катетер с боковыми отверстиями («sideholes») заводятся интраартериально и устанавливаются внутри тромботических масс или в непосредственной близости к ним. Через отверстия инфузионного катетера в заданном режиме и с определенной скоростью вводится тромболитический препарат. Стоит сказать несколько слов об этих препаратах. По сути, они являются активаторами плазминогена, превращая его в плазмин. Последний разрушает фибрин и фибриноген с образованием продуктов его деградации [16]. На настоящий момент существует три поколения тканевых активаторов плазминогена. К препаратам первого поколения относится альтеплаза, в качестве примера препаратов второго поколения можно привести ретеплазу, а третьего поколения — тенектеплазу [19]. Во многих исследованиях с участием пациентов с острой ишемией нижних конечностей было показано, что результаты катетерного тромболитического препарата и открытых хирургических вмешательств сопоставимы, т.е. катетерный тромболитический препарат не менее эффективен, чем открытая тромбэктомия [20, 21]. Ebben H.P. с соавт. [22] провели систематический обзор имеющихся данных и показали, что катетерный тромболитический препарат может использоваться даже у пациентов с тяжелой степенью ишемии (степень IIB по классификации Rutherford), и результаты, достигаемые при этом, ничуть не хуже тех, которые были получены у пациентов с более легкой степенью ишемии. В ходе ретроспективных исследований были получены схожие результаты [23, 24, 25]. Авторы сделали вывод, что при более тяжелой ишемии дозу тромболитического препарата можно увеличить или же комбинировать тромболитическую терапию с какой-либо другой эндоваскулярной методикой. Частота технического успеха катетерного тромболитического препарата достаточно высока

и по данным ряда авторов достигает 80%–90% [26, 27]. Тромболитический препарат может применяться как при тромбозе нативных артерий, так и шунтов и стентов, а также при тромбоэмболии [28, 29]. Частота отсутствия больших ампутаций в течение первых 30 дней после тромболитического препарата составляет 84%, а к концу первого года — 75% [23]. Основным осложнением тромболитического препарата является массивное кровотечение, требующее прекращения проведения тромболитической терапии. Частота таких кровотечений может достигать 30% [27]. Кроме того, существует и небольшой риск внутримозговых кровоизлияний, он хоть и не высок (0,4%–2,3%), но обычно такие кровоизлияния носят летальный характер [30]. Другими грозными осложнениями тромболитического препарата являются дистальная эмболия, наблюдающаяся у 5–10% пациентов [19], компартмент-синдром, встречающийся также в 5–10% случаев и острая почечная недостаточность, развивающаяся у 0–2% пациентов [31]. Кроме того, также следует упомянуть и об относительно новой методике тромболитического препарата, которую стали лишь недавно применять для лечения пациентов с острым тромбозом артерий нижних конечностей, — ультразвуковым тромболитическим препаратом. Принцип метода основан на способности высокочастотного ультразвука низкой интенсивности ускорять ферментативный лизис тромба, ослабляя связи между фибриновыми нитями, тем самым, увеличивая проницаемость тромба, высвобождая большее количество рецепторов плазминогена для связывания. При ультразвуковом тромболитическом препарате акустическая кавитация (образование и схлопывание микроскопических полостей внутри тромба), но механической фрагментации тромба не происходит в отличие от фармакомеханического тромболитического препарата, поэтому вероятность дистальной эмболии при ультразвуковом тромболитическом препарате крайне низка [32]. Однако, данные, сравнивающие эффективность и безопасность применения данной системы с другими эндоваскулярными методиками тромбаспирации и обычным катетерным тромболитическим препаратом противоречивы, и необходимо дальнейшее накопление опыта использования данной методики, в том числе проведение крупных рандомизированных клинических исследований (пока что класс и уровень доказательства для применения ультразвукового тромболитического препарата — IIB) [33, 34]. К другим эндоваскулярным методам реваскуляризации при ОИМК относятся катетерная тромбаспирация, механическая аспирация: реолитическая, ротационная, аспирационная тромбэктомия и фармакомеханический тромболитический препарат, а также баллонная ангиопластика и стентирование, в том числе с использованием стент-графтов [35]. Частота технического успеха при использовании этих методик высока (75%–90%), а в сочетании с тромболитическим препаратом достигает 95%–100% [35]. Преимуществом данных методов является возможность удаления достаточно большого объема тромботических масс и быстрое вос-

