

Прогнозирование развития тромбоза бедренно-подколенного шунта в отдаленном периоде наблюдения

А.Б. Закеряев¹✉, Р.А. Виноградов^{1,2}, П.В. Сухоручкин¹, С.Р. Бутаев¹, Т.Э. Бахишев², А.И. Дербилов¹, Э.Р. Ураков¹, А.Г. Барышев^{1,2}, В.А. Порханов¹

Отделение сосудистой хирургии

¹ ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» МЗ Краснодарского края

Российская Федерация, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, д. 167

² ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» МЗ РФ

Российская Федерация, 350063, Краснодар, ул. М. Седина, д. 4

✉ Контактная информация: Закеряев Аслан Бубаевич, врач сердечно-сосудистый хирург отделения сосудистой хирургии ГБУЗ «НИИ–ККБ № 1 им. профессора С.В. Очаповского». Email: aslan.zakeryaev@gmail.com

ЦЕЛЬ

Разработка программы прогнозирования тромбоза шунта с последующей ампутацией конечности в отдаленном периоде после бедренно-подколенного шунтирования (БПШ).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В настоящее ретроспективное открытое сравнительное исследование за период с 10.01.2016 по 25.12.2019 год в ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края, Краснодар были включены 473 пациента, которым выполняли БПШ. В зависимости от вида шунта сформировано пять групп: 1-я группа ($n=266$) – реверсированная вена (большая подкожная вена (БПВ)); 2-я группа ($n=59$) – аутовена (БПВ), подготовленная *in situ*; 3-я группа ($n=66$) – аутовена (БПВ), подготовленная *ex situ*; 4-я группа ($n=9$) – синтетический протез (Jotec, Германия); 5-я группа ($n=73$) – вены верхней конечности (предплечье и плечо). Во всех наблюдениях по данным мультиспиральной компьютерной томографии с ангиографией было выявлено протяженное (25 см и более) атеросклеротическое окклюзионное поражение поверхностной бедренной артерии, соответствующее типу D согласно трансатлантическому консенсусу (TASC II). Отдаленный период наблюдения составил $16,6 \pm 10,3$ месяца.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В госпитальном послеоперационном периоде все осложнения развились в 1-й, 2-й, 3-й и 5-й группах. Тем не менее, значимых межгрупповых статистических различий выявлено не было. В отдаленном периоде наблюдения по частоте смертельного исхода (группа 1: 4,6%; группа 2: 1,7%; группа 3: 4,6%; группа 4: 0%; группа 5: 2,8%; $p=0,78$), инфаркта миокарда (группа 1: 1,9%; группа 2: 0%; группа 3: 1,5%; группа 4: 0%; группа 5: 0%; $p=0,62$), ишемического инсульта (группа 1: 0,8%; группа 2: 1,7%; группа 3: 1,5%; группа 4: 0%; группа 5: 0%; $p=0,8$) и тромбоза шунта (группа 1: 14,5%; группа 2: 19,3%; группа 3: 18,5%; группа 4: 44,4%; группа 5: 19,7%; $p=0,16$) значимых межгрупповых различий не выявлено. Однако наибольшее число ампутаций конечности (группа 1: 4,2%; группа 2: 5,3%; группа 3: 9,2%; группа 4: 22,2%; группа 5: 1,4%; $p=0,03$) и максимальный показатель комбинированной конечной точки (сумма всех осложнений) (группа 1: 26,0%; группа 2: 28,1%; группа 3: 35,4%; группа 4: 66,7%; группа 5: 23,9%; $p=0,05$) наблюдались после применения синтетического протеза.

С применением анализа «случайного леса» была создана модель и компьютерная программа, позволяющая в интерактивном режиме на основе клинико-anamnestических, демографических и периоперационных данных оценить риск (низкий, средний, высокий) развития тромбоза шунта с последующей ампутацией после БПШ в отдаленном периоде наблюдения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стратегия реваскуляризации пациентов с протяженным атеросклеротическим поражением бедренно-подколенного сегмента должна определяться персонализированно и только мультидисциплинарным консилиумом. Кондуитом выбора для бедренно-подколенного шунтирования является аутовенозный трансплантат. Синтетические протезы могут применяться только в отсутствии последнего. Для идентификации когорты больных с высоким риском тромбоза бедренно-подколенного шунта и ампутации конечности в отдаленном периоде наблюдения может применяться созданная программа стратификации риска развития данных осложнений. Прецизионная курация этих пациентов в послеоперационном периоде позволит вовремя предотвращать перечисленные неблагоприятные события.

Ключевые слова:

бедренно-подколенное шунтирование, реверсированная аутовена, аутовена *in situ*, аутовена *ex situ*, аутовена верхней конечности, синтетический протез, Jotec, стратификация риска, тромбоз шунта, ампутация

Ссылка для цитирования	Закеряев А.Б., Виноградов Р.А., Сухоручкин П.В., Бутаев С.Р., Бахишев Т.Э., Дербилов А.И. и др. Прогнозирование развития тромбоза бедренно-подколенного шунта в отдаленном периоде наблюдения. <i>Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь</i> . 2023;12(3):386–396. https://doi.org/10.23934/2223-9022-2023-12-3-386-396
Конфликт интересов	Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Благодарность, финансирование	Исследование не имеет спонсорской поддержки

БПВ — большая подкожная вена
 БПШ — бедренно-подколенное шунтирование
 ИМ — инфаркт миокарда
 МФА — мультифокальный атеросклероз
 ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения
 ПБА — поверхностная бедренная артерия
 ПИКС — постинфарктный кардиосклероз

СД — сахарный диабет
 ФК — функциональный класс
 ХИНК — хроническая ишемия нижних конечностей
 ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких
 ХПН — хроническая почечная недостаточность
 ХСН — хроническая сердечная недостаточность

ВВЕДЕНИЕ

Бедренно-подколенное шунтирование (БПШ) — операция выбора при наличии протяженного поражения бедренно-подколенного сегмента [1–3]. Весь арсенал аутовенозных, синтетических и биологических шунтов для реализации данного вида реконструкции позволяет в значительной степени достигать уверенного успеха реваскуляризации [4–6]. Однако эффективность хирургического лечения можно оценить, лишь проанализировав отдаленные исходы операций [1–5].

Длительное функционирование того или иного шунта позволяет сохранять трудоспособность и качество жизни каждого пациента [1–5]. Поэтому своевременная идентификация той когорты больных, которая находится в зоне риска дисфункции шунта, является крайне актуальной проблемой. В связи с этим необходимо отметить, что на сегодня не существует методов, способных решить эту задачу [1–3]. Один из вариантов, который был предложен Н.Н. Бурковым и соавт. показал высокую эффективность в прогнозировании окклюзии шунта [7]. Метод основывался на расчете вероятности развития данного события при помощи специальной программной поддержки принятия решений [7]. Однако отсутствие возможности в рутинном применении данной разработки было обусловлено необходимостью внесения информации о хромосомальном спектре определенных наследственных параллелей из генетического паспорта пациента [7]. Данный анализ является дорогостоящим и не производится в рамках подготовки больных к БПШ [1–3, 7]. Таким образом, разработка нового метода прогнозирования дисфункции шунта, универсального для разных вариантов аутовенозных и синтетических кондуитов, является крайне актуальной задачей.

Целью настоящего исследования стала разработка программы прогнозирования тромбоза шунта с последующей ампутацией конечности в отдаленном периоде после БПШ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В настоящее ретроспективное открытое сравнительное исследование за период с 10.01.2016 по 25.12.2019 года в ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» (Краснодар) были включены 473 пациента, которым выполняли БПШ. В зависимости от вида шунта сформировано пять групп:

- 1-я группа ($n=266$) — реверсированная вена (большая подкожная вена (БПВ));
- 2-я группа ($n=59$) — аутовена (БПВ), подготовленная “*in situ*”;
- 3-я группа ($n=66$) — аутовена (БПВ), подготовленная “*ex situ*”;
- 4-я группа ($n=9$) — синтетический протез (*Jotec*, Германия);
- 5-я группа ($n=73$) — вены верхней конечности.

