



Черняк А.А.¹ ✉, Снежицкий В.А.², Янушко А.В.³

¹ Больница общего профиля «Шелковый путь», Аддис-Абеба, Эфиопия

² Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь

³ Гродненский областной клинический кардиологический центр, Гродно, Беларусь

Рестеноз в стентах после чрескожных коронарных вмешательств: анализ факторов риска, частоты и ангиографических характеристик

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Черняк А.А. – концепция и дизайн исследования, обзор литературы, редактирование; Снежицкий В.А. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Янушко А.В. – редактирование.

Подана: 10.07.2024

Принята: 07.10.2024

Контакты: chernyak.ev@gmail.com

Резюме

Введение. Рестеноз в стенте является значимой проблемой в интервенционной кардиологии, приводящей к ухудшению прогноза и повторным вмешательствам. Основные факторы, влияющие на развитие рестеноза, а также методы его диагностики и лечения остаются актуальными темами для исследования.

Цель. Определить частоту и характер рестеноза в стентах после чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ) у пациентов с хроническими коронарными синдромами (ХКС), а также выявить основные анатомические предикторы, влияющие на развитие рестеноза.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе УЗ «Гродненский областной клинический кардиологический центр» в период с 2017 по 2023 г. В исследование включены 209 пациентов, разделенных на четыре группы: группа здоровых лиц (n=31), группа пациентов с хронической ишемической болезнью сердца (ИБС) без показаний к инвазивной коронарографии (n=30), группа пациентов с ИБС после планового ЧКВ (n=148) и группа пациентов с рестенозом в стентах (n=12). Всем пациентам проводились клиничко-лабораторные и инструментальные исследования, включая ЭКГ, эхокардиографическое исследование, 24-часовое холтеровское мониторирование и нагрузочные тесты. Статистический анализ данных проводился с использованием пакета Statistica 10.0.

Результаты. Медиана наблюдения составила 60 месяцев. Рестеноз в стентах выявлен у 12 пациентов (8,05%). Основными предикторами рестеноза являлись протяженность поражения коронарных артерий, малый диаметр стента, кальциноз артериальной стенки, бифуркационные поражения и поражение проксимального отдела передней межжелудочковой ветви. Пациенты с рестенозом требовали повторных вмешательств и более частого наблюдения.

Заключение. Рестеноз в стентах после ЧКВ зависит от ряда факторов, включая анатомические особенности коронарных артерий и характеристики стента.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, рестеноз, стенты, чрескожное коронарное вмешательство, предикторы, клинические исходы

Alexander A. Chernyak¹ ✉, Victor A. Snezhitskiy², Andrey V. Yanushka³

¹ Silk Road General Hospital, Addis Ababa, Ethiopia

² Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

³ Grodno Regional Clinical Cardiology Center, Grodno, Belarus

In-Stent Restenosis after Percutaneous Coronary Interventions: Analysis of Risk Factors, Incidence, and Angiographic Characteristics

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Alexander A. Chernyak – study concept and design, literature review, editing; Victor A. Snezhitskiy – study concept and design, editing; Andrey V. Yanushka – editing.

Submitted: 10.07.2024

Accepted: 07.10.2024

Contacts: chernyak.evs@gmail.com

Abstract

Abstract

Introduction. In-stent restenosis is a substantial challenge in interventional cardiology, leading to poor prognosis and repeated interventions. The main factors influencing restenosis, as well as methods of its diagnostics and treatment remain relevant topics for researches.

Purpose. To determine in-stent restenosis incidence and characteristics after percutaneous coronary interventions (PCI) in patients with chronic coronary syndromes (CCS), as well as to identify the main anatomical predictors influencing its occurrence.

Materials and methods. The study was conducted at the Grodno Regional Clinical Cardiology Center from 2017 to 2023. A total of 209 patients were included in the study and divided into four groups: a group of healthy individuals (n=31), a group of patients with chronic coronary artery disease (CAD) without indications for invasive coronary angiography (n=30), a group of patients with CAD after elective PCI (n=148), and a group of patients with in-stent restenosis (n=12). All patients underwent clinical and laboratory and instrumental examinations, including ECG, echocardiography (ECHO-CG), 24-hour Holter monitoring, and stress tests. Statistical data analysis was performed using Statistica 10.0 software.