становление кровотока в ишемизированной конечности [36]. Развитие данных методик было продиктовано необходимостью снизить дозу и уменьшить время инфузии тромболитического препарата или же вовсе обойтись без него, сократить время ишемии конечности, ускорив тем самым время наступления ревазуляризации, уменьшить количество геморрагических осложнений, характерных для тромболитической терапии, в том числе внутричерепных кровоизлияний [16]. Кроме того, данные методики позволяют охватить больше групп пациентов, а именно лиц со степенью ишемии IIB по Rutherford и с высоким риском геморрагических осложнений или противопоказаниями к тромболитизису. Основным наиболее простым и доступным эндоваскулярным методом ревазуляризации нижних конечностей является катетерная тромбоаспирация. Она проводится с использованием широкопросветного гайд-катетера и обычного шприца объемом 50 мл, с помощью которого создается отрицательное давление, необходимое для аспирации тромба из просвета артерии. Это методика относительно проста, не требует большого количества эндоваскулярного инструментария и экономически малозатратна. Впервые об использовании обычных широкопросветных гайд-катетеров для удаления тромбов из просвета артерий нижних конечностей было сообщено еще в 1992 году [37]. Кроме обычных широкопросветных гайд-катетеров на рынке существует и несколько специальных аспирационных катетеров (например, Eliminate (Terumo, Япония), Sofia (MicroVention, Terumo, США), ACE 68 (PenumbraSystem®, Alameda, CA, США). Существенным недостатком применения данного метода является небольшая его эффективность при несоответствии внутренних размеров катетера и артерии, в результате чего не происходит полного удаления тромботических масс, что особенно часто наблюдается в артериях крупного диаметра, например, в бедренной артерии [38]. Поэтому катетерная тромбоаспирация наиболее эффективна при использовании катетеров, соответствующих диаметру артерии (чаще всего это катетеры диаметром 6–8 Fr, и широко применяется при тромбозах артерий ниже уровня коленного сустава [39]. Катетерная аспирация может дополняться другими эндоваскулярными методами (катетерным тромболитизисом, ангиопластикой отдельно или в сочетании со стентированием). Так, в одном из исследований комбинированное применение катетерной тромбоаспирации и тромболитизиса привело к снижению числа ампутаций за 6 месяцев более чем на 10% [40]. Катетерная тромбоаспирация может успешно применяться после неэффективного тромболитизиса [41,42], или же использоваться в качестве метода первой линии, устраняя тем самым необходимость в проведении катетерного тромболитизиса, что существенно сокращает период ишемии в конечности и увеличивает вероятность ее восстановления [38]. Примером одной из наи-