Для оценки тяжести поражения использовали следующие классификации: Фонтейна–Покровского (<https://racvs.ru/clinic/files/2016/Diseases-lower-limb-arteries.pdf>), WiFi (https://sudact.ru/law/klinicheskie-rekomendatsii-sakharnyi-diabet-1-tipa-u_1/prilozhenie-g/prilozhenie-g4/), Рутерфорд (<https://racvs.ru/clinic/files/2016/Diseases-lower-limb-arteries.pdf>).

Во всех случаях по данным мультиспиральной компьютерной томографии и (или) ангиографии было выявлено протяженное (25 см и более) атеросклеротическое окклюзионное поражение поверхностной бедренной артерии (ПБА), соответствующее типу D согласно трансатлантическому консенсусу (TASC II) [1–3].

Выбор способа реваскуляризации и вида шунта осуществлялся мультидисциплинарным консилиумом в составе сосудистого хирурга, эндоваскулярного хирурга, кардиолога, реаниматолога, анестезиолога.

БПВ “*ex situ*” подготавливалась следующим образом: выделяли БПВ от сафено-фemorального соустья в дистальном направлении на необходимую длину и извлекали из раны. Далее через проксимальный конец БПВ выполняли вальвулотомию. Затем вальвулотом удаляли и вводили металлическую канюлю. Через нее с помощью шприца в просвет БПВ нагнетали физиологический раствор комнатной температуры с нефракционированным гепарином, имитируя кровоток, и проверяли качество проведенной вальвулотомии. Проводили тщательную подготовку шунта с перевязкой ветвей и ушиванием дефектов стенки вены.

Критерии включения: наличие протяженного атеросклеротического окклюзионного поражения ПБА (25 см и более), отсутствие декомпенсированной коморбидной патологии (сахарный диабет — СД, хроническая сердечная недостаточность и т.д.).

Критерии невключения: наличие патологии, лимитирующей наблюдения пациента в отдаленном периоде наблюдения.

В госпитальном периоде наблюдения производили оценку следующих видов осложнений: смертельный исход, инфаркт миокарда (ИМ), тромбоз шунта, кровотечение типа 3b и выше (требующие ревизию раны) по шкале *Bleeding Academic Research Consortium (BARC)*, инфицирование послеоперационной раны, ампутация конечности, острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), комбинированная конечная точка (сумма всех перечисленных осложнений).

В отдаленном периоде наблюдения (16,6±10,3 месяца) производили оценку следующих видов осложнений: смертельного исхода, тромбоза шунта, ампутации конечности, ИМ, ОНМК, комбинированной конечной точки (сумма всех перечисленных осложнений). При этом при развитии смертельного исхода или выполнении ампутации реваскуляризированной конечности пациента исключали из выборки.

Все пациенты подписали письменное согласие на использование их данных в научных исследованиях. Работу выполняли в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (*Good Clinical Practice*) и принципами Хельсинской Декларации, она не противоречила Федеральному закону Российской Федерации от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации от 1 апреля 2016 года N 200н «Об утверждении правил надлежащей клинической практики».

Статистический анализ. Определение типа распределения осуществляли с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Сравнение групп проводили с применением критерия хи-квадрат Пирсона и Краскела–Уоллиса. Различия оценивались, как значимые, при $p < 0,05$. Результаты исследований обработаны при помощи пакета прикладных программ *Graph Pad Prism* (www.graphpad.com).

По клинико-anamnestическим характеристикам группы были полностью сопоставимы. Большинство относилось к мужскому полу и пожилому возрасту. Каждый третий страдал СД, каждый десятый перенес ИМ и (или) ОНМК в анамнезе, в подавляющем проценте случаев диагностирована хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) и хроническая сердечная недостаточность — ХСН (табл. 1).

Группы были несопоставимы по выраженности хронической ишемии нижних конечностей (ХИНК) согласно классификации Фонтейна–Покровского. II ст. чаще всего диагностировалась во 2-й и 5-й группах, III ст. в 3-й группе, а IV ст. в 1-й, 3-й, 4-й группах. Согласно классификации Рутерфорда 2-й класс чаще отмечался во 2-й и 5-й группах, 3-й класс в 1-й и 3-й группах, 4-й класс в 1-й и 3-й группах. По 5-му и 6-му классам группы не отличались (табл. 2).

Согласно классификации *WiFi* были выявлены значимые межгрупповые различия по компоненту I — 2 балла (наименьший показатель во 2-й группе), I — 3 балла (наибольший показатель во 2-й группе), II — 0 баллов (наибольший показатель в 5-й группе), II — 1 балл (наименьший показатель в 5-й группе) (табл. 3).

По частоте выполнения БПШ выше и ниже щели коленного сустава группы были сопоставимы (табл. 4).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В госпитальном послеоперационном периоде все осложнения развились в 1-й, 2-й, 3-й и 5-й группах. Тем не менее, значимых различий по частоте формирования смертельного исхода (группа 1: 0%; группа 2: 0%; группа 3: 1,5%; группа 4: 0%; группа 5: 0%; $p=0,18$), ИМ (группа 1: 0,4%; группа 2: 0%; группа 3: 0%; группа 4: 0%; группа 5: 0%; $p=0,94$), тромбоз шунта (группа 1: 3,0%; группа 2: 6,8%; группа 3: 4,5%; группа

Таблица 1

Клинико-anamnestическая характеристика

Table 1

Clinical and anamnetic characteristics

Показатель	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	p
	$n=266$	$n=59$	$n=66$	$n=9$	$n=73$	
Возраст, $M \pm m$, лет	63,0±7,9	63,0±8,4	63,9±6,8	63,6±5,3	62,9±7,1	0,45
Мужской пол, n (%)	240 (90,2)	53 (89,8)	56 (84,8)	6 (66,7)	67 (91,8)	0,14
СД, n (%)	89 (33,4)	22 (37,3)	28 (42,4)	2 (22,2)	20 (27,4)	0,35
СД инсулинозависимый, n (%)	34 (12,8)	7 (11,8)	10 (15,1)	2 (22,2)	6 (8,2)	0,64
ХОБЛ, n (%)	221 (83,1)	46 (77,9)	51 (77,3)	7 (77,8)	55 (75,3)	0,54
ХПН, n (%)	10 (3,7)	0	2 (3,0)	0	5 (6,8)	0,3
ОНМК в анамнезе, n (%)	25 (9,4)	4 (6,8)	5 (7,6)	1 (11,1)	5 (6,8)	0,92
ПИКС, n (%)	27 (10,1)	6 (10,2)	8 (12,1)	0	11 (15,1)	0,61
Стенокардия I–II ФК, n (%)	52 (19,5)	13 (22,0)	18 (27,3)	2 (22,2)	19 (26,0)	0,61
Избыточный вес, n (%)	129 (48,5)	27 (45,8)	35 (53,0)	2 (22,2)	28 (38,3)	0,22
Ожирение I ст., n (%)	39 (14,7)	11 (18,6)	13 (19,7)	2 (22,2)	21 (28,8)	0,09
Ожирение II ст., n (%)	12 (4,5)	3 (5,1)	2 (3,0)	1 (11,1)	2 (2,7)	0,76
ХСН II ФК по МУНА, n (%)	249 (93,6)	53 (89,8)	64 (97,0)	9 (100)	71 (97,3)	0,28
МФА (субклинический) с поражением трех артериальных бассейнов	11 (4,1)	1 (1,7)	1 (1,5)	1 (11,1)	4 (5,5)	0,46