Results. The median follow-up period was 60 months. In-stent restenosis was identified in 12 patients (8.05%). The primary predictors of restenosis were the length of coronary artery lesions, small stent diameter, arterial wall calcification, bifurcation lesions, and proximal left anterior descending (LAD) artery involvement. Patients with restenosis required repeated interventions and a more frequent monitoring.

Conclusion. In-stent restenosis after PCI depends on various factors, including anatomical features of the coronary arteries and stent characteristics.

Keywords: coronary artery disease, restenosis, stents, percutaneous coronary intervention, predictors, clinical outcomes



■ ВВЕДЕНИЕ

Рестеноз в стенте остается одной из основных проблем в интервенционной кардиологии, оказывая значительное влияние на прогноз пациентов, подвергающихся чрескожным коронарным вмешательствам (ЧКВ). Несмотря на значительный прогресс в технологии стентов и методах лечения, частота рестеноза остается высокой и требует дальнейшего изучения для улучшения клинических исходов [1, 2].

Современные исследования показывают, что рестеноз является сложным процессом, обусловленным множеством факторов, включая биологические особенности пациента, анатомические характеристики пораженных сосудов и технические аспекты стентирования. Например, исследования показывают, что малый диаметр стента и протяженные поражения артерий значительно увеличивают риск рестеноза [3]. Кальциноз и бифуркационные поражения также играют важную роль в развитии рестеноза, что подчеркивает необходимость точного выбора стратегии стентирования и последующего мониторинга [4].

Основными клиническими последствиями рестеноза являются ухудшение качества жизни пациента, увеличение числа повторных госпитализаций и необходимость в повторных вмешательствах, что значительно увеличивает затраты на медицинское обслуживание [5]. Кроме того, пациенты с рестенозом подвергаются повышенному риску развития острых коронарных синдромов, что подчеркивает важность своевременной диагностики и эффективного лечения данного состояния [6].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ частоты и факторов, влияющих на развитие рестеноза у пациентов после ЧКВ:

1. Определение частоты и характера рестеноза: проанализировать данные о частоте рестеноза в стентах у пациентов, прошедших процедуру ЧКВ, за период наблюдения 2017–2023 гг.
2. Идентификация анатомических предикторов: проследить частоту встречаемости ключевых анатомических факторов, таких как протяженность поражения коронарных артерий, малый диаметр стента, наличие кальциноза и бифуркационных поражений, а также поражение проксимального отдела передней межжелудочковой ветви, которые могут способствовать развитию рестеноза.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили на базе УЗ «Гродненский областной клинический кардиологический центр» в период с 2017 по 2023 г. Медиана наблюдения пациентов в исследовании составила 60 (52; 65) месяцев. Материалом для исследования служили 209 пациентов, которых разделили на группы: группа 1 (n=31) – здоровые лица, 14,83%; группа 2 (n=30) – группа пациентов с хроническим течением ИБС без показаний к инвазивной коронарографии (КАГ), 14,35%; группа 3 (n=148) – пациенты с ИБС, которым было выполнено плановое ЧКВ на основании коронарографии (КАГ), 70,82%. Из этой группы (группа 3) впоследствии выделена группа 4 (n=12) – группа пациентов с выявленным рестенозом в установленных стентах.

Критерии исключения из исследования: наличие острого коронарного синдрома, систолического артериального давления (АД) <90 мм рт. ст. на момент забора

исследуемой биосреды, фракции выброса $<25\%$, беременности и/или кормления грудью, в анамнезе инсульта с остаточной неврологической симптоматикой, острой и хронической почечной и/или печеночной недостаточности, заболеваний кровотока, онкологических заболеваний, а также возраст >70 лет.

Всем пациентам проводились клинико-лабораторные и инструментальные исследования, включавшие в себя сбор анамнеза, физикальные исследования, запись ЭКГ в 12 отведениях, эхокардиографическое исследование (Эхо-КГ), 24-часовое холтеровское мониторирование ЭКГ (ХМ-ЭКГ), нагрузочное неинвазивное тестирование, общеклинические лабораторные исследования.

