

Концепция дистального гибридного вмешательства при атеросклеротическом поражении артерий нижних конечностей

DOI: 10.34687/2219-8202.JAD.2023.03.0005

© А.А. Кучай^{1,3}, А.Н. Липин^{1,2}, П.С. Курьянов⁴, Н.Н. Груздев¹, К.А. Ахмадзас¹, Н.Р. Карелина³, Л.Ю. Артюх³

¹ Городской центр спасения конечностей, СПб ГУЗ ГБ №14, г. Санкт-Петербург

² Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург

³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, г. Санкт-Петербург

⁴ Городской центр диабетической стопы и хирургической инфекции, СПб ГБУЗ Городская больница Святого Великомученика Георгия, г. Санкт-Петербург

Аннотация

Оперативное лечение критической ишемии нижних конечностей, вызванной окклюзией поверхностной бедренной артерии при ее атеросклеротическом поражении, остается проблемой в современной сосудистой хирургии. После открытых реконструктивных операций возникает существенный риск тромбозов и инфекционных осложнений. При интервенционных оперативных вмешательствах сложно получить хорошие результаты при множественных и протяженных окклюдующих поражениях.

В связи с этим ведется поиск новых подходов к оперативному лечению атеросклеротического поражения нижних конечностей. В статье предлагается концепция применения дистального гибрида, как универсального решения клинических случаев с различными морфологиями критической ишемии нижних конечностей. Доказательной базой послужили множественные научные публикации по данной тематике, а также исследования, выполненные на базе городского центра спасения конечностей ГБ №14. Выполнен сравнительный анализ немедленных и отсроченных результатов операций согласно концепции дистального гибрида с другими методами.

Цель. Улучшить результаты реваскуляризации нижней конечности при протяженной окклюзии поверхностной бедренной артерии (ПБА) в сочетании с поражением артерий оттока.

Материал и методы. В исследование включены пациенты с хронической ишемией, угрожающей потерей конечности (ХИУПК), с протяженной (>20 см) окклюзией артерий бедренно-подколенного сегмента и сильным поражением каналов оттока (хроническая артериальная недостаточность 4 ст.). 1-я группа пациентов (n=40, возраст 68,9±7,9 года, 75,0% – мужчины): провели гибридные вмешательства (аутовенозное бедренно-подколенное шунтирование с эндоваскулярной реверсивной коррекцией пути), 2-я группа пациентов (n=35, возраст 64,17±11,2 года, 80,0% – мужчины): провели аутовенозное бедренно-большеберцовое шунтирование (БТШ).

Результаты. Частота ангиосомной реваскуляризации в группах дистального гибридного вмешательства (ДГВ) и БТШ составляла 90,0% и 69,2% соответственно. Группы не различались по частоте предоперационных осложнений и послеоперационных койко-дней. Через 1 год группы ДГВ и БТШ не отличались друг от друга с точки зрения общей выживаемости (87,1% и 82,5%), сохранности конечностей (73,7% и 74,9%), свободы от повторных реваскуляризаций (96,0% и 82,0%) и коэффициента лечения трофических дефектов (88,2% и 80,0%). Первичное отцовство шунта после 1 года составляло 80,8 % в группе ДГВ и 53,2 % в группе БТШ.

Вывод. Наиболее эффективным подходом к полной реабилитации является гибридный метод реваскуляризации ХИУПК. Высокая эффективность метода определяется мультимодальным подходом с кумуляцией преимуществ открытых и эндоваскулярных методов.

Ключевые слова: атеросклероз, критическая ишемия нижних конечностей, бедренно-тибиальное шунтирование, реваскуляризация, окклюзия, ангиопластика, гибридная операция.

Для цитирования: Кучай Аршад Ахмад – ORCID 0000–0002–7974–9369; Липин Александр Николаевич – ORCID 0000–0002–8347–8821; Курьянов Павел Сергеевич – ORCID 0000–0001–5844–2547; Груздев Никита Николаевич – ORCID 0009–0006–7595–1101; Атмадзас Кирилл Александрович – ORCID 0009–0000–0226–8463; Карелина Наталья Рафаиловна – ORCID 0000–0001–9409–8819; Артюх Линард Юрьевич – ORCID 0000–0001–6306–2661. Концепция дистального гибридного вмешательства при атеросклеротическом поражении артерий нижних конечностей. Атеросклероз и дислипидемии. 2023;3(52):37–43. DOI: 10.34687/2219–8202.JAD.2023.03.0005.