Примечания: МФА — мультифокальный атеросклероз; ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; ПИКС — постинфарктный кардиосклероз; СД — сахарный диабет; ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких; ХПН — хроническая почечная недостаточность; ХСН — хроническая сердечная недостаточность; ФК — функциональный класс

Notes: МФА — multifocal atherosclerosis, ОНМК — cerebrovascular accident, ПИКС — post-infarction cardiosclerosis, СД — diabetes mellitus, ХОБЛ — chronic obstructive pulmonary disease, ХПН — chronic kidney disease, ХСН — chronic heart failure, ФК — functional class

Таблица 2

Выраженность хронической ишемии нижних конечностей согласно действующим классификациям

Table 2

The severity of chronic ischemia of the lower extremities according to current classifications

Показатель	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	ρ
	$n=266$	$n=59$	$n=66$	$n=9$	$n=73$	
Классификация хронической ишемии нижних конечностей по Фонтейну-Покровскому						
IIБ ст., n (%)	139 (52,2)	35 (59,3)	27 (41,0)	4 (44,4)	56 (76,7)	0,0003 ρ_{1-5} : 0,0002 ρ_{2-3} : 0,04 ρ_{2-5} : 0,03 ρ_{3-5} : <0,0001 ρ_{4-5} : 0,05
III ст., n (%)	57 (21,4)	10 (16,9)	22 (33,3)	1 (11,1)	7 (9,6)	0,01 ρ_{1-5} : 0,05 ρ_{1-5} : 0,02 ρ_{2-3} : 0,04 ρ_{3-5} : 0,0007
IV ст., n (%)	69 (25,9)	13 (22,0)	17 (25,7)	4 (44,4)	9 (12,3)	0,07 ρ_{1-5} : 0,01 ρ_{3-5} : 0,05 ρ_{4-5} : 0,03
Классификация по Ругерфорду						
2, n (%)	80 (30,1)	30 (50,8)	19 (28,8)	3 (33,3)	50 (68,5)	<0,0001 ρ_{1-2} : 0,002 ρ_{1-5} : <0,0001 ρ_{2-3} : 0,01 ρ_{2-5} : 0,04 ρ_{3-5} : <0,0001 ρ_{4-5} : 0,03
3, n (%)	64 (24,1)	5 (8,5)	14 (21,2)	2 (22,2)	8 (10,9)	0,02 ρ_{1-2} : 0,008 ρ_{1-5} : 0,01 ρ_{2-3} : 0,04
4, n (%)	53 (19,9)	10 (16,9)	16 (24,2)	0	5 (6,8)	0,03 ρ_{1-5} : 0,008 ρ_{3-5} : 0,004
5, n (%)	65 (24,4)	12 (20,3)	17 (25,7)	4 (44,4)	9 (12,3)	0,09
6, n (%)	4 (1,5)	1 (1,7)	0	0	0	0,67

Таблица 3

Распределение пациентов согласно классификации WiFi

Table 3

Distribution of patients according to WiFi classification

Показатель	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	ρ
	$n=266$	$n=59$	$n=66$	$n=9$	$n=73$	
W – 0 баллов, n (%)	200 (75,2)	45 (76,3)	49 (74,2)	7 (77,8)	64 (87,7)	0,23
W – 1 балл, n (%)	30 (11,3)	9 (15,2)	9 (13,6)	1 (11,1)	6 (8,2)	0,75
W – 2 балла, n (%)	32 (12,0)	3 (5,1)	8 (12,1)	1 (11,1)	3 (4,1)	0,19
W – 3 балла, n (%)	4 (1,5)	1 (1,7)	0	0	0	0,67
I – 0 баллов, n (%)	2 (0,7)	1 (1,7)	1 (1,5)	0	1 (1,4)	0,94
I – 1 балл, n (%)	10 (3,7)	2 (3,4)	1 (1,5)	1 (11,1)	3 (4,1)	0,66
I – 2 балла, n (%)	164 (61,6)	21 (35,6)	44 (66,7)	6 (66,7)	47 (64,4)	0,002 ρ_{1-2} : 0,0004 ρ_{2-3} : 0,0007 ρ_{2-4} : 0,002 ρ_{2-5} : 0,002
I – 3 балла, n (%)	90 (33,8)	35 (59,3)	20 (30,3)	2 (22,2)	22 (30,1)	0,002 ρ_{1-2} : 0,003 ρ_{2-3} : 0,001 ρ_{2-4} : 0,04 ρ_{2-5} : 0,0008
fl – 0 баллов, n (%)	194 (72,9)	45 (76,3)	43 (65,1)	4 (44,4)	65 (89,0)	0,003 ρ_{1-5} : 0,004 ρ_{2-4} : 0,04 ρ_{2-5} : 0,05 ρ_{3-5} : 0,0007 ρ_{4-5} : 0,0005

Окончание таблицы 3
End of table 3

Показатель	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	p
	n=266	n=59	n=66	n=9	n=73	
fl – 1 балл, n (%)	46 (17,3)	9 (15,2)	21 (31,8)	3 (33,3)	4 (5,5)	0,001 p ₁₋₃ : 0,008 p ₁₋₅ : 0,01 p ₂₋₅ : 0,03 p ₃₋₅ : <0,0001 p ₄₋₅ : 0,005
fl – 2 балла, n (%)	26 (9,8)	4 (6,8)	2 (3,0)	2 (22,2)	4 (5,5)	0,16
fl – 3 балла, n (%)	0	0	0	0	0	–

Таблица 4

Интраоперационные показатели

Table 4

Intraoperative indicators

Показатель	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	p
	n=266	n=59	n=66	n=9	n=73	
БПШ выше щели коленного сустава, n (%)	183 (68,8)	35 (59,3)	37 (56,1)	4 (44,4)	50 (68,5)	0,14
БПШ ниже щели коленного сустава, n (%)	83 (31,2)	23 (39,0)	29 (44,0)	5 (55,5)	23 (31,5)	0,14

Примечание: БПШ – бедренно-подколенное шунтирование
Notes: БПШ – femoral-popliteal bypass

Таблица 5

Госпитальные осложнения

Table 5

Hospital Complications

Показатель	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	p
	n=266	n=59	n=66	n=9	n=73	
Смертельный исход, n (%)	0	0	1 (1,5)	0	0	0,18
ИМ, n (%)	1 (0,4)	0	0	0	0	0,94
ОНМК, n (%)	0	0	0	0	0	–
Тромбоз шунта, n (%)	8 (3,0)	4 (6,8)	3 (4,5)	0	6 (8,2)	0,29
Кровотечение типа 3b и выше по шкале BARC, n (%)	4 (1,5)	2 (3,4)	2 (3,0)	0	0	0,52
Инфицирование послеоперационной раны, n (%)	4 (1,5)	2 (3,4)	0	0	3 (4,1)	0,36
Ампутация конечности, n (%)	5 (1,9)	2 (3,4)	1 (1,5)	0	2 (2,7)	0,91
Комбинированная конечная точка, n (%)	22 (8,3)	10 (16,9)	7 (10,6)	0	5 (6,8)	0,19

Примечание: ИМ – инфаркт миокарда, ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения, BARC – Bleeding Academic Research Consortium
Notes: ИМ – myocardial infarction, ОНМК – cerebrovascular accident, BARC – Bleeding Academic Research Consortium

4: 0%; группа 5: 8,2%; p=0,29), кровотечения (группа 1: 1,5%; группа 2: 3,4%; группа 3: 3,0%; группа 4: 0%; группа 5: 0%; p=0,52), инфицирования послеоперационной раны (группа 1: 1,5%; группа 2: 3,4%; группа 3: 0%; группа 4: 0%; группа 5: 4,1%; p=0,36), ампутации конечности (группа 1: 1,9%; группа 2: 3,4%; группа 3: 1,5%; группа 4: 0%; группа 5: 2,7%; p=0,91) выявлено не было (табл. 5).