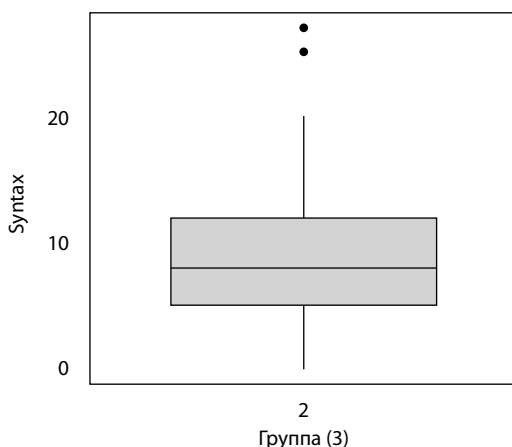
За рестеноз внутри стента в исследовании принимали уменьшение диаметра просвета сосуда после ЧКВ, при этом ангиографически определяется повторный диаметр стеноза $\geq 50\%$ на сегменте стента или его краях (5-миллиметровые сегменты, прилегающие к стенту).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам диагностической коронарографии были отмечены поражения: $\geq 30\%$ стенозы ствола левой коронарной артерии, $\geq 50\%$ стенозы правой коронарной артерии и ветвей левой коронарной артерии (результаты представлены в табл. 1).

Атеросклеротическое поражение коронарных артерий разделено на три основных типа: тип А – концентрические стенозы менее 10 мм по протяженности с ровными контурами бляшки – 65 (43,92%) пациентов; тип В – эксцентрические стенозы либо стенозы, имеющие умеренный кальциноз, неровные контуры или признаки пристеночного тромбоза – 18 (12,16%); тип С – стенозы протяженностью более 20 мм, стенозы, имеющие изъязвленную поверхность, – 65 (43,92%).

Для оценки тяжести поражения коронарного русла и прогнозирования исходов эндоваскулярных вмешательств применена анатомическая шкала оценки тяжести поражения коронарного русла и прогнозирования исходов эндоваскулярных вмешательств SYNTAX score I. Медиана по данному показателю составила 8 (5; 12) баллов (см. рисунок). При оценке коробчатой диаграммы распределения показателя



Коробчатая диаграмма распределения показателя SYNTAX в группе
Box Plot of SYNTAX Score Distribution in the Group

SYNTAX выявлено два выброса – 25 и 27 баллов, которые являются показателями «серой зоны» SYNTAX score I и не являются противопоказанием к проведению ЧКВ.

После определения ангиографической значимости стенозирования, принимая во внимание данные анамнеза, клинических проявлений, инструментальных и лабораторных данных, определены показания к ЧКВ с последующим их выполнением. Результаты представлены в табл. 1.

Медиана показателя протяженности зоны стентирования составила 18 мм (16; 24) с минимумом 8 мм, максимумом 50 мм.

Медиана показателя диаметра имплантируемых стентов составила 3 мм (3; 4) с минимумом 2 мм, максимумом 5 мм.

Медиана показателя количества имплантированных стентов составила 2 (1; 3) с минимумом 1, максимумом 6.

Таблица 1
Данные проведенных КАГ и ЧКВ
Table 1
Data of CAG and PCI performed

Наименование арте- рии	Сегмент артерии, в ко- тором выявлен стеноз	Пациенты с выявленным стенозированием (n, %)	Пациенты, подвер- гнутые ЧКВ (n, %)
Ствол левой коронар- ной артерии	–	7 (4,7%)	–
Передняя межжелудоч- ковая ветвь	проксимальный	48 (32,21%)	29 (19,46%)
	средний	83 (55,7%)	73 (48,99%)
	дистальный	16 (10,74%)	10 (6,71%)
Первая диагональная ветвь	проксимальный	20 (13,42%)	3 (2,01%)
	средний	3 (2,01%)	–
	дистальный	–	–
Вторая диагональная ветвь	проксимальный	4 (2,68%)	3 (2,01%)
	средний	2 (1,34%)	–
	дистальный	–	–
Огибающая ветвь	проксимальный	18 (12,08%)	8 (5,37%)
	средний	34 (22,82%)	22 (14,77%)
	дистальный	9 (6,04%)	5 (3,36%)
Первая ветвь тупого края	проксимальный	13 (8,72%)	4 (2,68%)
	средний	3 (2,01%)	2 (1,34%)
	дистальный	1 (0,67%)	1 (0,67%)
Вторая ветвь тупого края	проксимальный	4 (2,68%)	3 (2,01%)
	средний	1 (0,67%)	–
	дистальный	1 (0,67%)	–
Правая коронарная артерия	проксимальный	20 (13,42%)	13 (8,72%)
	средний	39 (26,17%)	34 (22,82%)
	дистальный	13 (8,72%)	12 (8,05%)
Заднебоковая ветвь	проксимальный	3 (2,01%)	3 (2,01%)
	средний	1 (0,67%)	3 (2,01%)
	дистальный	1 (0,67%)	–
Задняя межжелудочно- вая ветвь	проксимальный	7 (4,7%)	4 (2,68%)
	средний	1 (0,67%)	–
	дистальный	1 (0,67%)	–