The hybrid surgery concepts for atherosclerotic lesions of lower limb arteries

A. A. Kuchay^{1,3}, A.N. Lipin^{1,2}, P.S. Kurianov⁴, N.N. Gruzdev¹, K.A. Atmatzas¹, N.R. Karelina³, L.Y. Artyukh³

¹Limb salvage center. Saint Petersburg City Hospital № 14, Saint-Petersburg, Russia.

²S. M. Kirov Military Medical Academy, Saint-Petersburg, Russia.

³Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russia.

⁴Center on Diabetic Foot and Surgical Infection, St.-George's Hospital. Saint-Petersburg, Russia.

Abstract

Surgical treatment of critical lower limb ischemia which is caused by occlusion of the superficial femoral artery at its atherosclerotic lesion remains a problem in modern vascular surgery. After open reconstructive interventions, there is always a significant risk of thrombosis and infectious complications. In interventional surgery, it is difficult to obtain good results in multiple and prolonged occlusive lesions.

In this regard, new approaches to the operative treatment of atherosclerotic lesion of lower extremities are being sought. The article offers the concept of the application of distal hybrid as a universal solution of clinical cases with different morphologies of critical lower limb ischemia. The evidence was provided by numerous scientific publications on the subject, as well as studies based on the Municipal hospital № 14, City Limb Salvage Center Saint Petersburg. The analysis of immediate and delayed results of interventions according to the concept of distal hybrid with other methods was performed.

Abstract. The study assessed the outcome of hybrid interventions done in patients with long chronic total occlusions (CTO) of the superficial femoral artery (SFA), patent proximal popliteal artery and extensive crural runoff disease. A series of conventional femoral tibial bypasses was used as historic control.

Aim. To improve the results of lower limb revascularization for extended SFA occlusion combined with tibial artery lesions.

Methods. The study included patients with CLTI (CHD 4), with a long (>20 cm) occlusion of the femoral-popliteal segment arteries and a severe lesion of the outflow channels. 1st group of patients (n-40, age 68.9 7.9, of which 75.0% are men) performed hybrid interventions (autologous femoral-popliteal bypass with endovascular reversal correction of the pathway), 2nd (n-35, age 64.17.2 years; 80.0% of men) – autologous femoral-tibial bypass (FTB).

Results. The incidence of angiosomal revascularization in the distal hybrid (DH) and FTB groups was 90.0% and 69.2%, respectively. The groups did not differ in the incidence of perioperative complications and postoperative bed days. After 1 year, the DH and FTB groups did not differ in terms of overall survival (87.1% and 82.5%), limb preservation (73.7% and 74.9%), freedom from repeat revascularizations (96.0% and 82.0%), and the rate of trophic defect healing (88.2% and 80.0%). The primary patency of the shunt after 1 year was 80.8% in the DH group and 53.2% in the FTB group.

Conclusion. The most effective approach leading to complete rehabilitation is hybrid method of CLTI revascularization. High efficiency of the technique is determined by multimodal approach with cumulation of advantages of open and endovascular methods.

Keywords: atherosclerosis, critical limb ischemia, femoral-tibial bypass, revascularization, occlusion, angioplasty, hybrid approach.

For citation: Kuchai Arshed Ahmad – ORCID 0000-0002-7974-9369; Lipin Alexander Nikolaevich – ORCID 0000-0002-8347-8821; Kuryanov Pavel Sergeevich – ORCID 0000-0001-5844-2547; Gruzdev Nikita Nikolaevich – ORCID 0009-0006-7595-1101; Atmadzas Kirill Alexandrovich – ORCID 0009-0000-0226-8463; Karelina Natalya Rafailovna – ORCID 0000-0001-9409-8819; Artyukh Linard – ORCID 0000-0001-6306-2661. The hybrid surgery concepts for atherosclerotic lesions of lower limb arteries Atherosclerosis and dyslipidemias. 2023;3(52):37–43. DOI: 10.34687/2219-8202.JAD.2023.03.0005.

