



Анализ факторов, влияющих на значения параметров интраоперационной флоуметрии коронарных шунтов: ретроспективное одноцентровое одномоментное исследование

В.В. Базылев, Д.С. Тунгусов, И.Я. Сенжапов✉, Д.Н. Гаранян, А.И. Микуляк

ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России, Пенза, Россия

АННОТАЦИЯ

Цель. Определить факторы, которые могут повлиять на значение параметров интраоперационной флоуметрии коронарных шунтов. **Материал и методы.** В ФГБУ ФЦССХ (Пенза) интраоперационный метод ультразвуковой флоуметрии является рутинной процедурой, сопровождающей коронарное шунтирование. В ретроспективное одномоментное исследование были последовательно включены 995 пациентов, которым выполнили изолированное коронарное шунтирование бассейна левой коронарной артерии (КА). Критериями исключения являлись поражение русла правой коронарной артерии, экстренный характер операции, сочетанная патология клапанного аппарата. Из исследования исключены пациенты, которым выполнялась ревизия анастомоза в связи с изменением параметров флоуметрии. Интраоперационную оценку коронарных шунтов осуществляли с помощью флоуметров «VeryQ» и «MiraQ MediStim» (Норвегия). **Результаты.** Проведена оценка 1733 артериальных и 479 венозных шунтов. На значение средней объёмной скорости кровотока влияют следующие факторы: комбинированное шунтирование пограничного стеноза увеличивает шанс снижения объёмной скорости кровотока ниже пороговой величины в 1,841 раза (отношение шансов, OR=1,841; $p=0,018$); сочетание окклюзии и пограничного стеноза при комбинированном шунтировании увеличивает шанс снижения объёмной скорости кровотока в 3,91 раза (OR=3,91; $p=0,041$); увеличение диаметра шунтируемой артерии на 1,0 мм уменьшает шанс снижения объёмной скорости кровотока на 53,7% (OR=0,423; $p=0,05$). **Заключение.** На индекс периферического сопротивления (Pi) оказывают влияние следующие факторы: диаметр КА (OR=0,21; $p=0,001$); степень проксимального стеноза КА (OR=0,987; $p=0,034$); состояние сосудистой стенки (OR=2,25; $p=0,05$); тип используемого кондуита (OR=0,298; $p=0,002$); способ шунтирования (OR=1,699; $p=0,017$). На значение средней объёмной скорости кровотока влияют следующие факторы: способ шунтирования (OR=1,841; $p=0,018$); сочетание окклюзии и пограничного стеноза при комбинированном шунтировании (OR=3,91; $p=0,041$); диаметр шунтируемой артерии (OR=0,423; $p=0,05$).

Ключевые слова: коронарное шунтирование, флоуметрия, объёмная скорость кровотока

Для цитирования: Базылев В.В., Тунгусов Д.С., Сенжапов И.Я., Гаранян Д.Н., Микуляк А.И. Анализ факторов, влияющих на значения параметров интраоперационной флоуметрии коронарных шунтов: ретроспективное одноцентровое одномоментное исследование. CardioСоматика. 2022. Т. 13, № 3. С. 156–161. DOI: <https://doi.org/10.17816/CS133651>

ОБОСНОВАНИЕ

Наиболее часто оценку коронарных шунтов выполняют с помощью интраоперационного метода ультразвуковой флоуметрии (ТТФМ). По данным литературы, 4,3% пациентов, которым выполнено коронарное шунтирование, нуждаются в ревизии анастомоза [1–3]. Однако из всех трансплантатов с изменёнными параметрами флоуметрии только 25% подвергают ревизии, аргументируя это изменением русла шунтируемой коронарной артерии (КА) и/или отсутствием клинических проявлений. Действительно, сообщаемая чувствительность метода ТТФМ довольно низка и варьирует в диапазоне от 0,25 до 0,46 [3–7]. Другими словами, изменение параметров кровотока в кондуите не всегда является следствием дефекта формирования анастомоза, и если ориентироваться на полученные значения параметров флоуметрии, часть анастомозов можно подвергнуть напрасной ревизии. В то же время специфичность метода ТТФМ крайне высока и варьирует от 0,94 до 0,98 [3–5, 8]. Параметры флоуметрии имеют особое значение для прогнозирования исхода хирургического вмешательства,

поскольку «аномальные» значения связаны с более высокой частотой послеоперационных инфарктов миокарда и большей летальностью [9–11].

Цель исследования – определить факторы, которые могут повлиять на значение параметров интраоперационной флоуметрии коронарных шунтов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

ДИЗАЙН ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено ретроспективное одноцентровое одномоментное исследование.