Таблица 2
Предикторы рестеноза в стенте
Table 2
In-stent restenosis predictors

Параметр	Количество пациентов, n (%)
Женский пол	29 (19,59%)
Сахарный диабет	23 (15,54%)
Мультифокальное поражение	4 (2,7%)
Возраст более 70 лет	6 (4,05%)
Хроническая болезнь почек	13 (8,78%)
Малый диаметр стента ($\leq 2,75$ мм)	14 (9,46%)
Устьевые поражения	16 (10,81)
Протяженные поражения (≥ 20 мм)	53 (35,81%)
Бифуркационные поражения	7 (4,73%)
Кальциноз	7 (4,73%)
Субоптимальное раскрытие стента	0
Завышенный размер стента	0
Повреждение стента при ЧКВ	0
ХОКА	6 (4,05%)
Предшествующий рестеноз	6 (4,05%)
Поражение проксимального отдела ПМЖВ	102 (68,46%)

Примечания: ХОКА – хроническая окклюзия коронарной артерии; ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь.

Общепризнанные предикторы рестеноза в стенте после ЧКВ, согласно литературным данным, с количеством пациентов, имеющих данный признак, отображены в табл. 2.

Рестеноз в стенте после проведенного в плановом порядке ЧКВ возник у 12 пациентов (8,05%), из них у 2 (16,67%, $p=0,0520$) пациентов в 1-м сегменте передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ), у 6 (50%, $p=0,0005$) – во 2-м сегменте ПМЖВ, у 2 (16,67%, $p=0,0522$) – во 2-м сегменте правой коронарной артерии (ПКА) и у 2 (16,67%, $p=0,0522$) – в 3-м сегменте ПКА.

Характеристика (классификация) типов рестеноза по R. Mehran представлена в табл. 3.

Таблица 3
Количество пациентов с разными типами рестеноза по R. Mehran
Table 3
Number of patients with different types of restenosis according to R. Mehran

Тип рестеноза в стенте	Наличие пациентов, чел. и доля в группе (n, %)
Класс I (локальный)	
Тип I A: в месте наложения или промежутка между стентами	1 (8,33%)
Тип I B: краевой	3 (25%)
Тип I C: в пределах стента	1 (8,33%)
Тип I D: мультифокальный	1 (8,33%)
Класс II (диффузный) в пределах стента	5 (41,68%)
Класс III (диффузный) – пролиферативный, неокклюзирующий, на всем протяжении стента и выступает за края стента	0 (0%)
Класс IV (диффузный) – окклюзия стента	1 (8,33%)



Медиана количества месяцев до возникновения (выявления) рестеноза в стенке составила 26,5 (12,75; 45) месяца.

В ходе исследования было выявлено, что атеросклеротические поражения коронарных артерий варьируются по типу и тяжести, что оказывает существенное влияние на подходы к лечению. Наиболее сложные поражения (тип C) встретились почти в половине случаев (43,92%) и представляли наибольшую сложность для лечения, так как требовали более сложных методов терапии и более длительного периода восстановления.

Выбросы в значениях SYNTAX score указывали на наличие у пациентов особо тяжелых поражений коронарных артерий, которые требуют более сложных и индивидуализированных методов лечения. Эти пациенты находятся в зоне риска по возникновению рестеноза и других осложнений после ЧКВ, что подчеркивает необходимость тщательного предоперационного планирования и постпроцедурного наблюдения.