более популярных автоматических систем для аспирационной тромбэктомии из артерий нижних конечностей является Penumbra (PenumbraIndigo®, Alameda, CA, США) [43,38,44]. Система состоит из насоса, создающего отрицательное давление, катетера и проводника-сепаратора, находящегося на кончике катетера и предназначенного для фрагментации тромба с целью предотвращения окклюзии катетера крупным тромбом. Особенностью катетера является максимально возможный его внутренний просвет при минимально допустимом внешнем диаметре [45,43]. Следует обратить внимание, что при применении данного устройства случаи дистальной эмболии практически отсутствуют, что свидетельствует о высокой безопасности данного метода [43]. Существенным недостатком использования данной системы является ее стоимость. В своей работе Adams G.L. и соавт. показали, что технический успех применения системы PenumbraIndigo® достигает 96,3%, а полная ревазуляризация наступает в 76,5% случаев. Осложнений, связанных с этим устройством, не наблюдалось [45]. Еще одним эндоваскулярным методом лечения острой ишемии нижних конечностей является механическая тромбэктомия. Существует ряд устройств для тромбэктомии, классифицируемых по механизму их действия. Устройство для реолитической (гидродинамической) тромбэктомии AngioJet® (AngioJetPeripheralThrombectomySystem; BostonScientific, MA, США) позволяет быстро достичь хороших результатов, но основным фактором, лимитирующим его использование, является невозможность применения данного катетера в артериях небольшого калибра, а также высокий риск гемолиза, гиперкалиемии, гемоглобинурии и повреждения почек и сосудистой стенки [46]. Принцип метода заключается в использовании гидродинамических потоков жидкости для удаления тромботических масс из просвета кровеносного сосуда (эффект Вентури/принцип Бернулли) [47]. В настоящее время устройство AngioJet® чаще применяется для фармакомеханического тромболитизиса, когда наряду с гидродинамической фрагментацией тромба и последующей аспирацией его фрагментов происходит введение тромболитического препарата внутрь тромба. При этом реперфузия достигается существенно быстрее [48]. Примером другой системы, предназначенной для механической ротационной тромбэктомии, является устройство Rotarex® (StraubMedicalAG, Vilters-Wangs, Швейцария). На конце специального катетера, использующегося с этой системой, находятся цилиндры, фрагментирующий тромб, а внутри катетера находится металлическая спираль по типу архимедова винта, вращающаяся со скоростью около 40 000 об/мин. Создаваемый внутри катетера при этом вакуум засасывает фрагментированные тромботические массы [49]. Использование данной системы также сопряжено с высокой частотой технического успеха,

даже в случае достаточно организованных тромбов (подострого тромбоза), что может снизить необходимость в проведении катетерного тромболизиса, но Rotarex® также нельзя применять в артериях небольшого диаметра, т.е., как правило, ниже уровня коленного сустава, так как высок риск перфорации [50]. Необходимо подчеркнуть, что при применении любых устройств для механической тромбэктомии может возникнуть такое грозное осложнение как дистальная эмболия артериального русла. Изначально эти устройства разрабатывались для лечения тромбоза глубоких вен, где дистальная эмболия приводит к менее тяжелым последствиям [18]. Сравнение по данному показателю всех вышеперечисленных механических устройств для эндоваскулярной реваскуляризации говорит в пользу применения катетерной тромбоаспирации, которая наиболее эффективна с экономической точки зрения [18]. Примером комбинированного применения эндоваскулярных методов реваскуляризации служит фармакомеханический тромболизис, объединяющий в себя тромболитическое и механическое воздействие на тромб (ранее упоминавшаяся система AngioJet и устройство Trellis, Covidien LLC, Medtronic, США). Принцип работы периферической инфузионной системы Trellis заключается в отграничении тромбированного участка артерии путем раздувания двух баллонов, расположенных на некотором расстоянии друг от друга (10–30 см) и находящихся на дистальном конце

артериального катетера (это позволяет профилактировать дистальную эмболию). Тромб фрагментируется за счет высокочастотных колебаний нитинолового проводника (500–3000 колебаний в минуту), при этом в пространство, отграниченное двумя раздутыми баллонами, через порт в проксимальной части катетера поступает тромболитический препарат [51]. По данным этих авторов технический успех при применении данной методики достигается в 92% случаев. Однако, опыт использования данного метода все еще небольшой, что не позволяет сделать убедительные выводы о его эффективности и безопасности. Кроме того, данное устройство не разрешено к применению на территории Российской Федерации.