КРИТЕРИИ СООТВЕТСТВИЯ

Критерии включения:

- диаметр коронарной артерии;
- степень проксимального стеноза КА;
- состояние сосудистой стенки;
- сочетание стеноза и окклюзии.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ДИ – доверительный интервал
ВТК – ветвь тупого края
ЗБВ – заднебоковая артерия
ИК – искусственное кровообращение
КА – коронарная артерия
ПКА – правая коронарная артерия
ПНА – передняя нисходящая артерия
ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь лёгких

ХСН – хроническая сердечная недостаточность
CCS – Canadian Cardiovascular Society (Канадское сердечно-сосудистое общество)
NYHA – New York Heart Association (Нью-Йоркская кардиологическая ассоциация)
OR – отношение шансов
Pi – индекс периферического сопротивления
 Q_{mean} – средняя объёмная скорость кровотока

Analysis of factors influencing the values of parameters of intraoperative flowmetry of coronary bypass grafts: retrospective single-center cross-sectional study

Vladlen V. Bazylev, Dmitry S. Tungusov, Ilgiz Ya. Senzhapov✉, David N. Garanyan, Artur I. Mikulyak

Federal Center for Cardiovascular Surgery, Penza, Russia

ABSTRACT

Objective. This study determines the factors that can affect the value of the parameters of intraoperative flowmetry of coronary bypass grafts. **Material and methods.** TTFM is a routine procedure accompanying coronary artery bypass grafting at the Federal State Budgetary Institution FTSSh (Penza). This retrospective study included 995 consecutive patients who underwent isolated coronary artery bypass grafting of the left coronary artery. The exclusion criteria were damage to the right coronary artery bed, the emergency nature of the operation, and the combined pathology of the valvular apparatus. Patients who underwent anastomosis revision due to flowmetry parameters changes were also excluded from the study. Intraoperative assessment of coronary artery bypass grafts was performed using VeryQ and MiraQ MediStim® flowmeters (Norway).

Results. A total of 1733 arterial and 479 venous grafts were evaluated. The following factors influenced the average volumetric blood flow velocity value: composite shunting of the border stenosis increases the chance of reducing the volumetric blood flow below the threshold value by 1.841 times ($OR=1.841$; $p=0.018$), the combination of occlusion and borderline stenosis with composite shunting increases the chance of reducing the volumetric blood flow velocity by 3.91 times ($OR=3.91$; $p=0.041$), an increase in the diameter of the bypassed artery by 1.0 mm reduces the chance of a decrease in blood flow volume velocity by 53.7% ($OR=0.423$; $p=0.05$).

Conclusion. The following factors influence the peripheral resistance index: coronary artery diameter ($OR=0.21$; $p=0.001$), degree of artery proximal stenosis ($OR=0.987$; $p=0.034$), the vascular wall condition ($OR=2.25$; $p=0.05$), type of conduit used ($OR=0.298$; $p=0.002$), and shunting method ($OR=1.699$; $p=0.017$). The following factors influence the mean volumetric blood flow velocity value: bypass method ($OR=1.841$; $p=0.018$), a combination of occlusion and borderline stenosis in composite bypass grafting ($OR=3.91$; $p=0.041$), and the bypassed artery diameter ($OR=0.423$; $p=0.05$).

Keywords: coronary artery bypass grafting, flowmetry, blood flow velocity

For citation: Bazylev VV, Tungusov DS, Senzhapov IYa, Garanyan DN, Mikulyak AI. Analysis of factors influencing the values of parameters of intraoperative flowmetry of coronary bypass grafts: retrospective single-center cross-sectional study. CardioSomatics. 2022;13(3):156–161. DOI: <https://doi.org/10.17816/CS133651>

Критерии исключения:

- поражение русла правой КА;
- экстренный характер операции;
- сочетанная патология клапанного аппарата.

Также из исследования были исключены пациенты, которым выполнена ревизия анастомоза в связи с изменением параметров флоуметрии.

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ

Исследование выполняли на базе ФГБУ ФЦССХ (Пенза) с июля 2014 по декабрь 2021 года.

ОПИСАНИЕ МЕДИЦИНСКОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА

У всех больных хирургический доступ производили через срединную стернотомию. Общая гепаринизация достигнута введением гепарина из расчёта 3 мг/кг. Все операции выполнены в условиях искусственного кровообращения (ИК) и кардиоплегической остановки сердца. В качестве шунтов использовали внутренние грудные артерии и большую подкожную вену. С целью достижения полной реваскуляризации использовали как линейное, так и комбинированное шунтирование (Т-графт). Формирование Т-графтов осуществляли с помощью полипропиленовой нити 9/0, дистальных анастомозов – монофиламентной полипропиленовой нитью 8/0, а проксимальных – нитью 6/0 в условиях параллельного ИК. Интраоперационную оценку коронарных шунтов производили посредством флоуметров «VeryQ» и «MiraQ MediStim» (Норвегия).

СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ

Проведение научного исследования одобрено Этическим комитетом ФГБУ «ФЦССХ» Минздрава России (протокол № 60 от 09.10.2021).

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Статистический анализ полученных данных проведён при помощи следующего программного обеспечения: Microsoft Office Excel 2019 (Microsoft, США), STATISTICA v. 6 (StatSoft Inc., США), SPSS Statistics v. 25 (IBM, США). Качественные показатели представлены как абсолютные величины (n) и процентные доли (%). Количественные значения представлены как среднее арифметическое (M) \pm стандартное отклонение (m). Значимость различий параметрических данных определяли при помощи t -критерия Стьюдента, непараметрических – посредством U -критерия Манна–Уитни. Для сравнения групп по качественному признаку использовали критерий χ^2 (хи-квадрат) Пирсона. С помощью нейронных сетей и множественного регрессионного анализа установлены факторы, влияющие на параметры флоуметрии. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

УЧАСТНИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ФГБУ ФЦССХ ТТФМ является рутинной процедурой, сопровождающей коронарное шунтирование. В наше исследование были последовательно включены 995 пациентов, которым выполнили

изолированное коронарное шунтирование бассейна левой КА. В табл. 1 представлены основные клинико-демографические характеристики пациентов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведена оценка 1733 артериальных и 479 венозных шунтов. Средние значения параметров флоуметрии для разных типов шунтов и шунтируемых артерий представлены в табл. 2.

Наступлением события в нашем исследовании мы считали регистрацию субоптимальных параметров кровотока. Для индекса периферического сопротивления это $3 < P_i < 5$, для объёмной скорости кровотока – $Q_{mean} < 15$ мл/мин. С целью определения факторов, влияющих на параметры флоуметрии, которые получены при оценке коронарных шунтов после инактивации гепарина, был проведён множественный регрессионный анализ. Результаты анализа для индекса периферического сопротивления (P_i) представлены в табл. 3.

Таким образом, на индекс периферического сопротивления оказывают влияние анатомические особенности шунтированной КА: увеличение диаметра КА на 1,0 мм уменьшает вероятность повышения индекса периферического сопротивления выше пороговой величины на 79% ($OR=0,21$; $p=0,001$); увеличение степени проксимального стеноза шунтируемой артерии на 1% уменьшает вероятность повышения индекса периферического сопротивления выше пороговой величины на 1,3% ($OR=0,987$; $p=0,034$); сопутствующий фиброз и кальциноз сосудистой стенки увеличивает шанс повышения индекса периферического сопротивления выше пороговой величины в 2,25 раза ($OR=2,25$; $p=0,05$). Также на значение индекса периферического сопротивления оказывают влияние способ шунтирования и тип используемого кондуита: аутоартериальное шунтирование уменьшает вероятность повышения индекса периферического сопротивления выше пороговой величины на 70,2% ($OR=0,298$; $p=0,002$); комбинированное шунтирование пограничного стеноза увеличивает вероятность повышения индекса периферического сопротивления выше пороговой величины в 1,699 раза ($OR=1,699$; $p=0,017$); сочетание стеноза и окклюзии при комбинированном шунтировании увеличивает шанс снижения скорости кровотока вbranche T-графта в 4,12 раза ($OR=4,12$; $p=0,022$). Результаты множественного регрессионного анализа для значения средней объёмной скорости кровотока (Q_{mean}) представлены в табл. 4.

В итоге на значение средней объёмной скорости кровотока влияют следующие факторы: комбинированное шунтирование пограничного стеноза увеличивает шанс снижения объёмной скорости кровотока ниже пороговой величины в 1,841 раза ($OR=1,841$; $p=0,018$); сочетание окклюзии и пограничного стеноза при комбинированном шунтировании увеличивает шанс снижения объёмной скорости кровотока в 3,91 раза ($OR=3,91$; $p=0,041$); увеличение диаметра шунтируемой артерии на 1,0 мм уменьшает шанс снижения объёмной скорости кровотока на 53,7% ($OR=0,423$; $p=0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ

В литературе описаны разные методы выполнения интраоперационной флоуметрической оценки, включающие различные хирургические и клинические сценарии. Представлены результаты флоуметрической оценки во время ИК и без него, выявлены различия в параметрах гемодинамики венозных и артериальных трансплантатов, установлено влияние степени проксимального стеноза, коронарного русла и бассейна, линейного или секвенциального шунтирования [12–17]. Все эти факторы оказывают влияние на параметры флоуметрии. Таким образом, причины отказа от ревизии анастомоза, несмотря на аномальные параме-

