

А. В. БИРЮКОВ, И. С. ТРУСОВ, Е. М. НИФОНТОВ,
А. Ю. ПЕЛИПАСЬ, А. К. БАЗУНОВ, Г. Г. ХУБУЛАВА

Сосудистое ремоделирование при применении разных типов стентов при остром коронарном синдроме без подъема ST: ОКТ-исследование

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
197022, Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6-8
E-mail: dr:getsuga@gmail.com

Статья поступила в редакцию 28.12.25; принята к печати 27.03.26

Резюме

Введение. Широкое разнообразие стентов с лекарственным покрытием, применяемых для лечения острого коронарного синдрома, обуславливает необходимость сравнительных исследований процессов сосудистого заживления после их имплантации. Особый интерес представляет характер формирования неоинтимы и его зависимость от конструктивных особенностей стента. **Цель** – оценить параметры неоинтимального заживления после имплантации различных типов стентов с лекарственным покрытием у пациентов с острым коронарным синдромом без подъема сегмента ST и идентифицировать факторы, влияющие на сосудистое ремоделирование. **Материалы и методы.** В проспективное исследование было включено 111 пациентов с острым коронарным синдромом без подъема сегмента ST, которым были установлены различные типы стентов с лекарственным покрытием. В зависимости от типа установленного стента пациенты были распределены на четыре группы: группа 1 – кобальт-хромовый стент с постоянным полимером и эверолимусом; группа 2 – платина-хромовый стент с биодеградируемым полимером и эверолимусом; группа 3 – кобальт-хромовый стент с биодеградируемым покрытием и сиролимусом; группа 4 – платина-хромовый стент с постоянным полимером и эверолимусом. Группы пациентов были сопоставимы по основным клинико-демографическим показателям. Для количественной оценки заживления через 4,3±2,3 месяца всем пациентам проводилась оптическая когерентная томография (ОКТ). В рамках исследования с применением оптической когерентной томографии было проанализировано 54 195 страт в 111 стентах. Ключевым критерием оценки служил расчетный «индекс заживления». **Результаты.** Были выявлены статистически значимые различия между группами: наивысший индекс заживления ($p=0,004$) и наибольшее число непокрытых стент-страт ($p=0,009$) зафиксированы в группе с платина-хромовыми стентами с биодеградируемым покрытием. Кроме того, в группах с биодеградируемыми покрытиями чаще встречались мальпозированные страты ($p=0,002$). Многофакторный регрессионный анализ показал, что независимыми предикторами индекса заживления являются возраст ($p=0,0006$), диаметр стента ($p=0,003$), длительный анамнез артериальной гипертензии ($p=0,04$) и дислипидемия ($p=0,006$). Дальнейший анализ продемонстрировал, что возраст, гипертензия и дислипидемия ассоциированы преимущественно с количеством непокрытых страт, в то время как диаметр стента коррелировал главным образом с процентом мальпозированных страт. **Выводы.** Степень сосудистого ремоделирования после имплантации стентов с лекарственным покрытием при остром коронарном синдроме не демонстрирует принципиальной зависимости от типа стентирующей платформы. Наиболее значимое влияние на процесс сосудистого заживления оказывают немодифицируемые (возраст, диаметр стента) и модифицируемые (артериальная гипертензия, дислипидемия) факторы риска, что подчеркивает важность системного управления сердечно-сосудистыми рисками в дополнение к выбору интервенционной стратегии.

Ключевые слова: острый коронарный синдром, стенты с лекарственным покрытием, оптическая когерентная томография, возраст, дислипидемия, артериальная гипертензия

Для цитирования: Бирюков А. В., Трусов И. С., Нифонтов Е. М., Пелипась А. Ю., Базунов А. К., Хубулава Г. Г. Сосудистое ремоделирование при применении разных типов стентов при остром коронарном синдроме без подъема ST: ОКТ-исследование // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2026. Т. 25, № 3. С. 16–23. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2026-25-3-16-23>.

ALEXEY V. BIRYUKOV, IVAN S. TRUSOV,
 EVGENIY M. NIFONTOV, ALEXEY Yu. PELIPAS',
 ALEXEY K. BAZUNOV, GENNADII G. KHUBULAVA

Vascular Remodeling Using Different Types of Stents in Non-ST Elevation Acute Coronary Syndrome: OCT Study