Таким образом, проблема поиска новых и совершенствование уже существующих подходов к лечению острой артериальной непроходимости нижних конечностей у пациентов с тяжелым течением COVID-19 остается актуальной и на сегодняшний день. Кроме того, небезинтересным было бы изучение клинических и клиничко-лабораторных характеристик у таких больных. И, если вопросам лечения острого тромбоза бедренно-подколенного сегмента у больных с COVID-19 посвящено достаточно большое количество публикаций [7,18,51], то проблема острого тромбоза на уровне голеностопного сегмента в мировой литературе практически не освещена.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Снявин Г.В., Винокуров И.А., Мнацаканян Г.В., Белов Ю.В. Эпидемиология и патогенез острой ишемии нижних конечностей. Обзор. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2019; 12 (4):291–295.
2. Korabathina R, Weintraub AR, Price LL, Kapur NK, Kimmelstiel CD, Iafrati MD, et al. Twenty-year analysis of trends in the incidence and in-hospital mortality for lower-extremity arterial thromboembolism. *Circulation* 2013;128:115–21.
3. Björck M, Earnshaw JJ, Acosta S, Bastos Gonçalves F, Cochenec F, Debus ES, et al. European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2020 Clinical Practice Guidelines on the Management of Acute Limb Ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2020; 59:173–218.
4. Grip O, Wanhainen A, Acosta S, Björck M. Long-term outcome after thrombolysis for acute lower limb ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2017;53:853–61.
5. Joly BS, Siguret V, Veyradier A. Understanding pathophysiology of hemostasis disorders in critically ill patients with COVID-19. *Intensive Care Med* 2020;46:1603–6.
6. Baccellieri D, Bilman V, Apruzzi L, Monaco F, D'Angelo A, Loschi D, et al. A case of COVID-19 patient with acute limb ischemia and heparin resistance. *Ann Vasc Surg* 2020;68–88.
7. Bellosta R, Luzzani L, Natalini G, Pegorer MA, Attisani L, Cossu LG, et al. Acute limb ischemia in patients with COVID-19 pneumonia. *J Vasc Surg.* 2020;72 (6):1864–72.
8. Jongkind V, Earnshaw JJ, Bastos GF, Cochenec F, Debus ES, Hincliffe R. et al. Update of the European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2020 clinical practice guidelines on the management of acute limb ischaemia in light of the COVID-19 pandemic, based on a scoping review of the literature. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2022;63:80–89.
9. Неъматзода О, Гаилов АД, Калмыков ЕЛ, Баратов АК. COVID-19-ассоциированный артериальный тромбоз Вестник Авиценны. 2021;23 (1):85–94.
10. Fournier M, Faille D, Dossier A, Mageau A, Nicaise Roland P, Ajzenberg N, et al. Arterial thrombotic events in adult inpatients with COVID-19. *Mayo.*
11. Ilonzo N, Rao A, Safir S, R, et al. Acute limb ischemia in a Peruvian cohort infected by COVID-19. *Ann Vasc Surg* 2021;72:196–204.
12. Ilonzo N, Rao A, Safir S, et al. Acute thrombotic manifestations of coronavirus disease 2019 infection: experience at a large New York City health care system. *J Vasc Surg* 2021;73:789–96.
13. Joly BS, Siguret V, Veyradier A. Understanding pathophysiology of hemostasis disorders in critically ill patients with COVID-19. *Intensive Care Med* 2020;46:1603–6.
14. Ouriel K, Veith FJ, Sasahara AA. A comparison of recombinant urokinase with vascular surgery as initial treatment for acute arterial occlusion of the legs. Thrombolysis or Peripheral Arterial Surgery (TOPAS) Investigators. *N Engl J Med* 1998;338: 1105–11.