В отдаленном периоде наблюдения по частоте смертельного исхода (группа 1: 4,6%; группа 2: 1,7%; группа 3: 4,6%; группа 4: 0%; группа 5: 2,8%; p=0,78), ИМ (группа 1: 1,9%; группа 2: 0%; группа 3: 1,5%; группа 4: 0%; группа 5: 0%; p=0,62), ОНМК (группа 1: 0,8%; группа 2: 1,7%; группа 3: 1,5%; группа 4: 0%; группа 5: 0%; p=0,8) и тромбоза шунта (группа 1: 14,5%; группа 2: 19,3%; группа 3: 18,5%; группа 4: 44,4%; группа 5: 19,7%; p=0,16) значимых межгрупповых различий не выявлено. Однако наибольшее число ампутаций

конечности (группа 1: 4,2%; группа 2: 5,3%; группа 3: 9,2%; группа 4: 22,2%; группа 5: 1,4%; p=0,03) и максимальный показатель комбинированной конечной точки (группа 1: 26,0%; группа 2: 28,1%; группа 3: 35,4%; группа 4: 66,7%; группа 5: 23,9%; p=0,05) после применения синтетического протеза (табл. 6).

СОЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ТРОМБОЗА БЕДРЕННО-ПОДКОЛЕННОГО ШУНТА И АМПУТАЦИИ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ В ОТДАЛЕННОМ ПЕРИОДЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Для решения задачи классификации (необходимо определить принадлежит ли пациент какому-либо из двух классов: «Тромбоз шунта» и (или) «Ампутация конечности») использовали два метода: Гауссовский Наивный Байесовский классификатор и «случайный лес» (<https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/ansamblevye-metody-begging-busting-i-steking/>). Ввиду

Таблица 6

Отдаленные осложнения

Table 6

Long-term complications

Показатель	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4	Группа 5	ρ
	$n=261$	$n=57$	$n=65$	$n=9$	$n=71$	
Смертельный исход, n (%)	12 (4,6)	1 (1,7)	3 (4,6)	0	2 (2,8)	0,78
ИМ, n (%)	5 (1,9)	0	1 (1,5)	0	0	0,62
ОНМК, n (%)	2 (0,8)	1 (1,7)	1 (1,5)	0	0	0,8
Тромбоз шунта, n (%)	38 (14,5)	11 (19,3)	12 (18,5)	4 (44,4)	14 (19,7)	0,16
Ампутация конечности, n (%)	11 (4,2)	3 (5,3)	6 (9,2)	2 (22,2)	1 (1,4)	0,03 $\rho_{4-5}: 0,03$
Комбинированная конечная точка, n (%)	68 (26,0)	16 (28,1)	23 (35,4)	6 (66,7)	17 (23,9)	0,05 $\rho_{1-4}: 0,01$ $\rho_{4-5}: 0,01$

Примечания: ИМ – инфаркт миокарда, ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения
Notes: ИМ – myocardial infarction, ОНМК – cerebrovascular accident

того, что они числовые, то мы трансформировали строковые категориальные признаки в качественные. Согласно первому классификатору ниже приведен фрагмент кода для обучения модели по прогнозированию принадлежности пациента к классу «Тромбоз шунта» и вывода результатов работы обученной модели в виде матрицы ошибок (*Confusion matrix*), состоящей из 4 квадрантов:

0-0 – при тестировании модель показала результат «0» там, где должен был быть «0» (истинно отрицательный результат);

0-1 – при тестировании модель показала результат «0» там, где должен был быть «1» (ложноотрицательный результат);

1-0 – при тестировании модель показала результат «1» там, где должен был быть «0» (ложноположительный результат);

1-1 – при тестировании модель показала результат «1» там, где должен был быть «1» (истинно положительный результат).

Фрагмент кода для обучения модели: `#Training data train_data = td train_data = train_data.dropna() feature_train = train_data['xx'] label_train = train_data.drop(['xx','zz'], axis = 1) train_data.shape #891 x 28.`

Согласно анализу матрицы ошибок (*Confusion matrix*) точность предсказания достаточно низкая – 38%, модель дает большое количество ложноположительных значений (рис. 1).

Далее проведены аналогичные вычисления с моделью «случайного леса». Ниже приведен фрагмент кода программы: `##Random forest clf = RandomForestClassifier(criterion='entropy', n_estimators=700, min_samples_split=10, min_samples_leaf=1, max_features='auto', oob_score=True, random_state=1, n_jobs=-1) x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(label_train, feature_train, test_size=0.2) clf.fit(x_train, np.ravel(y_train)) print("RF Accuracy: "+repr(round(clf.score(x_test, y_test) * 100, 2)) + "%").` Из результата анализа матрицы ошибок (*Confusion matrix*) следует, что данная модель дает гораздо более точный результат – 88%. При этом ложноположительные результаты отсутствуют полностью, но все еще присутствует достаточно большое количество ложноотрицательных (рис. 2).

На основании вышеприведенных данных для дальнейших вычислений использовали только модель «случайного леса». Так как исторических данных достаточно мало для модели с имеющимся количеством

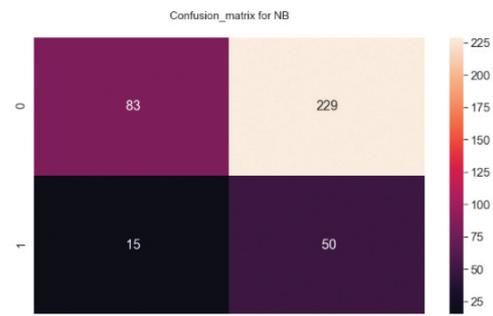


Рис. 1. Матрица ошибок (*Confusion matrix*) для первой модели
Fig. 1. Confusion matrix for the first model

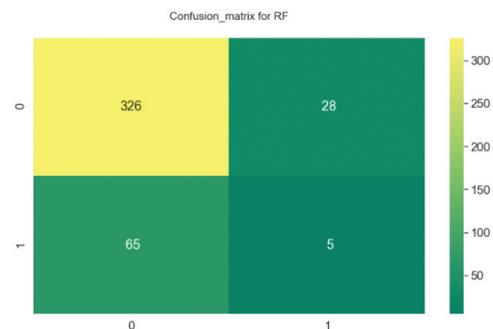


Рис. 2. Матрица ошибок (*Confusion matrix*) для второй модели
Fig. 2. Confusion matrix for the second model

признаков (476 записей для 35 признаков), то было уменьшено количество последних, оставлены только те, которые встречаются хотя бы в 10% положительных наблюдений. Далее представлен код программы, возвращающий обрезанный массив данных и набор обрезанных полей: `def drop_low_volume_columns(td, volume, col): if col == 'xx': td = td.drop('zz', axis=1) elif col == 'zz': td=td.drop('xx', axis=1) x = td[td[col] == 1] su = x.sum() mass = [] header = list(td) for key in header: if su[key] < su[col] * volume / 100 : mass.append(key) td = td.drop(mass, axis=1) return td, mass.` Используя эту функцию, пересчитывали модель «случайного леса», описанную выше. Из результата анализа матрицы ошибок (*Confusion matrix*) следует, что ложноотрицательные результаты исчезли, а точность модели повысилась на 5% (рис. 3).

Таким образом, данную модель использовали для создания компьютерной программы, позволяющей в интерактивном режиме на основе клинико-анамнестических, демографических и периоперационных дан-

ных оценить риск (низкий, средний, высокий) развития тромбоза шунта с последующей ампутацией после БПШ в отдаленном периоде наблюдения (рис. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты нашего исследования продемонстрировали, что персонафицированный подход к выбору стратегии реваскуляризации и вида шунта для БПШ, является наиболее оправданным. Такая тактика сопровождается отсутствием межгруппового статистически значимого возрастания всех осложнений в госпитальном послеоперационном периоде, которые достигли минимальных показателей (табл. 4). Однако на отдаленном этапе наблюдения отмечалась высокая частота тромбоза шунта с последующей ампутацией конечности при применении синтетического протеза (табл. 5). Полученные результаты не противоречат данным мировой литературы, согласно которым этот вид кондуитов характеризуется высокой склонностью к дисфункции уже в среднеотдаленном послеоперационном периоде [12–14]. В рамках нашего исследования применение последнего было обусловлено отсутствием подходящего аутовенозного трансплантата для реализации БПШ, что также не противоречит действующим рекомендациям [1–3].