Received/Поступила: 26.03.2023

Review received/Рецензия получена: 24.04.2023

Accepted/Принята в печать: 22.05.2023

Введение

Гемодинамически значимые поражения поверхностной бедренной артерии (ПБА) регистрируются более чем у половины пациентов с критической ишемией нижних конечностей (КИНК), вызванной облитерирующим атеросклерозом [1–4]. Эти поражения часто представлены протяженной окклюзией ПБА [3–5] и у значительной доли больных сочетаются с тяжелыми стеноокклюдизирующими изменениями артерий голени [2–7] и коронарного русла. Известно, что протяженная окклюзия ПБА (свыше 20 см) в сочетании с распространенными изменениями путей оттока негативно сказывается на отдаленных результатах эндоваскулярной коррекции этого артериального сегмента [8, 9]. В связи с этим предпочтительным способом реваскуляризации при протяженных окклюзиях ПБА и многоуровневом поражении инфраингвинального сегмента остается аутовенозное шунтирование [9]. В то же время, по данным крупных исследований, при создании дистального анастомоза к тиббиальным артериям (по сравнению с бедренно-подколенным шунтированием) возрастает риск ранних осложнений, таких как тромбоз шунта и высокая ампутация конечности [10], а у 30–40% пациентов даже после проведения подобной операции кровотока в конечности не восстанавливается до предполагаемого уровня. На уровне тиббиального сегмента эндоваскулярная коррекция стеноокклюдизирующих поражений обеспечивает высокий показатель сохранения конечности в отдаленном периоде, что не всегда коррелирует с сохранением кровотока [11]. Сочетание преимуществ и недостатков открытого и внутрисосудистого способов реконструкции при многоуровневом поражении инфраингвинального сегмента создает предпосылки для гибридной реваскуляризации конечности.

Цель

Улучшить результаты реваскуляризации нижней конечности при протяженной окклюзии ПБА в сочетании с поражением артерий голени.

Материалы и методы

На протяжении многих лет открытая хирургия считалась золотым стандартом лечения пациентов с клинической картиной КИНК. С появлением эндоваскулярной хирургии эти два метода постоянно противопоставлялись друг другу. Но в последнее время все чаще появляются сообщения о стремлении найти наилучшие варианты лечения больных с КИНК, что привело к слиянию данных направлений [12, 13].

В случае многоуровневого поражения артерий нижних конечностей чаще стали выполнять сочетанные операции, заключающиеся в одномоментном использовании открытых артериальных реконструктивных операций с эндоваскулярными процедурами (стентирование, баллонная ангиопластика и др.).

Впервые данные о применении открытой и эндоваскулярной хирургии у больного с критической ишемией нижних конечностей опубликованы в 1973 г. J. Porter, который сообщил о баллонной ангиопластике подвздошной артерии с одновременным бедренно-бедренным перекрестным шунтированием.

В настоящее время операции по концепции дистального гибридного вмешательства (ДГВ) – это перспективное направление в лечении КИНК. В зарубежных клиниках от 5 до 21% всех операций на артериальных сосудах нижних конечностей проводят именно гибридным методом.

Технический успех гибридных вмешательств в лечении больных с КИНК составляет 90–100%. Однако отдаленные результаты отличны у разных авторов. Одни говорят, что отдаленные результаты таких операций не уступают результатам эндоваскулярных и открытых реконструкций [8]. Другие, напротив, утверждают, что в отдаленном периоде наблюдается большое число тромбозов зон реконструкций [10]. Имеется мнение, что при сочетании эндоваскулярной и «открытой» методик у одного пациента риск рестенозов и окклюзий реконструкции в отдаленном послеоперационном периоде гораздо выше, чем после выполнения стандартной открытой операции.