Pavlov University

6-8, L'va Tolstogo street, Saint Petersburg, Russia, 197022

E-mail: dr:getsuga@gmail.com

Received 28.12.25; accepted 27.03.26

Summary

Introduction. The wide variety of drug-eluting stents used to treat acute coronary syndrome necessitates comparative studies of vascular healing processes after their implantation. Of particular interest is the nature of neointimal formation and its relationship to stent design features. **Objective.** To evaluate neointimal healing parameters after implantation of different types of drug-eluting stents in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome and to identify factors influencing vascular remodeling. **Materials and Methods.** This prospective study included 111 patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome after implantation of different types of drug-eluting stents. Depending on the type of stent implanted, the patients were divided into 4 groups: Group 1 – a cobalt-chromium stent with permanent polymer and everolimus; Group 2 – a platinum-chromium stent with bioabsorbable polymer and everolimus; Group 3 – a cobalt-chromium stent with bioabsorbable coating and sirolimus; Group 4 – a platinum-chromium stent with permanent polymer and everolimus. The patient groups were comparable in terms of key clinical and demographic parameters. For quantitative assessment of healing, optical coherence tomography (OCT) was performed in all patients after 4.3 ± 2.3 months. A total of 54,195 struts in 111 stents were analyzed by OCT. The key evaluation criterion was the calculated «healing index». **Results.** Statistically significant differences were found between the groups: the highest healing index ($p=0.004$) and the highest number of uncovered stent struts ($p=0.009$) were observed in the group with platinum-chromium stents with a bioabsorbable coating. Furthermore, malapposed stent struts were more common in the groups with bioabsorbable coatings ($p=0.002$). Multivariate regression analysis revealed that independent predictors of the healing index were age ($p=0.0006$), stent diameter ($p=0.003$), a long history of arterial hypertension ($p=0.04$), and dyslipidemia ($p=0.006$). Further analysis demonstrated that age, hypertension, and dyslipidemia were primarily associated with the number of uncovered struts, whereas stent diameter correlated mainly with the percentage of malapposed struts. **Conclusions.** The degree of vascular remodeling after drug-eluting stent implantation for acute coronary syndrome does not demonstrate a fundamental relationship with the type of stent platform. Non-modifiable (age, stent diameter) and modifiable (hypertension, dyslipidemia) risk factors have the most significant impact on vascular healing, highlighting the importance of systematic cardiovascular risk management in addition to the choice of interventional strategy.

Keywords: acute coronary syndrome, drug-eluting stents, optical coherence tomography, age, dyslipidemia, arterial hypertension

For citation: Biryukov A. V., Trusov I. S., Nifontov E. M., Pelipas' A. Yu., Bazunov A. K., Khubulava G. G. Vascular remodeling using different types of stents in non-ST elevation acute coronary syndrome: OCT study. *Regional Blood Circulation and Microcirculation*. 2026;25(3):16–23. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2026-25-3-16-23>.

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания занимают ведущее положение среди основных причин заболеваемости и смертности населения как в Европе, так и в России [1, 2]. Наиболее значимым патологическим состоянием, вносящим свой вклад в инвалидность и смертность, является острый коронарный синдром. В течение последних лет отмечается тенденция к снижению частоты летальных исходов, ассоциированной с инфарктом миокарда, в связи с широким внедрением в клиническую практику современных методов реваскуляризации миокарда, таких как ангиопластика и стентирование коронарных артерий, а также аортокоронарное шунтирование [3].

Принципы эндоваскулярного лечения коронарных артерий в течение последних десятилетий претерпевают значимые изменения: от изолированной баллонной ангиопластики, появления голометалли-

ческих каркасов до их вытеснения из клинической практики современными стентами с лекарственным покрытием [4].

Согласно последним клиническим рекомендациям по реваскуляризации миокарда всем пациентам с острым коронарным синдромом показана установка стента с лекарственным покрытием, при этом применение стентов с полимерным покрытием первого поколения не рекомендовано [5]. В течение последних десятилетий на рынке появилось широкое разнообразие стентов с различным полимером и лекарственным веществом в качестве покрытия. Однако до сих пор вопрос рационального применения стентов в зависимости от клинических ситуаций остается открытым. Согласно опыту рентгенэндоваскулярных хирургов некоторые стенты больше подходят для лечения кальцинированных бляшек, в то время как другие оптимально использовать при бифуркационных

стентированиях. В то же время данных, позволяющих применять дифференциальный подход к выбору платформы и типа полимерного покрытия в зависимости от характера сопутствующих заболеваний, в настоящее время недостаточно.

Цель исследования – оценить характер неинтимального заживления в зависимости от типа применяемого стента и уточнить факторы, влияющие на сосудистое ремоделирование.

Материалы и методы исследования

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова» (выписка из протокола № 75 от 28.11.2016). В исследование включены 111 пациентов с острым коронарным синдромом без подъема сегмента ST, которым было выполнено стентирование артерии, ответственной за ишемию. Критерии включения: возраст от 35 до 80 лет, возможность приема двойной антиагрегантной терапии и подписанное информированное согласие. Критерии исключения: острая или декомпенсированная хроническая сердечная недостаточность, онкологические, системные воспалительные (эндокардит, миокардит, перикардит, заболевания соединительной ткани) и тяжелые респираторные заболевания с легочной гипертензией, а также тяжелая печеночная или почечная недостаточность.

Пациенты были рандомизированы на четыре группы в зависимости от типа установленного стента:

группа 1: кобальт-хромовый стент с постоянным полимером и эверолимусом;

группа 2: платина-хромовый стент с биodeградируемым полимером и эверолимусом;

группа 3: кобальт-хромовый стент с биodeградируемым покрытием и сиролимусом;

группа 4: платина-хромовый стент с постоянным полимером и эверолимусом.