Таблица 1. Клиническая и демографическая характеристика пациентов

Table 1. Clinical and demographic characteristics of patients

Признак / Характеристика	n=995	95% ДИ
Мужчины, n (%)	731 (71,2)	
Женщины, n (%)	295 (28,8)	
Возраст, лет:	57,9±9,2	57,34–58,46
Молодой, 25–44 года, n (%)	41 (4)	26–53
Средний, 44–60 лет, n (%)	472 (46)	460–490
Пожилой, 60–75 лет, n (%)	513 (50)	500–530
Индекс массы тела, кг/м²:	27,1±6,1	26,73–27,47
18–29, n (%)	605 (59)	559–619
30–34, n (%)	328 (32)	292–349
>35, n (%)	93 (9)	292–349
Площадь поверхности тела, м²	29±3,59	28,8–29,2
EuroSCORE	4,1±2,5	3,95–4,25
EuroSCORE, %	5,1±4,3	4,84–5,36
Фракция выброса, %:	45,5±11,4	44,8–46,2
<35, n (%)	62 (6)	47–77
35–50, n (%)	267 (26)	234–288
>50, n (%)	697 (68)	650–707
Артериальная гипертензия, n (%)	610 (59,5)	564–624
Сахарный диабет, n (%)	154 (15)	130–173
ХОБЛ, n (%)	72 (7)	56–88
Мультифокальный атеросклероз, n (%)	82 (8)	65–98
ХСН по NYHA I, n (%)	40 (3,9)	29–53
ХСН по NYHA II, n (%)	391 (38,1)	352–411
ХСН по NYHA III, n (%)	464 (45,2)	422–482
ХСН по NYHA IV, n (%)	131 (12,8)	109–150
Стенокардия, II класс по CCS, n (%)	215 (21)	186–236
Стенокардия, III класс по CCS, n (%)	687 (67)	640–698
Стенокардия, IV класс по CCS, n (%)	124 (12)	102–142
Инфаркт миокарда в анамнезе, n (%)	790 (77)	743–795
Тест с шестиминутной ходьбой, м	391,18±64,1	387–395

Примечание. ДИ – доверительный интервал, EuroSCORE – оценки риска при кардиохирургических операциях (аддитивные показатели), ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь лёгких, ХСН – хроническая сердечная недостаточность, NYHA – классификация выраженности хронической сердечной недостаточности Нью-Йоркской кардиологической ассоциации New York Heart Association, CCS – Канадское общество сердечно-сосудистых заболеваний.

Note. ДИ – confidence interval; EuroSCORE – European System for Cardiac Operative Risk Evaluation, ХОБЛ – chronic obstructive pulmonary disease, ХСН – chronic heart failure, NYHA – New York Heart Association Functional Classification, CCS – Canadian Cardiovascular Society.

тры флоуметрии, заключались в том, что после осмотра анастомоза не возникало никаких подозрений в отношении его работы, а изменённые параметры ТТФМ можно объяснить влиянием множества факторов. Отсутствие стандартизированных методов выполнения и интерпретации параметров флоуметрии в сочетании с несуществующими стандартизированными пороговыми значениями ТТФМ всё ещё представляет субъективный аспект

Таблица 2. Гемодинамические характеристики кондуитов после остановки искусственного кровообращения

Table 2. Hemodynamic characteristics of conduits after cardiopulmonary bypass

Шунтируемая КА	Pi		Q _{mean}	
	Значение	95% ДИ	Значение	95% ДИ
Т-графт				
ПНА (n=271)	2,3±0,87	2,07–2,53	33,8±20,7	28,41–39,19
ЗБВ (n=208)	2,1±0,9	1,83–2,34	41±20,17	33,78–47,02
ВТК (n=147)	2,8±0,34	2,74–2,86	42,02±8,19	40,49–43,55
ВГА in situ				
ПНА (n=722)	2,69±1,44	2,52–2,86	39,6±20,2	38,17–41,03
ЗБВ (n=212)	2,77±1,07	2,56–3,08	32,49±13,85	30,41–34,57
ВТК (n=173)	2,33±0,98	2,09–2,57	50,13±27,36	43,51–56,75
БПВ				
ЗБВ (n=245)	2,4±0,93	2,3–2,5	39,75±18,78	37,65–41,85
ВТК (n=234)	2,46±0,96	2,33–2,59	39,38±21,26	36,4–42,36

Примечание. БПВ – большая подкожная вена, ВГА – внутренняя грудная артерия, ВТК – ветвь тупого края, ДИ – доверительный интервал, ЗБВ – заднебоковая вена, ПНА – передняя нисходящая артерия, ПКА – правая коронарная артерия, Pi – индекс периферического сопротивления, Q_{mean} – средняя объёмная скорость кровотока.
Note. БПВ – great saphenous vein, ВГА – internal thoracic artery, ВТК – branch of the obtuse edge, ДИ – confidence interval, ЗБВ – posterolateral vein, ПНА – anterior descending artery, ПКА – right coronary artery, ПНА – posterior interventricular artery, Pi – peripheral resistance index, Q_{mean} – average volumetric blood flow velocity.