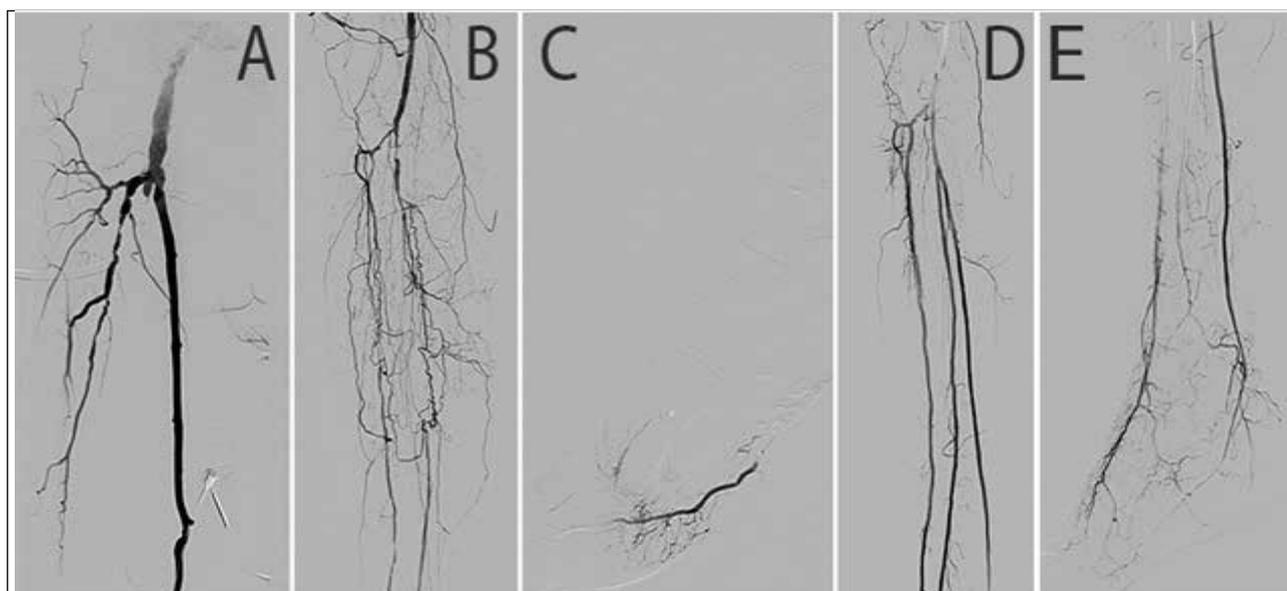
Гибридную операцию следует применять у пациентов с повышенным операционным риском, с тяжелой сопутствующей патологией при многоуровневом атеросклеротическом поражении [14], однако следует иметь в виду, что наличие IV стадии ишемии конечности, сахарного диабета и хронической почечной недостаточности (ХПН) может негативно влиять на отдаленную проходимость зон реконструкций [15–17].

В наше одноцентровое исследование были включены 75 пациентов. Критериями включения служили: КИНК (хроническая артериальная недостаточность 4 ст.) с протяженной (>20 см) окклюзией артерий бедренно-подколенного сегмента [14] и тяжелым поражением путей оттока [10]. Исследование было одобрено этическим комитетом при Санкт-Петербургском государственном педиатрическом медицинском университете, протокол №2/10 от 10 февраля 2020 г. Все пациенты перед включением в исследование подписывали информированное согласие. Одной группе больных выполняли гибридные вмешательства (аутовенозное бедренно-подколенное шунтирование (БПШ) с эндоваскулярной коррекцией путей оттока – «дистальный гибрид») (рис. 1), другой – только аутовенозное бедренно-тибиальное шунтирование (БТШ). В обеих группах оценивали клинические характеристики пациентов (табл. 1), технические особенности выполненных вмешательств, непосредственные результаты: ангиографический

успех, частоту ангиосомной реваскуляризации стопы, периоперационные осложнения (табл. 2) и послеоперационный койко-день, и отдаленные результаты: общую выживаемость, сохранение конечности, первичную проходимость шунта, свободу от повторных реваскуляризаций и частоту заживления трофических дефектов через 12 месяцев [18, 19].

Операция согласно концепции дистального гибрида проводится в 2 этапа. На первом проводится шунтирование бедренной артерии [15–17], а на втором – чрескожная реканализация и баллонная ангиопластика артерий голени. Первый (открытый) этап проводится под спинальной анестезией и заключается в создании БПШ или БТШ с одной из артерий голени. В качестве кондукта использовались большие подкожные вены. На этом операция может закончиться или сразу перейти во второй этап. Это зависело от клинических характеристик больного и степени выраженности трофических изменений. Второй (эндоваскулярный) этап заключается в реканализации и баллонной ангиопластике артерий голени. В случае немедленного второго этапа сосудистое вмешательство производится через шунт после ушивания [8], при разобщении этапов осуществляется антеградный или контралатеральный бедренный доступ. По завершении этапа проводят триплексное исследование сосудов с оценкой остаточного стеноза.