Все процедуры стентирования выполнялись под ангиографическим контролем без применения методов внутрисосудистой визуализации.

Через $4,3 \pm 2,3$ месяца всем пациентам выполнялась повторная коронарография, а также оптическая когерентная томография ранее установленного стентированного сегмента коронарных артерий. В ходе ОКТ-анализа оценивались доля непокрытых и мальпозированных структур, а также присутствие внутрипросветных тромботических масс. Интегральным показателем сосудистого ремоделирования служил «индекс заживления», рассчитываемый по формуле

$$\text{Индекс заживления} = [\% \text{ВД} \times 4] + [\% \text{МН} \times 3] + [\% \text{Н} \times 2] + [\% \text{МП}],$$

где % ВД – процент внутрипросветных дефектов заполнения; % МН – процент мальпозированных непокрытых страт; % Н – процент непокрытых страт, прилежащих к сосудистой стенке; % МП – процент мальпозированных покрытых страт.

Неинтимальный индекс заживления – это комплексный расчетный параметр, отражающий степень эндотелизации стента. Его величина определяется суммарным соотношением непокрытых и мальпозированных страт (как покрытых неинтимой, так и

лишенных таковой), а также наличием интралюминальных дефектов в виде тромбов [6]. Идеальный показатель индекса заживления должен быть равен 0. Чем больше непокрытых и мальпозированных страт в стенке, тем выше значение индекса и вероятность развития отдаленных осложнений. В настоящее время данный показатель используется в ряде работ как зарубежных, так и российских авторов [7, 8]. Значение индекса заживления должно коррелировать с риском развития отдаленных осложнений, однако крупных исследований по этому поводу не проводилось.

Статистическая обработка выполнена в SAS 9.4. Нормально распределенные количественные данные сравнивались с помощью ANOVA с последующим тестом Тьюки; для данных, не подчиняющихся нормальному распределению, применялись тесты Вилкоксона и Краскелла – Уоллеса. Категориальные переменные анализировались критерием χ^2 или точным критерием Фишера. Корреляционный анализ проводили по Пирсону. Для выявления предикторов исхода использовали логистическую регрессию с расчетом отношения шансов, а для построения прогнозных моделей – линейный регрессионный анализ. Диагностическая ценность моделей оценивалась методом ROC-анализа. Уровень значимости был установлен на отметке $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Всего в исследование включены 111 пациентов с ОКС без подъема сегмента ST, которым были установлены стенты с лекарственным покрытием. Пациенты были распределены на четыре группы в зависимости от типа имплантированного стента: группа 1 ($n=25$) – кобальт-хромовый стент с постоянным полимером и эверолимусом; группа 2 ($n=42$) – платина-хромовый стент с биodeградируемым полимером и эверолимусом; группа 3 ($n=19$) – кобальт-хромовый стент с биodeградируемым покрытием и сиролимусом; группа 4 ($n=25$) – платина-хромовый стент с постоянным полимером и эверолимусом. Группы были сопоставимы по основным клинко-демографическим показателям, однако достоверно различались по диаметру и длине установленных стентов (табл. 1).

В ходе выполнения ОКТ-анализа оценено состояние 54 195 страт в 111 стентах, среднее число анализированных страт составило 488 на одно поражение.

По результатам анализа данных ОКТ выявлены достоверные различия в степени неинтимального заживления по результатам «индекса заживления» в зависимости от типа использованного стента, при этом наибольшие различия отмечаются между группами 2 и 4 (табл. 2). При этом как процент непокрытых страт, так и процент мальпозированных страт достоверно различались в зависимости от типа установленного стента. Достоверных данных за наличие значимых внутрипросветных масс в ходе анализа получено не было.

Показатель индекса заживления не зависел от пола ($p=0,9$), характера полимерного покрытия стента ($p=0,5$), а также длины стентированного сегмента ($p=0,8$). На неинтимальное заживление не влияло

Таблица 1

Клинико-демографические характеристики пациентов, включенных в исследование.