для необходимости пересмотра трансплантата. Неоднородность исследований и их результатов способствовали различным результатам диагностической точности ТТФМ. Однако безусловным останется тот факт, что метод позволяет выявлять действительно функционирующие шунты – истинно положительный результат. Ложноположительные результаты (неработающие шунты с низким значением индекса периферического сопротивления и/или высоким значением средней объёмной скорости кровотока) крайне редки. Остаётся открытым вопрос, касающийся идентификации ложноотрицательных результатов. Именно ложноотрицательные результаты приводят к ненужным ревизиям анастомозов [4]. Di Giammarco и соавт. показали, что диагностическую точность ТТФМ можно увеличить до 100%, если объединить этот метод с высокочастотным эхокардиальным ультразвуковым исследованием (HR-ECUS) [18, 19], которое позволяет визуализировать анастомоз и коронарное русло и выявить причину нарушения кровотока. Однако реализация данного метода требует дорогостоящего оборудования, в связи с чем HR-ECUS распространён значительно в меньшей степени, чем ТТФМ.

Причина несостоятельности коронарных шунтов во время операции и в раннем послеоперационном периоде в большинстве случаев является следствием технической ошибки: дефекта формирования анастомоза, повреждения шунта или шунтируемой артерии, изгиба кондуита. В отдалённом периоде причина несостоятельности шунта – влияние различных факторов, которые приводят к гиперплазии интимы, прогрессированию атеросклероза не только в нативной артерии, но и в трансплантате и, как следствие, к его тромботической окклюзии. После формирования анастомоза между трансплантатом и

Таблица 3. Факторы, влияющие на значение индекса периферического сопротивления (Pi)

Table 3. Factors affecting the value of the peripheral resistance index (Pi)

Факторы	OR	95% ДИ	p
Степень проксимального стеноза, %	0,987	0,975–0,999	0,034
Т-графт, пограничный стеноз (<70%)	1,699	1,101–2,62	0,017
Т-графт, пограничный стеноз / окклюзия	4,12	2,75–5,89	0,022
Тип кондуита	0,298	0,141–0,632	0,002
Диаметр шунтируемой артерии	0,21	0,112–0,395	0,001
Фиброз, кальциноз сосудистой стенки	2,25	0,98–5,18	0,05

Примечание (здесь и в табл. 4). OR – отношение шансов, ДИ – доверительный интервал.
Note (here and in Table 4). OR – odds ratio, ДИ – confidence interval.

Таблица 4. Результаты множественного регрессионного анализа для значения средней объёмной скорости кровотока (Q_{mean})

Table 4. Results of multiple regression analysis for the value of the mean volumetric blood flow velocity (Q_{mean})

Факторы	OR	95% ДИ	p
Степень проксимального стеноза	1,001	0,995–1,027	0,195
Т-графт, пограничный стеноз (<70%)	1,841	1,112–3,05	0,018
Т-графт, пограничный стеноз / окклюзия	3,91	2,21–4,65	0,041
Тип кондуита	0,714	0,314–1,627	0,423
Диаметр шунтируемой артерии	0,463	0,21–1,022	0,05
Фиброз, кальциноз сосудистой стенки	1,21	0,63–2,34	0,56

КА в силу вступают определённые законы, которые неуклонно ведут к окклюзии кондуита.

Проведённое нами исследование показало, что, помимо предикторов окклюзии шунтов, существуют факторы, которые влияют на параметры гемодинамики в кондуите. Такими факторами стали анатомические особенности шунтируемой КА, включающие в себя состояние сосудистой стенки, степень проксимального стеноза КА и её диаметр. Кроме того, определённое влияние на параметры флоуметрии оказывала тактика реваскуляризации: тип кондуита и способ шунтирования. Однако, рассматривая воздействие факторов на индекс периферического сопротивления, мы установили, что на значение Pi влияют только анатомические особенности шунтированной КА – состояние сосудистой стенки и её диаметр. Таким образом, с хирургической точки зрения оказание влияния на индекс периферического сопротивления становится маловероятным.