Своевременная идентификация и дальнейшее наблюдение пациентов с высоким риском развития тромбоза БПШ и, как следствие, ампутации конечности — актуальная задача современной ангиохирургии [1–3, 6]. На сегодня существует несколько интерактивных калькуляторов, способных прогнозировать развитие тех или иных осложнений. Получившие мировое признание *EuroScore II* и *STS Score* хорошо зарекомендовали себя как инструменты точной стратификации риска неблагоприятных кардиоваскулярных событий послеоперационного периода [15–19]. При этом широкая универсальность позволяет применять их для всей сердечно-сосудистой хирургии, а не только для БПШ, что также снижает специфичность к данному конкретному способу реваскуляризации [15–19]. Плюс ко всему их действие в первую очередь направлено на прогнозирование непосредственных результатов операций, ограничивая возможности стратификации риска отдаленных исходов [15–19]. Но самым важным недостатком *EuroScore II* и *STS Score* в этом контексте является то, что они не способны определять вероятность тромбоза шунта после БПШ [15–19]. Таким образом, их применение с этой целью становится невозможным.

В российской ангиологии в последние годы сформировался тренд к созданию интерактивных калькуляторов стратификации риска послеоперационных осложнений для каждой конкретной хирургической патологии. Так, А.А. Халафян и соавт. разработали несколько программ, позволяющих не только рассчитывать вероятность развития неблагоприятных кардиоваскулярных исходов после вмешательств на каротидном бассейне, но и дифференцировать тактику реваскуляризации наиболее безопасную для каждого конкретного больного [20, 21]. В свою очередь, Р.А. Виноградов и соавт. создали подобное программное обеспечение для каротидной эндартерэктомии, показавшее высокую эффективность в реальной клинической практике [22, 23]. В исследовании Р.С. Тарасова и соавт. была предложена программная поддержка принятия решений для выбора одной из четырех открытых и гибридных стратегий реваскуляризации

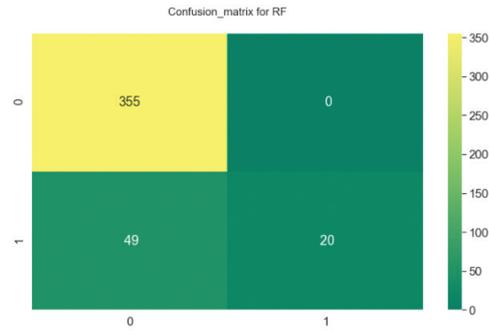


Рис. 3. Матрица ошибок (*Confusion matrix*) для третьей модели

Fig. 3. Confusion matrix for the third model

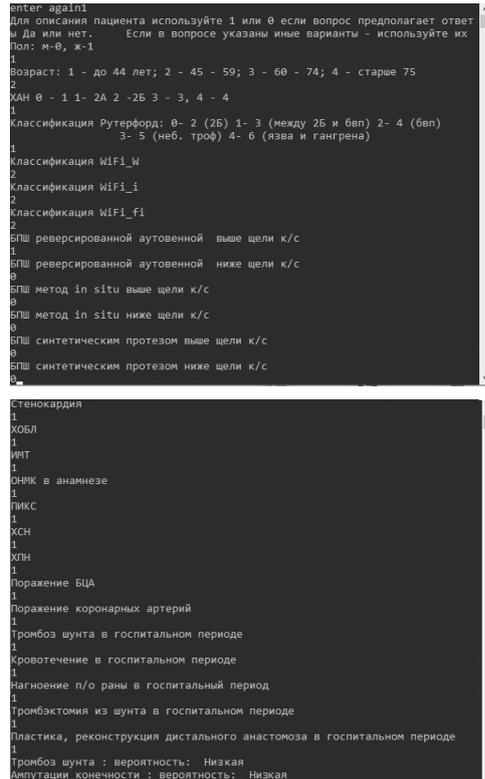


Рис. 4. Интерфейс программы для прогнозирования вероятности развития тромбоза бедренно-подколенного шунта и ампутации нижней конечности в отдаленном периоде наблюдения

Fig. 4. Program interface for predicting the likelihood of developing thrombosis of the femoral-popliteal bypass and amputation of the lower limb in the long-term follow-up period

больных с сочетанным атеросклеротическим поражением сонных и коронарных артерий. Этот инструмент позволил также рассчитать вероятность развития осложнений для каждой конкретной тактики в госпитальном и отдаленном послеоперационном периодах [24, 25]. Однако несмотря на рост интересов отечественной науки к коллаборации практической и математической составляющей, единственная попытка создания подобных интерактивных калькуляторов для БПШ была предпринята Н.Н. Бурковым и соавт. [7]. Но по вышеуказанным причинам и в результате узкой направленности в сторону только биологических протезов эта разработка не получила широкого распространения [7].