Table 1

Clinical and demographic characteristics of patients included in the study

Показатель	Группа 1, n=25	Группа 2, n=42	Группа 3, n=19	Группа 4, n=25	Значимость, p
Возраст, лет	60,1±7,3	62,6±9,1	60,2±11,5	62,6±9,1	P1-2=0,70 P1-3=1,0 P1-4=0,77 P2-3=0,78 P2-4=1,0 P3-4=0,83
Мужской пол, n (%)	22/25 (88 %)	32/42 (76,2 %)	13/19 (68,4 %)	16/25 (64 %)	0,23
Женский пол, n (%)	3/25 (12,0 %)	10/42 (23,8 %)	6/19 (31,6 %)	9/25 (36,0 %)	0,23
Наличие сахарного диабета, n (%)	6/25 (24,0 %)	8/42 (19,0 %)	6/19 (31,6 %)	7/25 (28,0 %)	0,74
Гипертоническая болезнь, n (%)	21/25 (84,0 %)	40/42 (95,2 %)	16/19 (84,2 %)	23/25 (92,0 %)	0,37
ЧКВ в анамнезе, n (%)	12/25 (48,0 %)	20/42 (47,6 %)	12/19 (63,2 %)	6/25 (24,0 %)	0,07
Инфаркт миокарда в анамнезе, n (%)	13/25 (52,0 %)	20/42 (47,6 %)	6/19 (31,6 %)	10/25 (40,0 %)	0,52
Фракция выброса ЛЖ по Simpson, в %	62,1±8,1	57,8±12,4	56,2±14,2	59,3±7,9	P1-2=0,40 P1-3=0,29 P1-4=0,80 P2-3=0,95 P2-4=0,95 P3-4=0,80
Диаметр стента, мм	3,9±0,2	3,6±0,5	3,4±0,5	2,9±0,5	P1-2=0,03 P1-3=0,002 P1-4<0,001 P2-3=0,67 P2-4<0,001 P3-4=0,006
Длина стента, мм	18,8±7,4	28,0±17,9	24,8±8,1	36,3±12,1	P1-2=0,05 P1-3=0,95 P1-4<0,001 P2-3=1,00 P2-4=0,1 P3-4=0,05

Таблица 2

Показатели, характеризующие сосудистое ремоделирование имплантированных стентов в зависимости от типа установленного стента

Table 2

Indicators characterizing vascular remodeling of implanted stents depending on the stent type

Показатель	Группа 1, n=25	Группа 2, n=42	Группа 3, n=19	Группа 4, n=25	Значимость, p
Индекс заживления	12,0 (11,9; 43,5)	16,6 (11,5; 54,5)	11,0 (6,5; 26,3)	7,7 (3,8; 20,6)	0,004
Процент непокрытых страт, %	3,1 (3,1; 9,5)	6,0 (3,5; 14,5)	2,6 (1,5; 4,4)	2,8 (0,8; 9,1)	0,009
Процент мальпозированных покрытых и непокрытых страт, %	2,0 (1,9; 8,3)	2,4 (1,6; 9,1)	1,9 (0,5; 6,5)	0,9 (0,7; 2,6)	0,002

наличие на момент поступления дислипидемии ($p=0,14$), сахарного диабета ($p=0,79$), перенесенного ранее инфаркта миокарда ($p=0,49$) или выполнения ЧКВ в анамнезе ($p=0,09$). Степень сосудистого заживления имела прямую корреляционную связь с возрастом: чем старше пациент, тем выше отмеча-

лось значение индекса заживления ($r=0,26$; $p=0,006$). У пациентов с известным анамнезом гипертонической болезни отмечалось достоверно большее значение индекса заживления, чем у больных без зафиксированного ранее диагноза (11,5 (2,7; 14,1) у пациентов без гипертонической болезни против 13,3 (8,2; 39,9)

Показатели, влияющие на индекс заживления стентов, установленных в связи с развитием острого коронарного синдрома без подъема сегмента ST по данным линейной регрессии

Table 3

Indicators affecting the healing index of stents implanted due to the development of non-ST-segment elevation acute coronary syndrome according to linear regression data

Показатель	Коэффициент	Стандартное отклонение	p	Стандартизованный коэффициент	95 % ДИ
Возраст, годы	0,77	0,21	0,0006	0,33	0,34 1,20
Диаметр стента, мм	10,08	3,33	0,003	0,27	3,47 16,7
Гипертоническая болезнь (1 – есть, 0 – нет)	13,11	6,34	0,04	0,19	0,54 25,70
Дислипидемия (1 – есть, 0 – нет)	11,06	4,01	0,006	0,25	3,11 19,01

Примечание: p – достоверность различий.

у пациентов с диагнозом гипертоническая болезнь, $p=0,03$). Показатель индекса заживления коррелировал с диаметром установленного стента, однако отмечалась слабая корреляционная связь ($r=0,196$; $p=0,04$).

При выполнении линейного регрессионного анализа наибольшее влияние на показатель индекса заживления оказали возраст пациента, диаметр стентированной артерии, наличие гипертонической болезни и дислипидемия на момент поступления в стационар. Результат линейной регрессии может быть представлен следующей формулой:

Индекс заживления = $0,77 \times (\text{Возраст, годы}) + 10,0 \times (\text{Диаметр стента, мм}) + 13,1 \times (\text{Гипертоническая болезнь}) + 11,1 \times (\text{Дислипидемия}) - 77$, где при наличии гипертонической болезни или дислипидемии коэффициент равен 1, а при отсутствии – 0 ($R^2=0,20$, $p<0,0001$). Основные результаты линейной регрессии представлены в табл. 3.

Стоит отметить, что тип установленного стента не вносил значимый вклад в степень неинтимального заживления по данным линейной регрессии.

Особый интерес вызывало влияние факторов на основные компоненты сосудистого ремоделирования стентированной артерии – непокрытые и мальпозированные страты стента.