На значение средней объёмной скорости кровотока влияли умеренный стеноз крупной КА в сочетании с её диаметром более 2,0 мм, использование композитного шунтирования и использование аутоветы. Следовательно, исключение всех или части указанных факторов придаёт шунту более выгодное в гемодинамическом плане положение, что, в свою очередь, оказывает влияние на его функциональность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На значения параметров интраоперационной флоуметрии коронарных шунтов влияют такие параметры, как диаметр КА, степень проксимального стеноза КА, состояние сосудистой стенки, сочетание стеноза и окклюзии. На индекс периферического сопротивления (Pi) оказывают влияние диаметр КА (OR=0,21;

$p=0,001$); степень проксимального стеноза КА ($OR=0,987$; $p=0,034$); состояние сосудистой стенки ($OR=2,25$; $p=0,05$); тип используемого кондута ($OR=0,298$; $p=0,002$); способ шунтирования ($OR=1,699$; $p=0,017$), а также сочетание стеноза и окклюзии при комбинированном шунтировании ($OR=4,12$; $p=0,022$). На значение средней объёмной скорости кровотока влияют способ шунтирования ($OR=1,841$; $p=0,018$); сочетание окклюзии и пограничного стеноза при комбинированном шунтировании ($OR=3,91$; $p=0,041$); диаметр шунтируемой артерии ($OR=0,423$; $p=0,05$). Именно поэтому исключение указанных факторов придаёт шунту более выгодное гемодинамическое положение, которое будет выявляться при интраоперационной флоуметрии.

Соответствие принципам этики. Проведение научного исследования одобрено Этическим комитетом ФГБУ ФЦССХ (протокол № 60 от 09.10.2021).

Ethics approval. The scientific study was approved by the Ethics Committee of the Federal Center for Cardiovascular Surgery (protocol No. 60 dated 2021 Oct 09).

Информация об авторах / Information about the authors

Базылев Владлен Владленович – д-р мед. наук, проф., гл. врач ФГБУ ФЦССХ. ORCID: 0000-0001-6089-9722

Тунгусов Дмитрий Сергеевич – канд. мед. наук, зам. гл. врача по хирургии ФГБУ ФЦССХ. ORCID: 0000-0001-9272-7423

✉ **Сенжапов Ильгиз Якубович** – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 1 ФГБУ ФЦССХ. Адрес: Россия, 440062, Пенза, ул. Стасова, д. 6; e-mail: senzhapov1991@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-7101-2760

Гаранян Давид Норайрович – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 1 ФГБУ ФЦССХ. ORCID: 0000-0002-0682-3353

Микуляк Артур Иванович – канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург, зав. кардиохирургическим отделением № 1 ФГБУ ФЦССХ. ORCID: 0000-0002-9519-5036

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Disclosure of interest. The authors declare that they have no competing interests.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis of work.

Вклад авторов. В.В. Базылев, Д.С. Тунгусов – концепция и дизайн работы; А.И. Микуляк – сбор и анализ данных, написание текста статьи; И.Я. Сенжапов – статистическая обработка данных, написание текста статьи; Д.Н. Гаранян – сбор и анализ данных, написание текста статьи.

Authors' contribution. V.V. Bazylev, D.S. Tungusov – concept and design of study; A.I. Mikulyak – data collection and analysis, article writing; I.Ya. Senzhapov – statistical data processing, article writing; D.N. Garanyan – data collection and analysis, article writing.

Vladlen V. Bazylev – MD, Dr. Sci. (Med.), Prof., chief physician, Federal Center for Cardiovascular Surgery. ORCID: 0000-0001-6089-9722

Dmitry S. Tungusov – MD, Cand. Sci. (Med.), deputy chief physician, Federal Center for Cardiovascular Surgery. ORCID: 0000-0001-9272-7423

✉ **Ilgiz Ya. Senzhapov** – cardiovascular surgeon, Federal Center for Cardiovascular Surgery. Address: Russia, 440062, Penza, Stasova Str., 6; e-mail: senzhapov1991@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-7101-2760

David N. Garanyan – cardiovascular surgeon, Federal Center for Cardiovascular Surgery. ORCID: 0000-0002-0682-3353

Artur I. Mikulyak – MD, Cand. Sci. (Med.), cardiovascular surgeon, Federal Center for Cardiovascular Surgery. ORCID: 0000-0002-9519-5036