Рисунок 1. Пример симультанного дистального гибридного вмешательства, выполненного пациенту 64 лет с КИНК и глубокими трофическими изменениями в бассейне латеральной плантарной артерии



Примечания: (А) Интродьюсер 6F установлен антеградно через боковую ветвь функционирующего БПШ; (В) селективная прямая ангиография артерий подколенно-тибиального сегмента, выполненная через интродьюсер: окклюзия всех трех артерий голени; (С) этап реканализации задней большеберцовой артерии: инъекция контрастного вещества в латеральную плантарную артерию через просвет баллонного катетера; (D) окончательный результат эндоваскулярного вмешательства: все три артерии голени функционируют; (E) прямая ангиосомная реваскуляризация стопы.

Таблица 1. Исходные клинические характеристики пациентов

	ДГВ (n=40)	БТШ (n=35)	p
Возраст, годы	68,9 ± 7,9	64,17 ± 11,2	0,059
Мужчины	30 (75,0)	28 (80,0)	0,783
Артериальная гипертензия	37 (92,5)	33 (94,3)	1,000
Гиперлипидемия	22 (55,0)	20 (57,1)	1,000
ИБС	38 (95,0)	33 (94,3)	1,000
ОИМ в анамнезе	15 (37,5)	9 (25,7)	0,632
СД	19 (47,5)	10 (28,6)	0,104
Курение	22 (55,0)	20 (57,1)	1,000
ХБП	1 (2,5)	1 (2,9)	1,000
ОНМК в анамнезе	7 (17,5)	5 (14,2)	0,762
Трофический дефект			
Поверхностный	18 (45)	19 (54,3)	0,491
Глубокий	22 (55)	16 (45,7)	
Пораженная ангиосома			
ЗББА	34 (85,0)	30 (85,7)	1,000
АТС	9 (22,5)	8 (22,9)	1,000
Малоберцовая артерия	3 (7,5)	2 (5,7)	1,000

Примечания: ДГВ – дистальное гибридное вмешательство; БТШ – бедренно-тибиальное шунтирование; ИБС – ишемическая болезнь сердца; ОИМ – острый инфаркт миокарда; СД – сахарный диабет; ХБП – хроническая болезнь почек; ЗББА – задняя большеберцовая артерия; АТС – артерия тыла стопы.

Таблица 2. Непосредственные (30-дневные) результаты и осложнения у пациентов после ДГВ и БТШ

	ДГВ (n=40)	БТШ (n=35)	p
Смерть, n (%)	1 (2,5)	2 (5,7)	0,596
Высокая ампутация конечности, n (%)	1 (2,5)	1 (2,9)	1,000
Тромбоз шунта, n (%)	1 (2,5)	5 (14,3)	0,092
Тромбоз артерии голени после БАП, n (%)	1 (2,5)	N/A	–
Осложнения в зоне эндоваскулярного доступа, n (%)	1 (2,5)	N/A	–
Послеоперационный койко-день	23 (1–68)	17 (1–67)	0,165

Примечания: ДГВ – дистальное гибридное вмешательство; БТШ – бедренно-тибиальное шунтирование.

Результаты

Дистальные гибридные вмешательства выполнены 40 пациентам (средний возраст 68,9±7,9 года; 75,0% мужчин), БТШ – 35 пациентам (средний возраст 64,17±11,2 года; 80,0% мужчин). По данным предоперационной ангиографии в группе ДГВ у большинства пациентов (65,0%) имела место протяженная окклюзия ПБА в сочетании с доступной шунтированию подколенной артерией (ПКА)

и окклюзией всех трех артерий голени, у части выявлена окклюзия 3 сегмента ПКА при проходимых 1 и 2 сегментах (22,5%), у 12,5% больных – проходима ПКА и стенозированная малоберцовая артерия как единственный путь оттока. В группе ДГВ эндоваскулярная коррекция путей оттока после аутовенозного БПШ выполнялась либо в тот же день, либо спустя 2–10 дней после открытой реконструкции. У пациентов в группе БТШ чаще всего находили окклюзии ПБА или ПКА. Во время

операции дистальный анастомоз всегда формировали с одной артерией голени. Частота ангиосомной реваскуляризации в группах ДГВ и БТШ составила 90,0 и 69,2% соответственно. Группы не различались по частоте периоперационных осложнений и послеоперационному койко-дню. Через 12 месяцев группы ДГВ и БТШ не различались по показателям общей выживаемости (87,1 и 82,5%), сохранению конечности (73,7 и 74,9%), свободе от повторных реваскуляризаций (96,0 и 82,0%) и частоте заживления трофического дефекта (88,2 и 80,0%). Первичная проходимость шунта через 12 месяцев составила 80,8% в группе ДГВ и 53,2% в группе БТШ ($p = 0,041$).