Так, тип стента влиял как на процент непокрытых страт, так и на процент мальпозированных покрытых и непокрытых страт (табл. 2). При исследовании влияния типа полимерного покрытия на сосудистое ремоделирование выявлено, что при использовании стента с постоянным полимером число мальпозированных покрытых страт (0,3 (0,13; 0,60)) было достоверно больше, чем при применении стента с биодеградируемым полимером (0,3 (0,23; 2,07); $p=0,03$), при этом количество непокрытых аппозитных и мальпозированных страт в группах достоверно не различалось. При применении корреляционного анализа выявлена прямая связь возраста пациента с числом непокрытых страт ($r=0,28$, $p=0,002$), число мальпозированных страт не зависело от возраста пациента. Длина стентированного сегмента и диаметр стента коррелировали с числом мальпозированных страт, при этом число мальпозированных покрытых страт имело прямую связь с длиной стента ($r=0,27$; $p=0,005$) и обратную

связь с диаметром стента ($r=-0,35$; $p=0,0002$), а число мальпозированных непокрытых страт имело обратную связь с длиной стента ($r=-0,24$; $p=0,01$) и прямую корреляционную связь с диаметром стента ($r=0,42$; $p<0,0001$).

По результатам линейной регрессии на процент непокрытых страт наибольшее влияние оказали возраст больного ($p=0,001$), наличие гипертонической болезни ($p=0,036$), а также дислипидемия ($p=0,02$) ($R^2=0,17$; $p=0,0002$); на процент мальпозированных покрытых страт влияли диаметр стента ($p=0,0001$), а также тип полимера ($p=0,03$) ($R^2=0,18$; $p<0,0001$); на процент мальпозированных непокрытых страт оказывали влияние диаметр стента ($p<0,0001$), возраст ($p=0,02$), наличие в анамнезе перенесенного инфаркта миокарда ($p=0,03$), а также дислипидемия ($p=0,046$) ($R^2=0,28$; $p<0,0001$).

В настоящее время остается актуальной проблема персонализированного подхода в лечении пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. При остром коронарном синдроме без подъема сегмента ST методом выбора реваскуляризации является стентирование коронарных артерий. Однако в течение года от момента оперативного лечения у достаточно большого процента пациентов возникает рестеноз или коронарный тромбоз, что приводит к рецидиву клиники стенокардии, а в ряде случаев и к инфаркту миокарда, в том числе и фатальному [9, 10].

В настоящее время существует широкое разнообразие различных видов стентов с лекарственным покрытием, применение которых имеет как свои преимущества, так и свои недостатки. Выбор наиболее подходящего стента конкретному пациенту в конкретной клинической ситуации является оптимальным для влияния на клиническую картину и прогноз.

В предшествующей работе было показано, что при применении разных платформ у одного пациента в бассейне одной коронарной артерии наблюдается разная степень сосудистого ремоделирования, в связи с чем представляет определенный интерес выявление факторов, влияющих на степень заживления разных типов стента [11].

По результатам нашего исследования установлено, что наиболее полным неинтимальным зажив-

лением обладают стенты с постоянным полимером, содержащие эверолимус, однако стоит иметь в виду, что в ряде случаев на фоне хорошей эндотелизации страт стента развиваются гиперпролиферация и рестеноз в зоне стентирования. В то же время высокие показатели индекса заживления говорят о длительной персистенции непокрытых страт в просвете коронарной артерии, что значительно увеличивает риск развития тромбоза коронарной артерии. В таком случае, возможно, будет являться более целесообразным воздержаться от применения стентов с биодеградируемым лекарственным покрытием у пациентов, которым показано сокращение сроков двойной антиагрегантной терапии до минимального по тем или иным причинам (показания к оперативному лечению, крайне высокий риск кровотечения).

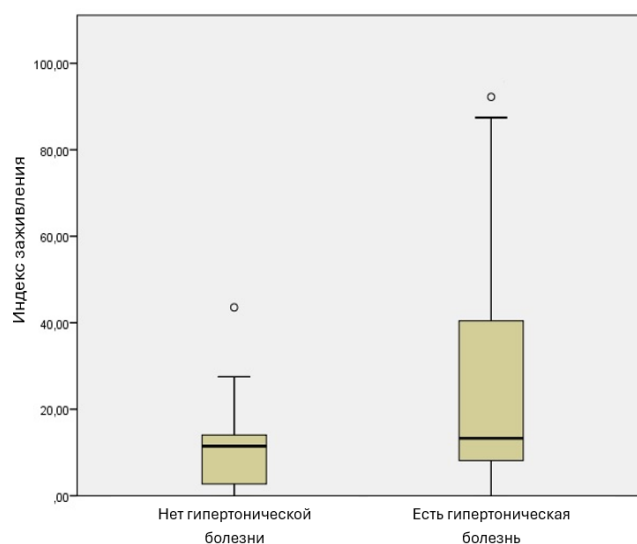
Стоит отметить, что при проведении линейного регрессионного анализа тип установленного стента не влиял на показатели неоинтимального заживления. Среди структурных особенностей стента наибольший вклад в величину индекса заживления вносил диаметр стентированной артерии.