ЛИТЕРАТУРА

- Desai N.D., Miwa S., Kodama D., et al. A randomized comparison of intraoperative indocyanine green angiography and transit-time flow measurement to detect technical errors in coronary bypass grafts // *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006. Vol. 132, N 3. P. 585–594. doi: 10.1016/j.jtcvs.2005.09.061
- Singh S.K., Desai N.D., Chikazawa G., et al. The Graft Imaging to Improve Patency (GRIIP) clinical trial results // *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010. Vol. 139, N 2. P. 294–301. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.09.048
- Di Giammarco G., Canosa C., Foschi M., et al. Intraoperative graft verification in coronary surgery: increased diagnostic accuracy adding high-resolution epicardial ultrasonography to transit-time flow measurement // *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014. Vol. 45, N 3. P. e41–45. doi: 10.1093/ejcts/ezt580
- Handa T., Orihashi K., Nishimori H., et al. Maximal blood flow acceleration analysis in the early diastolic phase for in situ internal thoracic artery bypass grafts: a new transit-time flow measurement predictor of graft failure following coronary artery bypass grafting // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2015. Vol. 20, N 4. P. 449–457. doi: 10.1093/icvts/ivu448
- Hiraoka A., Fukushima S., Miyagawa S., et al. Quantity and quality of graft flow in coronary artery bypass grafting is associated with cardiac computed tomography study-based anatomical and functional parameters // *Eur J Cardiothorac Surg.* 2017. Vol. 52, N 5. P. 909–916. doi: 10.1093/ejcts/ezx210
- De Leon M., Stanham R., Soca G., Dayan V. Do flow and pulsatility index within the accepted ranges predict long-term outcomes after coronary artery bypass grafting? // *Thorac Cardiovasc Surg.* 2020. Vol. 68, N 2. P. 162–168. doi: 10.1055/s-0037-1600116
- Thuijsa D.J.F.M., Bekker M.W.A., Taggart D.P., et al. Improving coronary artery bypass grafting: a systematic review and meta-analysis on the impact of adopting transit-time flow measurement // *Eur J Cardiothorac Surg.* 2019. Vol. 56, N 4. P. 654–663. doi: 10.1093/ejcts/ezz075
- Oshima H., Tokuda Y., Araki Y., et al. Predictors of early graft failure after coronary artery bypass grafting for chronic total occlusion // *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2016. Vol. 23, N 1. P. 142–149. doi: 10.1093/icvts/ivw084
- Harahsheh B. Transit time flowmetry in coronary artery bypass grafting: experience at Queen Alia Heart Institute, Jordan // *Oman Med J.* 2012. Vol. 27, N 6. P. 475–477. doi: 10.5001/omj.2012.113
- Onorati F., Santarpino G., Leroise M.A., et al. Intraoperative behavior of arterial grafts in the elderly and the young: a flowmetric systematic analysis // *Heart Vessels.* 2008. Vol. 23, N 5. P. 316–324. doi: 10.1007/s00380-008-1055-8
- Santarpino G., Onorati F., Scalas C., et al. Radial artery achieves better flowmetric results than saphenous vein in the elderly // *Heart Vessels.* 2009. Vol. 24, N 2. P. 108–115. doi: 10.1007/s00380-008-1095-0
- Cerqueira Neto F.M., Guedes M.A., Soares L.E., et al. Flowmetry of left internal thoracic artery graft to left anterior descending artery: comparison between on-pump and off-pump surgery // *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2012. Vol. 27, N 2. P. 283–289. doi: 10.5935/1678-9741.20120045
- Gao G., Zheng Z., Pi Y., et al. Aspirin plus clopidogrel therapy increases early venous graft patency after coronary artery bypass surgery: a single-center, randomized, controlled trial // *J Am Coll Cardiol.* 2010. Vol. 56, N 20. P. 1639–1643. doi: 10.1016/j.jacc.2010.03.104

14. Genoni M., Odavic D., Loblein H., Dzembali O. Use of the eSVS Mesh: external vein support does not negatively impact early graft patency // *Innovations (Phila)*. 2013. Vol. 8, N 3. P. 211–214. doi: 10.1097/IMI.0b013e3182a326ed
15. Hatada A., Yoshimasu T., Kaneko M., et al. Relation of waveform of transit-time flow measurement and graft patency in coronary artery bypass grafting // *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007. Vol. 134, N 3. P. 789–791. doi: 10.1016/j.jtcvs.2007.04.054
16. Jelenc M., Jelenc B., Klokocovnik T., et al. Understanding coronary artery bypass transit time flow curves: role of bypass graft compliance // *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2014. Vol. 18, N 2. P. 164–168. doi: 10.1093/icvts/ivt457
17. Kim H.J., Lee T.Y., Kim J.B., et al. The impact of sequential versus single anastomoses on flow characteristics and mid-term patency of saphenous vein grafts in coronary bypass grafting // *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011. Vol. 141, N 3. P. 750–754. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.05.037
18. Di Giammarco G., Marinelli D. Intraoperative graft assessment and imaging of native coronary arteries // *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018. Vol. 34, Suppl. 3. P. 297–301. doi: 10.1007/s12055-018-0697-0
19. Ohmes L.B., Di Franco A., Di Giammarco G., et al. Techniques for intraoperative graft assessment in coronary artery bypass surgery // *J Thorac Dis*. 2017. Vol. 9, Suppl. 4. P. S327–S332. doi: 10.21037/jtd.2017.03.77