Итогом анализа тех данных, которые мы получили в рамках настоящего исследования, стало создание программы стратификации риска тромбоза шунта и ампутации конечности у пациентов после БПШ в отдаленном послеоперационном периоде. Впервые в арсенале мультидисциплинарного консилиума появился инструмент, позволяющий рассчитать вероятность указанных осложнений при применении и синтетических протезов и разных вариантов аутовенозных трансплантатов. Тем не менее, для рутинного применения данного программного обеспечения требуется дальнейшая проспективная апробация в реальной клинической практике.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Национальные рекомендации по диагностике и лечению заболеваний артерий нижних конечностей. Москва; 2019. URL: http://www.angiolsurgery.org/library/recommendations/2019/recommendations_LLA_2019.pdf [Дата обращения 1 сентября 2023 г.]
2. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FG; TASC II Working Group. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg.* 2007;45(Suppl): S5–67. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2006.12.037> PMID: 17223489
3. Рекомендации ЕОК/ЕОСХ по диагностике и лечению заболеваний периферических артерий 2017. *Российский кардиологический журнал.* 2018;23(8):164–221. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-8-164-221>
4. Закрыев А.Б., Виноградов Р.А., Матусевич В.В., Бутаев С.Р., Сухоручкин П.В., Барышев А.Г., и др. Бедренно-подколенное шунтирование: от истоков до наших дней. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова.* 2021;16(3):57–60. https://doi.org/10.25881/20728255_2021_16_3_57
5. Сухоручкин П.В., Скрипник Д.А., Коротун А.А., Виноградов Р.А., Барышев А.Г., Порханов В.А. Использование аутовенозного анастомозного кондуита in situ для лечения нагноения аорто-бедренного бифуркационного протеза. *Инфекции в хирургии.* 2020;18(3–4):31–33.
6. Бурков Н.Н., Казанцев А.Н., Ануфриев А.И., Данилович А.И., Смирнов К.В., Лидер Р.Ю., и др. Результаты бедренно-подколенной реконструкции биологическим протезом «Кемангиопротез». *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2020;13(1):29–35. <https://doi.org/10.17116/kardio20201301129>
7. Бурков Н.Н., Журавлева И.Ю., Барбараш Л.С. Прогнозирование риска развития тромбозов и стенозов биопротезов «Кемангиопротез» путем построения математической модели. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2013;4(4):5–11.
8. Луценко В.А., Султанов Р.В., Евтушенко А.В., Барбараш Л.С. Результаты инфраингвинальных реконструкций с дистальным анастомозом ниже щели коленного сустава у пациентов с критической ишемией при использовании различных протезных материалов. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2021;10(S2):45–49. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2021-10-2S-45-49>
9. Суковатых Б.С., Сидоров Д.В., Великов Л.Н., Боломатов Н.В. Сравнительная эффективность аутовенозного трансплантата с разрушенными клапанами и биологического протеза в бедренно-подколенной позиции при лечении критической ишемии нижних конечностей. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова.* 2016;11(3):71–75.
10. Тищенко И.С., Золкин В.Н., Максимов Н.В., Коротков И.Н., Демидов И.Ю., Барзаева М.А. Двухлетние результаты инфраингвинальных реконструкций с использованием аутовенозных шунтов и ксенопротезов. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2016;22(4):130–136.
11. Сафонов В.А., Ганьчев А.Ф., Ким И.Н., Худашов В.Г., Яковлев Д.О., Алтарев А.С., и др. Опыт применения сосудистых биопротезов «Кемангиопротез» в реконструктивной хирургии магистральных артерий нижних конечностей. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2009;15(2):103–106.
12. Покровский А.В., Дан В.Н., Зотиков А.Е., Чупин А.В., Шубин А.А., Богатов Ю.П., и др. Бедренно-подколенное шунтирование выше щели коленного сустава протезом из ПТФЭ: выбор диаметра протеза. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2007;13(3):149–152.
13. Socrate AM, Spampinato B, Zuccon G, Ferraris M, Costantini A, Piffaretti G. Outcomes of biosynthetic vascular graft for infrainguinal femoro-popliteal and femoro-distal revascularization. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2021;62(4):369–376. <https://doi.org/10.23736/S0021-9509.21.11769-0> PMID: 33829745
14. Kluckner M, Gratl A, Wipperfurth S, Hitzl W, Nierlich P, Aspalter M, et al. Comparison of Prosthetic and Vein Bypass with Nitinol Stents in Long Femoropopliteal Lesions. *Ann Vasc Surg.* 2022;78:272–280. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2021.05.052> PMID: 34437960
15. Milutinovic AV, Krasic SD, Zivkovic IS, Cirkovic AM, Lokas SZ, Jovanovic MM, et al. Prediction value of EuroSCORE II in total arterial revascularization and its usage in the evaluation of postoperative complications: Single-center experience. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2021;29(9):903–909. <https://doi.org/10.1177/0218492321997057> PMID: 33611947
16. Shales S, Uma Maheswara Rao S, Kshapli S, Ghorai PA, Behera SK, Ghosh AK, et al. Comparison of European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE) and the Society of Thoracic Surgeons (STS) score for risk prediction in Indian patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;37(6):623–630. <https://doi.org/10.1007/s12055-021-01186-1> PMID: 34776660
17. Varma PK. Application of EuroSCORE II and STS score for risk assessment in Indian patients—are they useful? *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;37(6):716–717. <https://doi.org/10.1007/s12055-021-01232-y> PMID: 34776674
18. Shales S, Narayan P. EuroSCORE II and the STS Score predict the mortality risk in the Indian population “fairly accurately”. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;37(6):718–719. <https://doi.org/10.1007/s12055-021-01235-9> PMID: 34776675
19. Gao F, Shan L, Wang C, Meng X, Chen J, Han L, et al. Predictive Ability of European Heart Surgery Risk Assessment System II (EuroSCORE II) and the Society of Thoracic Surgeons (STS) Score for in-Hospital and Medium-Term Mortality of Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting. *Int J Gen Med.* 2021;14:8509–8519. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S338819> PMID: 34824547
20. Государственная регистрация программы для ЭВМ №2018617875 RU Российская Федерация. *Прогнозирование осложнений при каротидной эндартерэктомии и каротидной ангиопластике со стентированием* / А.А. Халафян, В.А. Акиншина, Р.А. Виноградов. Заявка № 2018614988; заявл. 17.05.2018; опубл. 03.07.2018. Бюл. №7. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_39297762_29095284.PDF [Дата обращения 1 сентября 2023 г.]
21. Государственная регистрация программы для ЭВМ № 2018611540 RU Российская Федерация. *Программа принятия решений для выбора метода коррекции стеноза внутренних сонных артерий* / А.А. Халафян, Р.А. Виноградов, А.В. Каневцов, В.А. Акиншина, Е.Ю. Пелипенко. Заявка № 2017660273; заявл. 12.10.2017; опубл. 02.02.2018. Бюл. № 2. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_39290604_26731851.PDF [Дата обращения 1 сентября 2023 г.]
22. Патент 2684363(13)C1 Российская Федерация. *Способ прогнозирования риска развития послеоперационных осложнений стенозов внутренних сонных артерий* / Р.А. Виноградов. Заявка № 2017140004; заявл. 16.11.2017; опубл. 08.04.2019. Бюл. №10. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37345878> [Дата обращения 1 сентября 2023 г.]
23. Виноградов Р.А., Пыхтеев В.С., Мартиросова К.И., Лашевич К.А. Прогнозирование периоперационных осложнений при каротидной эндартерэктомии. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2018;(1):82–85. <https://doi.org/10.17116/hirurgia2018182-85>
24. Тарасов Р.С., Казанцев А.Н., Бурков Н.Н., Коков А.Н. Аорто-бикаротино-подключичное трифуркационное шунтирование в сочетании с аортокоронарным шунтированием. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2018;24(4):146–150.
25. Казанцев А.Н., Тарасов Р.С., Бурков Н.Н., Ганюков В.И. Гибридная ревааскуляризация головного мозга и миокарда: стратификация риска госпитальных осложнений. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2020;26(2):118–123. <https://doi.org/10.33529/ANGIO2020212>