В отдаленных результатах выживаемость без ампутации, первичная проходимость шунта и первичная проходимость артерий оттока после БАП/стентирования через 1 год составили соответственно 82,1% (95% ДИ: 66,8–97,4); 77,7% (95% ДИ: 61,7–93,7); 31,8% (95% ДИ: 22,5–41,1). Через 2 года – 75% (95% ДИ: 66,3–83,7); 58% (95% ДИ: 48,1–67,9); 25% (95% ДИ: 16,3–33,7).

В группе сравнения (бедренно-тибиальное шунтирование) ранняя летальность, частота раннего тромбоза шунта, выживаемость без ампутации и первичная проходимость шунта через 1 год составили соответственно 4,3% (95% ДИ: 0–8,3); 13% (95% ДИ: 6,1–19,9); 69,6% (95% ДИ: 56,0–83,1); 57,1% (95% ДИ: 42,9–71,3). Таким образом, по всем показателям имелись статистически недостоверные различия в пользу гибридного подхода.

Обсуждение и выводы

Суммируя данные об отдельных преимуществах и недостатках различных хирургических методов лечения КИНК, можно прийти к выводу, что наиболее эффективным, современным безопасным методом лечения у больных с повышенным

операционным риском является именно гибридный метод, сочетающий открытую артериальную реконструкцию с эндоваскулярными манипуляциями, который имеет высокий потенциал к полной реабилитации пациентов. Гибридные вмешательства представляются нам особенно обоснованными у пациентов с протяженной (>20 см) окклюзией ПБА в сочетании со значимым стеноокклюзирующим поражением артерий голени.

Дистальные гибридные вмешательства – это эффективная стратегия реваскуляризации у пациентов с КИНК при протяженной окклюзии ПБА в сочетании с функционирующей подколенной артерией и тяжелым поражением путей оттока. По сравнению с бедренно-тибиальным шунтированием, гибридные вмешательства обеспечивали более высокую первичную проходимость шунта при сопоставимых показателях сохранения конечности, выживаемости и заживления трофического дефекта. При этом, несмотря на распространенные окклюзирующие изменения путей оттока, риск раннего тромбоза шунта при гибридных вмешательствах был небольшим. Для получения более детальных данных о возможных преимуществах такого подхода к реваскуляризации необходимы дальнейшие проспективные рандомизированные исследования.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

1. Walden R, Adar R, Rubinstein ZJ, Bass A. Distribution and symmetry of arteriosclerotic lesions of the lower extremities: an arteriographic study of 200 limbs. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 1985;8(4):180-182. doi: 10.1007/BF02552893.
2. Narula N, Dannenberg AJ, Olin JW, Bhatt DL, Johnson KW. Pathology of peripheral artery disease in patients with critical limb ischemia. *J Am Coll Cardiol.* 2018;72(18):2152-2163. doi: 10.1016/j.jacc.2018.08.002.
3. Chung J, Modrall JG, Knowles M, Xiang O, Lavery LA, Timaran CH. Arteriographic patterns of atherosclerosis and the association between diabetes mellitus and ethnicity in chronic critical limb ischemia. *Ann Vasc Surg.* 2017;40:198-205. doi: 10.1016/j.avsg.2016.11.003.
4. Rueda CA, Nebler MR, Perry DJ, McLafferty RB, Casserly IP. Patterns of artery disease in 450 patients undergoing revascularization for critical limb ischemia: implications for clinical trial design. *J Vasc Surg.* 2008;47(5):995-999. doi: 10.1016/j.jvs.2007.11.055.
5. Bradbury AW, Adam DJ, Bell J, Forbes JF. Bypass versus Angioplasty in Severe Ischaemia of the Leg (BASIL) trial: A description of the severity and extent of disease using the Bollinger angiogram scoring method and the TransAtlantic Inter-Society Consensus II classification. *J Vasc Surg.* 2010;51(5 Suppl):32S-42S. doi: 10.1016/j.jvs.2010.01.075.