Результаты ЧКВ показали значительное колебание показателей, связанных с проведением процедуры (протяженность зоны стентирования, количество и диаметр имплантированных стентов). Эти данные свидетельствуют о том, что для адекватного лечения пораженных участков коронарных артерий в операционной необходимо наличие разнообразных расходных материалов (коронарные проводники, направляющие катетеры, коронарные баллоны и стенты и т. д.) и рутинное их использование. Большая протяженность зоны стентирования и необходимость в имплантации нескольких стентов подчеркивают сложность и высокую степень технической трудности проведения процедуры ЧКВ у пациентов с тяжелыми поражениями.

Рестеноз остается значимой проблемой после ЧКВ, и результаты исследования подчеркивают важность учета различных предикторов при планировании и проведении процедуры [5].

Наиболее значимыми предикторами рестеноза оказались поражение проксимального отдела передней межжелудочковой ветви (68,46%), протяженные поражения (35,81%) и малый диаметр стента (9,46%), что согласуется с литературными данными [7, 8]. Также большой вклад внесли кальциноз и бифуркационные поражения [9–11].

Эти предикторы должны учитываться при выборе метода реваскуляризации миокарда и при разработке индивидуализированных стратегий лечения. Пациенты с высокими рисками рестеноза требуют более тщательного предоперационного обследования и постпроцедурного наблюдения для снижения вероятности возникновения осложнений.

Как было указано, рестеноз в стенке после планового ЧКВ чаще развивался при поражениях 1-го и 2-го сегментов ПМЖВ, что подтверждает высокую значимость поражений этой области [1]. По классификации R. Mehran, преобладающими типами рестеноза были диффузные поражения в пределах стента (класс II, 41,68%) и мультифокальные поражения (класс I D, 8,33%). Эти данные подчеркивают важность разработки новых подходов к профилактике и лечению рестеноза, включая использование лекарственных покрытий стентов новых поколений и оптимизацию послеоперационного ведения пациентов [9–11].

На основании полученных данных и ранее опубликованных исследований, при ведении пациентов с ХКС после ЧКВ необходимо с большим вниманием рассматривать необходимость проведения ЧКВ на сосудах с малым диаметром, а в определенных ситуациях – возможность использования баллонов с лекарственным покрытием (metal free PCI) [12]. Также предпочтение должно быть отдано стентам с минимальной обоснованной необходимой длиной [5]. Необходимо обеспечить полное раскрытие стента и, по показаниям, использовать передовые технологии в лечение кальцинированных сосудов, таких как ротация, интراكоронарная литотрипсия [13–15]. Следует обязательно использовать стенты с лекарственным покрытием последнего поколения, которые показали лучшие результаты в снижении частоты рестеноза [16]. Требуется применение двойной антиагрегантной терапии после процедуры для снижения риска тромбоза стента и рестеноза [17]. Необходимо установить частый мониторинг и контроль состояния пациента после ЧКВ, включая неинвазивные методы оценки проходимости стентов [18] и перфузии миокарда.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рестеноз в стентах после ЧКВ был выявлен у 8,05% пациентов, что подтверждает значимость этой проблемы для интервенционной кардиологии.

Основными предикторами рестеноза являются малый диаметр стента, протяженные поражения коронарных артерий, кальциноз и бифуркационные поражения. Поражение проксимального отдела передней межжелудочковой ветви также является значимым фактором, что подчеркивает важность тщательного планирования стентирования и мониторинга пациентов с такими характеристиками.

С учетом данных медианы времени до возникновения рестеноза (26,5 (12,75; 45) месяца) необходимо долгосрочное наблюдение за пациентами после проведения ЧКВ.