REFERENCES

1. *Natsional'nye rekomendatsii po diagnostike i lecheniyu zabolevaniy arteriy nizhnikh konechnostey. Moscow; 2019.* (in Russ.) Available at: http://www.angiolsurgery.org/library/recommendations/2019/recommendations_LLA_2019.pdf [Accessed Sep 1, 2023]
2. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FG; TASC II Working Group. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg.* 2007;45(Suppl): S5–S67. PMID: 17223489 <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2006.12.037>
3. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in Collaboration With the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Russian Journal of Cardiology.* 2018;(8):164–221. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-8-164-221>
4. Zakeryaev AB, Vinogradov RA, Matushevich VV, Butaev SR, Suhoruchkin PV, Baryshev AG, et al. Femoral-Popliteal Bypass Surgery: From Its Origins to the Present Day. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center.* 2021;16(3):57–60. https://doi.org/10.25881/20728255_2021_16_3_57
5. Sukhoruchkin PV, Skrypnik DA, Korotun AA, Vinogradov RA, Baryshev AG, Porkhanov VA. Ispol'zovanie autovenoznogo bifurkatsionnogo konduita in situ dlya lecheniya nagnoeniya aorto-bedrennogo bifurkatsionnogo proteza. *Infektsii v khirurgii.* 2020;18(3–4):31–35. (In Russ.)
6. Burkov NN, Kazantsev AN, Anufriev AI, Danilovich AI, Smirnov KV, Lider RYu, et al. Femoropopliteal reconstruction with 'KemAngioprotez' biological prosthesis. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya.* 2020;13(1):29–35. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/kardio20201301129>
7. Burkov NN, Zhuravleva IY, Barbarash LS. Prediction of Thrombotic and stenotic complications after "Kemangioprotez" biological prosthesis implantation by means of mathematical model. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2013;(4):5–11. (In Russ.) <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2013-4-5-11>
8. Lutsenko VA, Sultanov RV, Evtushenko AV, Barbarash LS. Results of infrainguinal reconstructions with distal anastomosis below the knee joint fissure in patients with critical ischemia when using various prosthetic materials. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2021;10(2):45–49. (In Russ.) <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2021-10-2S-45-49>
9. Sukovatih BS, Sidorov DV, Belikov LN, Bolomatov NV. Comparative Effectiveness of Autovenous Transplantat With Destroyed Valves and Biological Prostheses in Femoral-Popliteal Positions in the Critical Ischemia of Lower Extremities Treatment. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center.* 2016;11(3):71–75. (In Russ.)
10. Tishchenko IS, Zolkin VN, Maksimov NV, Korotkov IN, Demidov IYu, Barzaeva MA. Two-Year Results of Infrainguinal Reconstructions Using Autovenous Shunts and Xenografts. *Angiology and Vascular Surgery.* 2016;22(4):130–136. (In Russ.)
11. Safonov VA, Ganichev AF, Kim IN, Khudashov VG, Yakovlev DO, Altarev AS, et al. Experience With Vascular Biografts "Kemangioprotez" in Reconstructive Surgery of Lower-Limb Major Arteries. *Angiology and Vascular Surgery.* 2009;15(2):103–106. (In Russ.)
12. Pokrovsky AV, Dan VN, Zotikov AE, Chupin AV, Shubin AA, Bogatov YuP. Femoropopliteal Bypass Above the Knee-Joint Fissure by Means of a Vascular Prosthesis Made of PTFE: Choosing an Appropriate Diameter of the Prosthesis. *Angiology and Vascular Surgery.* 2007;13(3):149–152. (In Russ.)
13. Socrate AM, Spampinato B, Zuccon G, Ferraris M, Costantini A, Piffaretti G. Outcomes of biosynthetic vascular graft for infrainguinal femoropopliteal and femoro-distal revascularization. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2021;62(4):369–376. PMID: 33829745 <https://doi.org/10.23736/S0021-9509.21.11769-0>
14. Kluckner M, Gratl A, Wipper SH, Hitzl W, Nierlich P, Aspalter M, et al. Comparison of Prosthetic and Vein Bypass with Nitinol Stents in Long Femoropopliteal Lesions. *Ann Vasc Surg.* 2022;78:272–280. PMID: 34437960 <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2021.05.052>
15. Milutinovic AV, Krasic SD, Zivkovic IS, Cirkovic AM, Lokas SZ, Jovanovic MM, et al. Prediction value of EuroSCORE II in total arterial revascularization and its usage in the evaluation of postoperative complications: Single-center experience. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2021;29(9):903–909. PMID: 33611947 <https://doi.org/10.1177/0218492321997057>
16. Shales S, Uma Maheswara Rao S, Khapli S, Ghorai PA, Behera SK, Ghosh AK, et al. Comparison of European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE) and the Society of Thoracic Surgeons (STS) score for risk prediction in Indian patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;37(6):623–630. PMID: 34776660 <https://doi.org/10.1007/s12055-021-01186-1>
17. Varma PK. Application of EuroSCORE II and STS score for risk assessment in Indian patients-are they useful? *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;37(6):716–717. PMID: 34776674 <https://doi.org/10.1007/s12055-021-01232-y>
18. Shales S, Narayan P. EuroSCORE II and the STS Score predict the mortality risk in the Indian population "fairly accurately". *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;37(6):718–719. PMID: 34776675 <https://doi.org/10.1007/s12055-021-01235-9>
19. Gao F, Shan L, Wang C, Meng X, Chen J, Han L, et al. Predictive Ability of European Heart Surgery Risk Assessment System II (EuroSCORE II) and the Society of Thoracic Surgeons (STS) Score for in-Hospital and Medium-Term Mortality of Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting. *Int J Gen Med.* 2021;14:8509–8519. PMID: 34824547 <https://doi.org/10.2147/IJGM.S338819>
20. Khalafyan AA, Akin'shina VA, Vinogradov RA. Gosudarstvennaya registratsiya programmy dlya EVM No 2018617875 RU RF. *Prognozirovanie oslozhneniy pri karotidnoy endarterektomii i karotidnoy angioplastike so stentirovaniem.* No 2018614988; decl. 17.05.2018: publ. 03.07.2018. Bull. No 7. (in Russ.) Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_39297762_29095284.PDF [Accessed Sep 1, 2023]
21. Khalafyan AA, Vinogradov RA, Kanevtsov AV, Akin'shina VA, Pelipenko EYu. Gosudarstvennaya registratsiya programmy dlya EVM No 2018611540 RU RF. *Programma prinyatiya resheniy dlya vybora metoda korrektsii stenozov vnutrennikh sonnykh arteriy.* No 2017660273; decl. 12.10.2017; publ. 02.02.2018. Bull. No 2. Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_39290604_26731851.PDF [Accessed Sep 1, 2023]
22. Vinogradov RA. Patent 2684363(13)C1 RF. *Sposob prognozirovaniya riska razvitiya posleoperatsionnykh oslozhneniy stenozov vnutrennikh sonnykh arteriy.* No 2017140004; decl. 16.11.2017; publ. 08.04.2019. Bull. No 10. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37345878> [Accessed Sep 1, 2023]
23. Vinogradov RA, Pykhteev VS, Martirosova KI, Lashevich KA. Perioperative complications prognosis in carotid endarterectomy. *Pirogov Russian Journal of Surgery.* 2018;(1):82–85. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/hirurgia2018182-85>
24. Tarasov RS, Kazantsev AN, Burkov NN, Kokov AN. Aortic Bicarotid Subclavian Trifurcation Bypass Grafting Combined With Coronary Aortic Bypass Grafting. *Angiology and Vascular Surgery.* 2018;24(4):146–150. (In Russ.)
25. Kazantsev AN, Tarasov RS, Burkov NN, Ganyukov VI. Hybrid Revascularization of the Brain and Myocardium: Risk Stratification for In-Hospital Complications. *Angiology and Vascular Surgery.* 2020;26(2):118–123. (in Russ.) <https://doi.org/10.33529/ANGIO2020212>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Закеряев Аслан Бубаевич

врач сердечно-сосудистый хирург отделения сосудистой хирургии ГБУЗ «НИИ–ККБ № 1 им. профессора С.В. Очаповского»;

<http://orcid.org/0000-0002-4859-1888>, aslan.zakeryaev@gmail.com;

32%: концепция и дизайн исследования

Виноградов Роман Александрович

доктор медицинских наук, врач сердечно-сосудистый хирург, заведующий отделением сосудистой хирургии ГБУЗ «НИИ–ККБ № 1 им. профессора С.В. Очаповского»;

<http://orcid.org/0000-0001-9421-586X>, viromal@mail.ru;

12%: редактирование текста

Сухоручкин Павел Владимирович

врач сердечно-сосудистый хирург отделения сосудистой хирургии ГБУЗ «НИИ–ККБ № 1 им. профессора С.В. Очаповского»;

<https://orcid.org/0000-0001-5385-338X>, pavel.suhoruchkin@mail.ru;

11%: сбор и обработка материала

- Бутаев Султан Расулович** врач сердечно-сосудистый хирург отделения сосудистой хирургии ГБУЗ «НИИ–ККБ № 1 им. профессора С.В. Очаповского»;
https://orcid.org/0000-0001-7386-5986, dr.sultan@inbox.ru;
10%: сбор и обработка материала
- Бахисhev Тарлан Энвербекович** врач сердечно-сосудистый хирург отделения сосудистой хирургии ГБУЗ «НИИ–ККБ № 1 им. профессора С.В. Очаповского»;
https://orcid.org/0000-0003-4143-1491, tarlan.bakhishev@yandex.ru;
9%: сбор и обработка материала
- Дербилов Александр Игоревич** врач сердечно-сосудистый хирург отделения сосудистой хирургии ГБУЗ «НИИ–ККБ № 1 им. профессора С.В. Очаповского»;
https://orcid.org/0000-0002-2915-8181, derbilov.alex@mail.ru;
8%: сбор и обработка материала
- Ураков Эльдар Русланович** врач сердечно-сосудистый хирург отделения сосудистой хирургии ГБУЗ «НИИ–ККБ № 1 им. профессора С.В. Очаповского»;
https://orcid.org/0000-0003-4948-5590, eldar.zdrav@mail.ru;
7%: сбор и обработка материала
- Барышев Александр Геннадьевич** доктор медицинских наук, врач-хирург ГБУЗ «НИИ–ККБ № 1 им. профессора С.В. Очаповского»;
https://orcid.org/0000-0002-6735-387X, kkb1@mail.ru;
6%: редактирование текста
- Порханов Владимир Алексеевич** доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, главный врач ГБУЗ «НИИ–ККБ № 1 им. профессора С.В. Очаповского»;
https://orcid.org/0000-0001-9401-4099, kkb1@mail.ru;
5%: редактирование текста
- Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов**