Среди основных компонентов индекса заживления диаметр стента оказывал влияние на процент мальпозированных покрытых и непокрытых страт. Вероятным механизмом развития мальпозиции могла стать недооценка истинного диаметра стентированной артерии и, как следствие, недостаточная постдилатация. В то же самое время стоит отметить, что при применении ряда стентов с ультратонкими стратами, особенно при наличии выраженного кальциноза, может возникать «гесол» – состояние, при котором отмечается самопроизвольное уменьшение диаметра стента после дилатации. При этом процент мальпозированных страт также зависел и от длины стентированного сегмента, что объясняется неравномерностью диаметра коронарной артерии между проксимальным и дистальным сегментами сосуда [12].

Наиболее значимым фактором, влиявшим на степень неоинтимального заживления, стал возраст больного, чем старше был пациент, тем хуже степень заживления. При этом возраст вносил свой вклад в показатель индекса заживления преимущественно за счет увеличения процента непокрытых страт. Данный факт отмечался и в других работах и объясняется сниженной репаративной способностью сосудистой стенки у пациентов пожилого возраста [13].

Также было показано уменьшение эндотелизации, преимущественно за счет непокрытых страт, у пациентов с длительным анамнезом гипертонической болезни. Сама по себе артериальная гипертензия влияет на эндотелий сосудистой стенки коронарных артерий, что в том числе приводит к эндотелиальной дисфункции и ухудшению течения ИБС [14, 15].

Показано, что при гипертензии высокой степени чаще всего отмечается повышение уровня слущенных эндотелиоцитов и прогениторных эндотелиальных клеток [16]. На фоне повреждения сосуда стентами у пациентов с повышенным артериальным давлением снижается репаративная возможность, что приводит к замедлению сосудистого заживления.



Показатель индекса заживления в зависимости от наличия гипертонической болезни

Healing index depending on the presence of hypertension

Еще одной причиной снижения сосудистого заживления стала дислипидемия. В предшествующей работе было показано, что на ухудшение сосудистого заживления влияет как уровень общего холестерина, так и уровень ЛПНП и такой интегративный показатель дислипидемии, как коэффициент атерогенности. При этом у пациентов с дислипидемией степень сосудистого заживления была хуже [13].

В рамках данного исследования влияние конкретных компонентов липидного спектра на характер ремоделирования не оценивалось. В ряде исследований не показана связь исходов стентирования с применением стентов с лекарственным покрытием с характером изменений липидограммы, однако исследователи утверждают, что причиной этому в большинстве своем является не столько уровень ЛПНП, сколько отсутствие адекватной терапии в послеоперационном периоде и недостижение целевых показателей ЛПНП [17].

Стоит отметить, что данное исследование имеет ограничение, ассоциированное с малым количеством исследованных пациентов, обусловленное необходимостью выполнения оптической когерентной томографии пациентам повторно после проведенного лечения. Для уточнения влияния выявленных факторов на сосудистое ремоделирование стентированной артерии требуется продолжение исследований.

Заключение

Проведенное проспективное исследование с участием пациентов с ОКСбпST позволило комплексно оценить процессы неоинтимального заживления после имплантации различных типов СЛП. Установлено, что тип стентирующей платформы не оказывает принципиального влияния на итоговую степень сосудистого заживления. Несмотря на выявленные статистически значимые различия между группами – наивысший индекс заживления и наибольшее количество непокрытых страт при использовании платиновых стентов с биодеградируемым полимером, а также повышенная частота мальпозированных страт

в группах с биodeградируемыми покрытиями – эти конструктивные особенности не стали определяющими для общего исхода эндоваскулярного лечения.

Ключевыми детерминантами процесса репарации сосуда выступают системные факторы риска пациента. Многофакторный регрессионный анализ идентифицировал независимыми предикторами, влияющими на степень заживления, возраст, диаметр имплантированного стента, длительный анамнез артериальной гипертензии и дислипидемию.

Таким образом, полученные данные смещают фокус внимания интервенционной кардиологии от выбора конкретной модели СЛП к персонализированному управлению коморбидностью. Эффективность чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с ОКСбпСТ определяется не столько технологическими характеристиками имплантируемого устройства, сколько адекватным контролем сердечно-сосудистых рисков до и после процедуры. Это обосновывает необходимость интеграции агрессивной медикаментозной терапии нарушений липидного обмена и артериального давления в стандартный протокол ведения данной категории больных для оптимизации долгосрочных клинических результатов реваскуляризации.

Данное исследование имеет определенные ограничения, ассоциированные с количеством включенных пациентов, влияние типа стентов на особенности сосудистого заживления требует продолжения исследования.