REFERENCES

1. Desai ND, Miwa S, Kodama D, et al. A randomized comparison of intraoperative indocyanine green angiography and transit-time flow measurement to detect technical errors in coronary bypass grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2006;132(3):585–594. doi: 10.1016/j.jtcvs.2005.09.061
2. Singh SK, Desai ND, Chikazawa G, et al. The Graft Imaging to Improve Patency (GRIIP) clinical trial results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;139(2):294–301. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.09.048
3. Di Giammarco G, Canosa C, Foschi M, et al. Intraoperative graft verification in coronary surgery: increased diagnostic accuracy adding high-resolution epicardial ultrasonography to transit-time flow measurement. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014;45(3):e41–45. doi: 10.1093/ejcts/ezt580
4. Handa T, Orihashi K, Nishimori H, et al. Maximal blood flow acceleration analysis in the early diastolic phase for in situ internal thoracic artery bypass grafts: a new transit-time flow measurement predictor of graft failure following coronary artery bypass grafting. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2015;20(4):449–457. doi: 10.1093/icvts/ivu448
5. Hiraoka A, Fukushima S, Miyagawa S, et al. Quantity and quality of graft flow in coronary artery bypass grafting is associated with cardiac computed tomography study-based anatomical and functional parameters. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2017;52(5):909–916. doi: 10.1093/ejcts/ezx210
6. De Leon M, Stanham R, Soca G, Dayan V. Do flow and pulsatility index within the accepted ranges predict long-term outcomes after coronary artery bypass grafting? *Thorac Cardiovasc Surg*. 2020;68(2):162–168. doi: 10.1055/s-0037-1600116
7. Thuijsa DJFM, Bekker MWA, Taggart DP, et al. Improving coronary artery bypass grafting: a systematic review and meta-analysis on the impact of adopting transit-time flow measurement. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2019;56(4):654–663. doi: 10.1093/ejcts/ezz075
8. Oshima H, Tokuda Y, Araki Y, et al. Predictors of early graft failure after coronary artery bypass grafting for chronic total occlusion. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2016;23(1):142–149. doi: 10.1093/icvts/ivw084
9. Harahsheh B. Transit time flowmetry in coronary artery bypass grafting- experience at Queen Alia Heart Institute, Jordan. *Oman Med J*. 2012;27(6):475–477. doi: 10.5001/omj.2012.113
10. Onorati F, Santarpino G, Lerosé MA, et al. Intraoperative behavior of arterial grafts in the elderly and the young: a flowmetric systematic analysis. *Heart Vessels*. 2008;23(5):316–324. doi: 10.1007/s00380-008-1055-8
11. Santarpino G, Onorati F, Scalas C, et al. Radial artery achieves better flowmetric results than saphenous vein in the elderly. *Heart Vessels*. 2009;24(2):108–115. doi: 10.1007/s00380-008-1095-0
12. Cerqueira Neto FM, Guedes MA, Soares LE, et al. Flowmetry of left internal thoracic artery graft to left anterior descending artery: comparison between on-pump and off-pump surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2012;27(2):283–289. doi: 10.5935/1678-9741.20120045
13. Gao G, Zheng Z, Pi Y, et al. Aspirin plus clopidogrel therapy increases early venous graft patency after coronary artery bypass surgery a single-center, randomized, controlled trial. *J Am Coll Cardiol*. 2010;56(20):1639–1643. doi: 10.1016/j.jacc.2010.03.104
14. Genoni M, Odavic D, Loblein H, Dzembali O. Use of the eSVS Mesh: external vein support does not negatively impact early graft patency. *Innovations (Phila)*. 2013;8(3):211–214. doi: 10.1097/IMI.0b013e3182a326ed
15. Hatada A, Yoshimasu T, Kaneko M, et al. Relation of waveform of transit-time flow measurement and graft patency in coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;134(3):789–791. doi: 10.1016/j.jtcvs.2007.04.054
16. Jelenc M, Jelenc B, Klokocovnik T, et al. Understanding coronary artery bypass transit time flow curves: role of bypass graft compliance. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2014;18(2):164–168. doi: 10.1093/icvts/ivt457
17. Kim HJ, Lee TY, Kim JB, et al. The impact of sequential versus single anastomoses on flow characteristics and mid-term patency of saphenous vein grafts in coronary bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;141(3):750–754. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.05.037
18. Di Giammarco G, Marinelli D. Intraoperative graft assessment and imaging of native coronary arteries. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018;34(Suppl 3):297–301. doi: 10.1007/s12055-018-0697-0
19. Ohmes LB, Di Franco A, Di Giammarco G, et al. Techniques for intraoperative graft assessment in coronary artery bypass surgery. *J Thorac Dis*. 2017;9(Suppl 4):S327–S332. doi: 10.21037/jtd.2017.03.77

Статья поступила в редакцию / The article received: 24.01.2022

Статья принята к печати / The article approved for publication: 17.05.2022

Статья опубликована / Article published: 26.09.2022