6. Blair JM, Gewertz BL, Moosa H, Lu CT. Percutaneous transluminal angioplasty versus surgery for limb-threatening ischemia. *J Vasc Surg.* 1989;9(5):698-703. doi: 10.1067/mva.1989.v9i050698.
7. Palena LM, Diaz-Sandoval LJ, Sultato E, Brigato C, Alessandro Candeo RT. Feasibility and 1-year outcomes of subintimal revascularization with Supera® stenting of long femoropopliteal occlusions in critical limb ischemia: the “Supersub” study. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2017;89(5):910-920. doi: 10.1002/ccd.26863.
8. Davies MG, Saad WE, Peden EK, Mohiuddin IT, Naoum JJ, Lumsden AB. Impact of runoff on superficial femoral artery endoluminal interventions for rest pain and tissue loss. *J Vasc Surg.* 2008;48(3):619-625. doi: 10.1016/j.jvs.2008.04.013.
9. Ab Chong AK, Tan CB, Wong MW, Cheng FS. Bypass surgery or percutaneous transluminal angioplasty to treat critical lower limb ischaemia due to infrainguinal arterial occlusive disease? *Hong Kong Med J.* 2009;15(4):249-254.
10. Moxey PW, Hofman D, Hinchliffe RJ, Jones K, Thompson MM, Holt PJ. Trends and outcomes after surgical lower limb revascularization in England. *Br J Surg.* 2011;98(10):1373-1382. doi: 10.1002/bjs.7547.
11. Romiti M, Albers M, Brochado-Neto FC, Durazzo Anai ES. Meta-analysis of infrapopliteal angioplasty for chronic critical limb ischemia. *J Vasc Surg.* 2008;47(5):975-981. doi: 10.1016/j.jvs.2008.01.005.
12. Cotroneo AR, Iezzi R, Marano G, Fonio P. Hybrid therapy in patients with complex peripheral multifocal steno-obstructive vascular disease: two-year results. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2007;30:355-361. doi: 10.1007/s00270-005-0296-5.
13. Zhou M, Huang D, Liu C, Liu Z, Zhang M. Comparison of hybrid procedure and open surgical revascularization for multilevel infrainguinal arterial occlusive disease. *Clin Interv Aging.* 2014;9:1595-1603. doi: 10.2147/CIA.S66860.
14. Conte MS, Bradbury AW, Kolb P, White JV, Dick F, Fitridge R, et al. Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2019;58(1S):S1-S109.e33. doi: 10.1016/j.ejvs.2019.05.006.
15. Toursarkissian B, D'Ayala M, Stefanidis D, Shireman PK, Harrison A, Schoolfield J, Sykes MT. Angiographic scoring of vascular occlusive disease in the diabetic foot: relevance to bypass graft patency and limb salvage. *J Vasc Surg.* 2002;35(3):494-500. doi: 10.1067/mva.2002.120046.
16. Gruss JD, Heimer W. Results of femoropopliteal and femorotibial greater saphenous vein in situ bypass. Life table analysis. *Int Angiol.* 1992;11(2):94-105.
17. Heimer W, Uy J, Geissler C, Gruss JD. Femoropopliteal and femorotibial greater saphenous vein “in situ” reconstructions in nonselected patients. Life table analysis. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 1993;34(4):303-305.
18. Iida O, Takabara M, Soga Y, Yamauchi Y, Hirano K, Tazaki J, et al. Impact of angiosome-oriented revascularization on clinical outcomes in critical limb ischemia patients without concurrent wound infection and diabetes. *J Endovasc Ther.* 2014;21(5):607-615. doi: 10.1583/14-4692R.1.
19. Alexandrescu VA, Brochier S, Limbba A, Balthazar S, Kbelifa H, Azdad K, et al. Healing of diabetic neuroischemic foot wounds with vs without wound-targeted revascularization: preliminary observations from an 8-year prospective dual-center registry. *J Endovasc Ther.* 2020;27(1):20-30. doi: 10.1177/15266602819885131.
20. Mannick JA, Jackson BT, Coffman JD, Hume DM. Success of bypass vein grafts in patients with isolated popliteal artery segments. *Surgery.* 1967;61(1):17-25.
21. Kuchay AA, Lipin AN, Antropov AV, et al. Treatment of multilevel lesions of arteries in lower extremities in cases of CLTI. *Medical Alliance.* 2022;10(S3):187-189.