Конфликт интересов / Conflict of Interest

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

Литература / References

1. Timmis A, et al. European society of cardiology: cardiovascular disease statistics 2021. *European Heart Journal*. 2022;43(8):716–799. Doi: 10.1093/eurheartj/ehab892.
2. Самородская И. В., Старинская М. А., Бойцов С. А. Динамика региональных показателей смертности от сердечно-сосудистых заболеваний и когнитивные нарушения в России 2019–2021 годах // *Российский кардиологический журнал*. 2023. Т. 28, № 4. С. 5256. [Samorodskaya IV, Starinskaya MA, Boytsov SA. Changes of regional mortality rates from cardiovascular diseases and cognitive disorders in Russia over 2019–2021. *Russian Journal of Cardiology*. 2023;28(4):5256. (In Russ.)]. Doi: 10.15829/1560-4071-2023-5256.
3. Кашталап В. В., Завырылина И. Н., Барбараши О. Л. Эндоваскулярная реваскуляризация при остром коронарном синдроме с подъемом сегмента ST в России: проблемы и перспективы дальнейшего развития // *Креативная кардиология*. 2015. № 3. С. 5–15. [Kashtalap VV, Zavyrylina IN, Barbarash OL. Endovascular revascularization in acute coronary syndrome with ST-segment elevation in Russia: problems and prospects for further development. *Kreativnaya kardiologiya*. 2015;(3):5–15. (In Russ.)]. Doi: 10.15275/kreatkard.2015.03.01.
4. Смирнов К. А., Бирюков А. В., Иванченко Р. Д. и др. История развития и сравнительная оценка современных стентов для коронарных артерий // *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2019. Т. 23, № 1S. С. 9–17. [Smirnov KA, Biryukov AV, Ivanchenko RD, et al. History of development and comparative evaluation of modern stents for coronary arteries.

Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery. 2019;23(1 Suppl. 1):9–17. (In Russ.)]. Doi: 10.21688/1681-3472-2019-1S-S9-S17.

5. Neumann FJ, et al. Рекомендации ESC/EACTS по реваскуляризации миокарда 2018 // *Российский кардиологический журнал*. 2019. № 8. С. 151–226. [Neumann FJ, et al. 2018 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;(8):151–226. (In Russ.)]. Doi: 10.15829/1560-4071-2019-8-151-226.

6. García-García HM, Muramatsu T, Nakatani S, et al. Serial optical frequency domain imaging in STEMI patients: the follow-up report of TROFI study. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2014;15(9):987–995. Doi: 10.1093/ehjci/jeu042.

7. Ибрагимов Р. У., Бадоян А. Г., Крестьянинов О. В. и др. Сравнительный анализ эндотелиального покрытия эверолимус-выделяющих стентов Synergy с биodeградируемым покрытием и Xience с постоянным полимером с помощью оптической когерентной томографии через 3 месяца после чрескожного коронарного вмешательства на стволе левой коронарной артерии // *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2017. Т. 21, № 4. С. 59–66. [Ibragimov RU, Badoyan AG, Krestyaninov OV, et al. Optical coherence tomography for evaluating Synergy everolimus-eluting stents with biodegradable polymer and Xience durable polymer everolimus-eluting stents following percutaneous coronary intervention in patients with left main coronary artery stenosis. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2017;21(4):59–68. (In Russ.)]. Doi: 10.21688/1681-3472-2017-4-59-68.

8. Lv X, Shen L, Wu Y, et al. Healing score of the Xinsorb scaffold in the treatment of de novo lesions: 6-month imaging outcomes. *Int. J. Cardiovasc. Imag.* 2018;34(7):1009–1016. Doi: 10.1007/s10554-018-1326-0.

9. Kamenik M, Widimský P. Stent thrombosis in acute coronary syndromes: patient-related factors and operator-related factors. *Anatolian Journal of Cardiology*. 2020;24(4):274. Doi: 10.14744/AnatolJCardiol.2020.69679.

10. Walters DL, et al. Acute coronary syndrome is a common clinical presentation of in-stent restenosis. *The American journal of cardiology*. 2002;89(5):491–494. Doi: 10.1016/s0002-9149(01)02285-8.

11. Трусов И. С., Нифонтов Е. М., Бирюков А. В. и др. Влияние характеристик лекарственного покрытия на сосудистое ремоделирование: сравнение стентов последних поколений // *Ученые записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова*. 2019. Т. 26, № 1. С. 74–80. [Trusov IS, Nifontov EM, Biryukov AV, et al. Effect of the drug coating characteristics on vascular remodeling: comparing the latest generations of stents. *The Scientific Notes of IPP-SPSMU*. 2019;26(1):74–80. (In Russ.)]. Doi: 10.24884/1607-4181-2019-26-1-74-80.

12. He Q, Fan Y, Xu Z, Zhang J. Evaluation of post-dilatation on longitudinal stent deformation and postprocedural stent malapposition in the left main artery by optical coherence tomography (OCT): an in vitro study. *BMC Med Imaging*. 2024 Mar 1;24(1):53. Doi: 10.1186/s12880-024-01223-6.

13. Трусов И. С., Бирюков А. В., Нифонтов Е. М. и др. Особенности сосудистого ремоделирования после установки эверолимус-покрытых стентов при остром коронарном синдроме без подъема сегмента St по результатам оптической когерентной томографии // *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2021. Т. 10, № 2. С. 60–71. [Trusov IS, Biryukov AV, Nifontov EM, et al. Vascular remodeling after everolimus-eluting stent implantation in non-ST segment elevation acute coronary syndrome: optical coherence tomography. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2021;10(2):60–71. (In Russ.)]. Doi: 10.17802/2306-1278-2021-10-2-60-71.