15. Davis FM, Albright J, Gallagher KA, Gurm HS, Koenig GC, Schreiber T, et al. Early outcomes following endovascular, open surgical, and hybrid revascularization for lower extremity acute limb ischemia. *Ann Vasc Surg* 2018;51:106–12.
16. Кутько Е.А. Сравнительный анализ эндоваскулярных методов лечения острой ишемии нижней конечности // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2019. Т. 27, № 2. С. 258–273.
17. Gerhard-Herman M.D., Gornik H.L., Barrett C., Barshes N.R., Corriere M.A., Drachman D.E., Fleisher L.A., Fowkes F.G.R., Hamburg N.M., Kinlay S., et al. 2016 AHA/ACC Guideline on the Management of Patients with Lower Extremity Peripheral Artery Disease: Executive Summary A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2017;135: E686–E725.
18. Björck M, Earnshaw JJ, Acosta S, Bastos Gonçalves F, Cochennec F, Debus ES, et al. European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2020 Clinical Practice Guidelines on the Management of Acute Limb Ischaemia. *EurJVascEndovascSurg* 2020; 59:173–218.
19. Patel N.H., Krishnamurthy V.N., Kim S., et al. Quality improvement guidelines for percutaneous management of acute lower-extremity ischemia // *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2013. Vol. 24, № 1. P. 3–15.
20. Comerota AJ, Weaver FA, Hosking JD, Froehlich J, Folander H, Sussman B, et al. Results of a prospective, randomized trial of surgery versus thrombolysis for occluded lower extremity bypass grafts. *Am J Surg* 1996;172:105–12.
21. Ouriel K, Veith FJ. Acute lower limb ischemia: determinants of outcome. *Surgery* 1998;124:336–41.
22. Ebben HP, Jongkind V, Wisselink W, Hoksbergen AWJ, Yeung KK. Catheter directed thrombolysis protocols for peripheral arterial occlusions: a systematic review. *Eur J VascEndovascSurg* 2019;57:667–75.
23. Kashyap VS, Gilani R, Bena JF, Bannazadeh M, Sarac TP. Endovascular therapy for acute limb ischemia. *J Vasc Surg* 2011;53:340–6.
24. Taha AG, Byrne RM, Avgerinos ED, Marone LK, Makaroun MS, Chaer RA. Comparative effectiveness of endovascular versus surgical revascularization for acute lower extremity ischemia. *J Vasc Surg* 2015;61:147–54.
25. Vakhitov D, Suominen V, Korhonen J, Oksala N, Salenius JP. Independent factors predicting early lower limb intra-arterial thrombolysis failure. *Ann Vasc Surg* 2014;28:164–9.
26. Acosta S, Kuoppala M. Update on intra-arterial thrombolysis in patients with lower limb ischemia. *J Cardiovasc Surg* 2015;56: 317–24.
27. Grip O, Kuoppala M, Acosta S, Wanhainen A, Akeson J, Björck M. Outcome and complications after intra-arterial thrombolysis for lower limb ischaemia with or without continuous heparin infusion. *Br J Surg* 2014;101:1105–12.
28. Grip O, Wanhainen A, Michaelsson K, Lindhagen L, Björck M. Open or endovascular revascularization in the treatment of acute lower limb ischaemia. *Br J Surg* 2018;105:1598–606.
29. Grip O, Wanhainen A, Acosta S, Björck M. Long-term outcome after thrombolysis for acute lower limb ischaemia. *Eur J VascEndovasc Surg* 2017;53:853–61.
30. Braithwaite BD, Buckenham TM, Galland RB, Heather BP, Earnshaw JJ. Prospective randomized trial of high-dose bolus versus low-dose tissue plasminogen activator infusion in the management of acute limb ischaemia. Thrombolysis Study Group. *Br J Surg* 1997;84:646–50.
31. Казаков Ю.И., Казаков А.Ю., Нефедов В.И., Герасин А.Ю., Докшонов Г.Р., Керимханов Р.О., Страхов М.А. Хирургическая тактика ведения пациентов с острой артериальной ишемией нижних конечностей на фоне атеросклеротического поражения артерий // Наука молодых (EruditioJuvanium). 2019. Т. 7, № 1. С. 86–92.
32. Doornik D.E., Schrijver A.M., Zeebregts C.J., et al. Advancements in Catheter-Directed Ultrasound Accelerated Thrombolysis // *Journal of Endovascular Therapy*. 2011. Vol. 18, № 3. P. 418–434.
33. Motarjeme A. Ultrasound-enhanced thrombolysis. *J EndovascTher* 2007;14:251–6.
34. Wissgott C, Richter A, Kamusella P, Steinkamp HJ. Treatment of critical limb ischemia using ultrasound-enhanced thrombolysis (PARES Trial): final results. *J EndovascTher* 2007;14:438–43.
35. Kasirajan K, Gray B, Beavers FP, Clair HJ. Adjunctive techniques in percutaneous mechanical thrombectomy. *Tech VascIntervRadiol* 2003;6:6–13.
36. Kasirajan K, Gray B, Beavers FP, Clair DG, Greenberg R, Mascha E, et al. Rheolytic thrombectomy in the management of acute and subacute limb-threatening ischemia. *J VascIntervRadiol* 2001;12:413–21.
37. Wagner HJ, Starck EE. Acute embolic occlusions of the infrainguinal arteries: percutaneous aspiration embolectomy in 102 patients. *Radiology* 1992;182:403–7.
38. Kwok CHR, Fleming S, Chan KKC, Tibballs J, Samuelson S, Ferguson J, et al. Aspiration thrombectomy versus conventional catheter-directed thrombolysis as first-line treatment for noniatrogenic acute lower limb ischemia. *J VascIntervRadiol* 2018;29:607–13.
39. Katsargyris A, Ritter W, Pedraza M, Moehner B, Bruck M, Verhoeven EL. Percutaneous endovascular thrombosuction for acute lower limb ischemia: a 5-year single center experience. *J Cardiovasc Surg* 2015;56:375–81.
40. Bellosta R, Luzzani L, Natalini G, Pegorer MA, Attisani L, Cossu LG, et al. Acute limb ischemia in patients with COVID-19 pneumonia. *J Vasc Surg*. 2020;72(6):1864–72.
41. Cleveland TJ, Cumberland DC, Gaines PA. Percutaneous aspiration thromboembolectomy to manage the embolic complications of angioplasty and as an adjunct to thrombolysis. *ClinRadiol* 1994; 49:549–52.
42. Saxon RR, Benenati JF, Teigen C, Adams GL, Sewall LE. Utility of a power aspiration-based extraction technique as an initial and secondary approach in the treatment of peripheral arterial thromboembolism: results of the multicenter PRISM trial. *J VascIntervRadiol* 2018;29:92–100.
43. Baumann F., Sharpe E. III, Pena C., et al. Technical results of vacuum-assisted thrombectomy for arterial clot removal in patients with acute limb ischemia // *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2016. Vol. 27. P. 330–335.
44. Yamada R, Adams J, Guimaraes M, Schonholz C. Advantages to Indigo mechanical thrombectomy for ALL: device and technique. *J Cardiovasc Surg* 2015;56:393–400.