Исследование подтверждает необходимость комплексного подхода к лечению пациентов с коронарным атеросклерозом, включающего тщательное планирование и выполнение ЧКВ, использование современных технологий стентирования, а также регулярное и длительное наблюдение за пациентами с учетом выявленных предикторов рестеноза.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2019 Jan 7;40(2):87–165. doi: 10.1093/eurheartj/ehy394
2. Giustino G, Colombo A, Camaj A, et al. Coronary In-Stent Restenosis: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2022 Jul 26;80(4):348–372. doi: 10.1016/j.jacc.2022.05.017
3. Adnan Y, Noor L, Dar MH, et al. Impact of stent length and diameter on short term clinical outcomes of drug eluting stents in patients with stable coronary artery disease. *Pak J Med Sci*. 2017 Jul-Aug;33(4):959–962. doi: 10.12669/pjms.334.13068
4. Buccheri D, Piraino D, Andolina G, Cortese B. Understanding and managing in-stent restenosis: a review of clinical data, from pathogenesis to treatment. *J Thorac Dis*. 2016 Oct;8(10):E1150–E1162. doi: 10.21037/jtd.2016.10.93
5. Byrne RA, Joner M, Kastrati A. Stent thrombosis and restenosis: what have we learned and where are we going? The Andreas Gruntzig Lecture ESC 2014. *Eur Heart J*. 2015 Dec 14;36(47):3320–31. doi: 10.1093/eurheartj/ehv511
6. Zhang L, Wang Y, Zhang Z, et al. Risk factors of in-stent restenosis among coronary artery disease patients with syphilis undergoing percutaneous coronary intervention: a retrospective study. *BMC Cardiovasc Disord*. 2021 Sep 15;21(1):438. doi: 10.1186/s12872-021-02245-6
7. Rohman MS, Waranugraha Y, Masbuchin AN et al. Coronary In-Stent Restenosis Predictors following Drug-Eluting Stent Implantation: A Meta-Analysis Study. *J. Vasc. Dis*. 2023;2:266–281. doi.org/10.3390/jvd2030020
8. Giacoppo D, Mazzone PM, Capodanno D. Current Management of In-Stent Restenosis. *J Clin Med*. 2024 Apr 19;13(8):2377. doi: 10.3390/jcm13082377

9. Kastrati A, Schömig A, Elezi S, et al. Predictive factors of restenosis after coronary stent placement. *J Am Coll Cardiol*. 1997 Nov 15;30(6):1428–36. doi: 10.1016/s0735-1097(97)00334-3
10. Cassese S, Byrne RA, Tada T, et al. Incidence and predictors of restenosis after coronary stenting in 10 004 patients with surveillance angiography. *Heart*. 2014 Jan;100(2):153–9. doi: 10.1136/heartjnl-2013-304933
11. Giacoppo D, Mazzone PM, Capodanno D. Current Management of In-Stent Restenosis. *J Clin Med*. 2024 Apr 19;13(8):2377. doi: 10.3390/jcm13082377
12. Zhang W, Zhang M, Tian J, et al. Drug-Coated Balloon-Only Strategy for De Novo Coronary Artery Disease: A Meta-analysis of Randomized Clinical Trials. *Cardiovasc Ther*. 2023 Aug 8;2023:3121601. doi: 10.1155/2023/3121601
13. Sattar Y, Ullah W, Mir T, et al. Safety and efficacy of coronary intravascular lithotripsy for calcified coronary arteries – a systematic review and meta-analysis. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2021 Jan;19(1):89–98. doi: 10.1080/14779072.2021.1845143
14. Park H, Ahn JM, Kang DY, et al. Optimal Stenting Technique for Complex Coronary Lesions: Intracoronary Imaging-Guided Pre-Dilation, Stent Sizing, and Post-Dilation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2020 Jun 22;13(12):1403–1413. doi: 10.1016/j.jcin.2020.03.023
15. Van Zandvoort LJC, Ali Z, Kern M, et al. Improving PCI Outcomes Using Postprocedural Physiology and Intravascular Imaging. *JACC Cardiovasc Interv*. 2021 Nov 22;14(22):2415–2430. doi: 10.1016/j.jcin.2021.08.069
16. Giustino G, Baber U, Saliński O, et al. Safety and Efficacy of New-Generation Drug-Eluting Stents in Women at High Risk for Atherothrombosis: From the Women in Innovation and Drug-Eluting Stents Collaborative Patient-Level Pooled Analysis. *Circ Cardiovasc Interv*. 2016 Jan;9(1):e002995. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.115.002995
17. Mauri L, Kereiakes DJ, Yeh RW, et al. Twelve or 30 months of dual antiplatelet therapy after drug-eluting stents. *N Engl J Med*. 2014 Dec 4;371(23):2155–66. doi: 10.1056/NEJMoa1409312
18. Eckert J, Renczes-Janetzko P, Schmidt M, et al. Coronary CT angiography (CCTA) using third-generation dual-source CT for ruling out in-stent restenosis. *Clin Res Cardiol*. 2019 Apr;108(4):402–410. doi: 10.1007/s00392-018-1369-1