14. Корякина Л. Б., Пивоваров Ю. И., Курильская Т. Е. и др. Дисфункция сосудистого эндотелия при артериальной гипертензии и ишемической болезни сердца (обзор литературы) // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2013. № 2-1 (90). С. 165–170. [Koryakina LB, Pivovarov YuI, Kuril'skaya TE, et al. Dysfunction of vascular endothelium at arterial hypertension and coronary disease (literature review). *Acta Biomedica Scientifica*. 2013; (2-1(90)):165–170. (In Russ.)].

15. Сысоев К. А. Морфофункциональные изменения эндотелия в патогенезе гипертонической болезни // Артериальная гипертензия. 2017. Т. 23, № 5. С. 447–456. [Sysoev KA. Morphofunctional alterations in endothelium in the pathogenesis of essential hypertension. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension*. 2017;23(5):447–456. (In Russ.)]. Doi: 10.18705/1607-419X-2017-23-5-447-456.

16. Зимницкая О. В., Петрова М. М. Особенности эндотелиальной дисфункции при гипертонической болезни // Медицинский алфавит. 2019. Т. 1, № 3 (378). С. 29–33. [Zimnitskaya OV, Petrova MM. Features of endothelial dysfunction in essential hypertension. *Medical alphabet*. 2019; 1(3(378)):29–33. (In Russ.)]. Doi: 10.33667/2078-5631-2019-1-3(378)-29-33.

17. Томилова Д. И., Карпов Ю. А., Лопухова В. В. Клинические исходы пациентов со стабильной стенокардией после планового чрескожного коронарного вмешательства с имплантацией стента с лекарственным покрытием // РКЖ. 2017. № 8 (148). С. 7–12. [Tomilova DI, Karpov YuA, Lopukhova VV. Clinical outcomes of percutaneous coronary intervention with drug eluting stent in stable angina patients. *Russian Journal of Cardiology*. 2017;(8(148)):7–12. (In Russ.)]. Doi: 10.15829/1560-4071-2017-8-7-12.

Информация об авторах

Бирюков Алексей Владимирович – канд. мед. наук, зав. отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения № 1 НИИ хирургии и неотложной медицины, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: m.l.m@bk.ru, ORCID: 0000-0003-2872-5663.

Трусов Иван Сергеевич – канд. мед. наук, доцент кафедры терапии факультетской с курсом эндокринологии и кардиологии с клиникой, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: dr:getsuga@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4869-2195.

Нифонтов Евгений Михайлович – д-р мед. наук, профессор кафедры терапии факультетской с курсом эндокринологии, кардиологии и функциональной диагностики с клиникой, зав. лабораторией неотложной кардиологии НИИ

сердечно-сосудистых заболеваний НИИЦ, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: nifontovem@1spbmgmu.ru, ORCID: 0000-0001-7429-2331.

Пелипас Алексей Юрьевич – врач-рентгеноэндоваскулярный хирург отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения № 1 НИИ хирургии и неотложной медицины, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: alex1803@inbox.ru, ORCID: 0009-0002-7404-3313.

Базунов Алексей Константинович – врач-рентгеноэндоваскулярный хирург отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения № 1 НИИ хирургии и неотложной медицины, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: bazunovak@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6011-8073.

Хубулава Геннадий Григорьевич – д-р мед. наук, профессор, академик РАН, зав. кафедрой хирургии факультетской с курсами лапароскопической и сердечно-сосудистой хирургии с клиникой, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: ggkh07@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-9242-9941.

Author Information

Biryukov Alexey V. – Cand. (PhD) of Med. Sci., Head, Department of X-ray Surgical Diagnostic and Treatment methods № 1, Research Institute of Surgery and Emergency Medicine, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: m.l.m@bk.ru, ORCID: 0000-0003-2872-5663.

Trusov Ivan S. – Cand. (PhD) Of Med. Sci., Docent, Faculty Therapy Department, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: dr:getsuga@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4869-2195.

Nifontov Evgeniy M. – MD, Professor, Faculty Therapy Department, Head, Emergency Cardiology Laboratory, Research Institute of Cardiovascular Diseases, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: nifontovem@1spbmgmu.ru, ORCID: 0000-0001-7429-2331.

Pelipas' Alexey Yu. – X-ray Endovascular Surgeon, Department of X-ray Diagnostic Methods and Treatment № 1, Research Institute of Surgery and Emergency Medicine, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: alex1803@inbox.ru, ORCID: 0009-0002-7404-3313.

Bazunov Alexey K. – X-ray Endovascular Surgeon, Department of X-ray Diagnostic Methods and Treatment № 1, Research Institute of Surgery and Emergency Medicine, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: bazunovak@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6011-8073.

Khubulava Gennadii G. – Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Med. Sc., Professor, Head, Department of Faculty Surgery, Pavlov University, Saint Petersburg, Russia, e-mail: ggkh07@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-9242-9941.