45. Adams G.L. Final results of the PRISM trial for novel aspiration thrombectomy in treatment of peripheral and visceral arterial occlusions. In: Archive Leipzig Interventional Course. Vol. 26–29. Jan 2016; Leipzig, Germany.
46. Byrne RM, Taha AG, Avgerinos E, Marone LK, Makaroun MS, Chaer RA. Contemporary outcomes of endovascular interventions for acute limb ischemia. *J Vasc Surg* 2014; 59:988–95.
47. Allie D.E., Hebert C.J., Lirtzman M.D., et al. Novel simultaneous combination chemical thrombolysis/rheolytic thrombectomy therapy for acute critical limb ischemia: the power pulse-spray technique // *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2004. Vol. 63, № 4. P. 512–522.
48. Leung D.A., Blitz L.R., Nelson T., et al. RheolyticPharmacomechanical Thrombectomy for the Management of Acute Limb Ischemia: Results From the PEARL Registry // *Journal of Endovascular Therapy*. 2015. Vol. 22, № 4. P. 546–557.
49. Lichtenberg M., Stahlhoff F.W., Boese D. Endovascular treatment of acute limb ischemia and proximal deep vein thrombosis using rotational thrombectomy: a review of published literature // *Cardiovascular Revascularization Medicine*. 2013. Vol. 14, № 6. P. 343–348.
50. Freitas B, Steiner S, Bausback Y, Branzan D, Ulrich M, Braunlich S, et al. Rotarex mechanical debulking in acute and subacute arterial lesions. *Angiology* 2017; 68:233–41.
51. Capuano A, Rossi F, Paolisso G. Covid-19 kills more men than women: an overview of possible reasons. *Front Cardiovasc Med* 2020;7:131.

---

© Шукуров Иномжон Хайрулло Угли ( krepteks@mail.ru ),

Джуракулов Шухрат Рахманович ( dzhurakulov.1982@mail.ru ), Ступин Виктор Александрович ( stvictor@bk.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»