Predicting the Development of Thrombosis of the Femoral-Popliteal Bypass in the Long-Term Follow-Up Period

A.B. Zakeryaev¹, R.A. Vinogradov^{1,2}, P.V. Sukhoruchkin¹, S.R. Butayev¹, T.E. Bakhishev², A.I. Derbilov¹, E.R. Urakov¹, A.G. Baryshev^{1,2}, V.A. Porkhanov¹

Department of Vascular Surgery

¹ Research Institute – Professor S.V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1
167, Pervogo Maya Str., 350086, Krasnodar, Russian Federation

² Kuban State Medical University

4, M. Sedina Str., 350063, Krasnodar, Russian Federation

✉ **Contacts:** Aslan B. Zakeryaev, Cardiovascular Surgeon, Department of Vascular Surgery, Research Institute – Professor S.V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1.
Email: aslan.zakeryaev@gmail.com

AIM OF STUDY The development of a program for predicting thrombosis with subsequent amputation of a limb in the long-term period after femoral-popliteal bypass (FPB).

MATERIAL AND METHODS This is a retrospective open comparative study performed from January 10, 2016 to December 25, 2019 at Research Institute – Professor S.V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory, Krasnodar, which included 473 patients who underwent FPB. Depending on the type of bypass, five groups were formed: Group 1 (n=266), reversed vein (great saphenous vein (GSV)); Group 2 (n=59), autovenous vein (GSV), prepared in situ; Group 3 (n=66), autovenous vein (GSV), prepared ex situ; Group 4 (n=9) synthetic graft (Jotec, Germany); Group 5 (n=73), veins of the upper limb (forearm and shoulder). In all cases of observation, multislice computed tomography with angiography revealed an extensive (25 cm or more) atherosclerotic occlusive lesion of the superficial femoral artery, corresponding to type D according to the transatlantic consensus (TASC II). The long-term follow-up period was 16.6±10.3 months.

RESULTS During the hospital postoperative period, all complications developed in groups 1, 2, 3 and 5. However, no significant intergroup statistical differences were found. In the long-term follow-up period, according to the mortality rate (group 1: 4.6%; group 2: 1.7%; group 3: 4.6%; group 4: 0%; group 5: 2.8%; p=0.78), myocardial infarction (group 1: 1.9%; group 2: 0%; group 3: 1.5%; group 4: 0%; group 5: 0%; p=0.62), ischemic stroke (group 1: 0.8%; group 2: 1.7%; group 3: 1.5%; group 4: 0%; group 5: 0%; p=0.8) and bypass thrombosis (group 1: 14.5%; group 2: 19.3%; group 3: 18.5%; group 4: 44.4%; group 5: 19.7%; p=0.16), no significant intergroup differences were identified. However, the largest number of limb amputations (group 1: 4.2%; group 2: 5.3%; group 3: 9.2%; group 4: 22.2%; group 5: 1.4%; p=0.03) and the maximum composite endpoint (sum of all complications) (group 1: 26.0%; group 2: 28.1%; group 3: 35.4%; group 4: 66.7%; group 5: 23.9%; p=0.05) were observed after the use of a synthetic graft.

Using "random forest" analysis, a model and computer program was created that allows, the risk (low, medium, high) of developing bypass thrombosis to be assessed interactively, based on clinical, anamnestic, demographic and perioperative data, with subsequent amputation after FPB in the long-term follow-up period.

CONCLUSIONS Revascularization strategy for patients with extended atherosclerotic lesions of the femoropopliteal segment should be determined individually and only by a multidisciplinary council. The conduit of choice for femoral-popliteal bypass surgery is an autovenous graft. Synthetic prostheses can only be used in the absence of the latter. To identify a group of patients with a high risk of thrombosis of the femoral-popliteal bypass and limb amputation in the long-term follow-up period, the created risk stratification program for the development of these complications can be used. Precision supervision of these patients in the postoperative period will make it possible to prevent these adverse events in time.

Keywords: femoral-popliteal bypass, reverse autovein, autovein "in situ", autovein "ex situ", autovein of the upper limb, synthetic graft, Jotec, risk stratification, bypass thrombosis, amputation

For citation Zakeryaev AB, Vinogradov RA, Sukhoruchkin PV, Butayev SR, Bakhishev TE, Derbilov AI, et al. Predicting the Development of Thrombosis of the Femoral-Popliteal Bypass in the Long-Term Follow-Up Period. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2023;12(3):386–396. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2023-12-3-386-396> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study had no sponsorship

Affiliations

Aslan B. Zakeryaev	Cardiovascular Surgeon, Cardiovascular Surgeon, Department of Vascular Surgery, Research Institute – Professor S.V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory; http://orcid.org/0000-0002-4859-1888 , aslan.zakeryaev@gmail.com ; 32%, study concept and design
Roman A. Vinogradov	Doctor of Medicine, Cardiovascular Surgeon, Head of the Department of Vascular Surgery, Research Institute – Professor S.V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory; http://orcid.org/0000-0001-9421-586X , viromal@mail.ru ; 12%, text editing
Pavel V. Sukhoruchkin	Cardiovascular Surgeon, Department of Vascular Surgery, Research Institute – Professor S.V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory; https://orcid.org/0000-0001-5385-338X , pavel.sukhoruchkin@mail.ru ; 11%, collection and processing of material
Sultan R. Butayev	Cardiovascular Surgeon, Department of Vascular Surgery, Research Institute – Professor S.V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory; https://orcid.org/0000-0001-7386-5986 , dr.sultan@inbox.ru ; 10%, collection and processing of material
Tarlan E. Bakhishev	Cardiovascular Surgeon, Department of Vascular Surgery, Research Institute – Professor S.V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory; https://orcid.org/0000-0003-4143-1491 , tarlan.bakhishev@yandex.ru ; 9%, collection and processing of material
Aleksandr I. Derbilov	Cardiovascular Surgeon, Department of Vascular Surgery, Research Institute – Professor S.V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory; https://orcid.org/0000-0002-2915-8181 , derbilov.alex@mail.ru ; 8%, collection and processing of material
Eldar R. Urakov	Cardiovascular Surgeon, Department of Vascular Surgery, Research Institute – Professor S.V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory; https://orcid.org/0000-0003-4948-5590 , eldar.zdrav@mail.ru ; 7%, collection and processing of material
Aleksandr G. Baryshev	Doctor of Medicine, Doctor of Medical Sciences, Surgeon, Department of Vascular Surgery, Research Institute – Professor S.V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory; https://orcid.org/0000-0002-6735-387X , kkb1@mail.ru ; 6%, editing
Vladimir A. Porkhanov	Doctor of Medicine, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Physician, Research Institute – Professor S.V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1 of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory; https://orcid.org/0000-0001-9401-4099 , kkb1@mail.ru ; 5%, editing

Received on 14.01.2022

Review completed on 15.02.2022

Accepted on 27.06.2023

Поступила в редакцию 14.01.2022

Рецензирование завершено 15.02.2022

Принята к печати 27.06.2023