Оригинальное исследование
УДК 616.13-089.819:004.89
http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2026-1-8

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОККЛЮЗИИ ЛУЧЕВОЙ АРТЕРИИ ПОСЛЕ КОРОНАРНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ ЛУЧЕВЫМ ДОСТУПОМ: ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

Дмитрий Викторович Огнерубов[1]✉, Данил Александрович Калин[2], Сергей Ильич Проваторов[3], Евгений Владимирович Меркулов[4], Анатолий Николаевич Самко[5]

[1]✉Российская академия народного хозяйства и государственной службы при президенте Российской Федерации, Москва, Россия, dr.ognerubov@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-4781-2773
[2]Национальный исследовательский университет информационных технологий, точной механики и оптики, Москва, Россия, https://orcid.org/ 0009-0002-6082-5680
[3-5]Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова, Москва, Россия
[3]semaver@yandex.ru, https://orcid.org/ 0000-0002-7936-3634
[4]ev.merkulov@list.ru, https://orcid.org/0000-0001-8193-8575
[5]samkoan@mail.ru, https://orcid.org/ 0000-0003-1808-3484

Аннотация. Окклюзия лучевой артерии (ОЛА) остается значимым осложнением при выполнении коронароангиографии и чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ) лучевым доступом. Настоящее исследование направлено на разработку предсказательной модели риска ОЛА с использованием методов машинного обучения, а также оценку экономических последствий данного осложнения. В исследование включены 2 000 пациентов ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. Е.И. Чазова», которым выполнялись КАГ и/или ЧКВ лучевым доступом. Когорта разделена на обучающую (1 400 пациентов) и тестовую (600 пациентов) группы. Для предсказания ОЛА применялись алгоритмы: логистическая регрессия, случайный лес, наивный байесовский классификатор и градиентный бустинг (LightGBM). Для балансировки классов использован метод SMOTE. Оценивалась частота ОЛА при различных техниках гемостаза. В ретроспективной группе частота ОЛА составила 21,8 %, при раннем гемостазе – 1,4 %, при традиционном – 10,1 %. Средняя стоимость вмешательства при ОЛА выше на 15,4 тыс. рублей. Наиболее точные предсказания показала модель LightGBM (AUC – 0,893, F1-мера – 0,87). Независимые предикторы ОЛА: пол, возраст, сахарный диабет 2 типа, курение, артериальная гипертензия, рост и вес пациента. Разработанная модель машинного обучения позволяет точно предсказывать риск ОЛА, что открывает перспективы для персонализированной профилактики. Данные подтверждают экономическую эффективность лучевого доступа, подчеркивая необходимость минимизации частоты ОЛА. Разработка цифровых инструментов для прогнозирования, включая чат-боты, может улучшить клиническое принятие решений.

Ключевые слова: окклюзия лучевой артерии, трансрадиальный доступ, чрескожное коронарное вмешательство, коронароангиография, машинное обучение, LightGBM, предикторы риска, SMOTE, экономическая эффективность, прогностическая модель.

Для цитирования: Огнерубов Д.В. Прогнозирование окклюзии лучевой артерии после коронарных вмешательств лучевым доступом: применение методов машинного обучения и анализ экономических последствий / Д.В. Огнерубов, Д.А. Калин, С.И. Проваторов и др. // Дальневосточный медицинский журнал. – 2026. – № 1. – С. 50-56. http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2026-1-8.

PREDICTION OF RADIAL ARTERY OCCLUSION AFTER CORONARY INTERVENTIONS BY RADIAL ACCESS: METHODS OF COMPUTER EDUCATION AND ECONOMIC CONSEQUENCES ANALYSIS

Dmitry V. Ognerubov[1]✉, Danil A. Kalin[2], Sergey I. Provatorov[3], Evgeny V. Merkulov[4], Anatoly N. Samko[5]

[1]Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow, Russia
[2]Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «ITMO National Research University», St. Petersburg, Russia
[3-5]Federal State Budgetary Institution «National Medical Research Center of Cardiology named after Academician E.I. Chazov» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

Abstract. Radial artery occlusion (RAO) remains a crucial complication after coronoangiography and transcutaneous coronary interventions by a radial access**.** The presented study is aimed at working out predictive model of RAO risks taking into consideration the implementation of computer education as well as assessment of economic consequences of this complication. 2000 patients of the National Medical Research Cardiology Center named after academician E.I. Chazov who underwent coronoangiography and transcutaneous coronary interventions by a radial access were included in the study**.** The cohort was divided into educational (1400 patients) and tested (600 patients) groups. To predict RAO complication the following algorithms were used: logistic regression, random forest, naive Bays classificator, and gradient busting (LightGBM). To balance the classes SMOTE was used. Frequency of RAO in different homeostasis techniques was evaluated. In the retrospective group the frequency of RAO comprised 21,8 %, in early homeostasis – 1,4 %, in traditional – 10,1 %. An average cost for intervention in RAO is higher for 15,4 thousand rubles. Model LightGBM (AUC – 0,893, F1-measure – 0,87) demonstrated the most accurate prognostic indicators. Independent RAO indicators were**:** gender, age, type2 diabetes mellitus, smoking, arterial hypertension, height and weight of a patient. The worked out model of computer education allows accurate prediction of RAO risk opening new perspectives for personalized prevention. The data have confirmed economic efficacy of radial access emphasizing the necessity to minimize RAO frequency**.** Working out digital instruments including bots for prediction and prognosis may improve clinical decisions.

Keywords: radial artery occlusion, transradial access, percutaneous coronary intervention, coronary angiography, machine learning, LightGBM; risk predictors; SMOTE; cost-effectiveness; predictive model

For citation: Ognerubov D.V. Prediction of radial artery occlusion after coronary interventions by radial access: methods of computer education and economic consequences analysis / D.V. Ognerubov, D.A. Kalin, S.I. Provatorov, et al. // Far Eastern medical journal. – 2026. – № 1. – P. 50-56. http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2026-1-8.

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) считается одной из основных причин заболеваемости и смертности в развитых странах. Хотя за последние семь десятилетий смертность от ИБС во всем мире снизилась, она по-прежнему является причиной трети и более всех смертей у лиц старше 55 лет [1]. Коронароангиография стала золотым стандартом диагностики и определения стратегии лечения атеросклеротического поражения коронарных артерий.

Коронароангиография может быть выполнена через бедренную, лучевую или локтевую артерии. Общая бедренная артерия долгое время была излюбленным местом доступа для проведения коронарной ангиографии и чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ). Однако осложнения в месте доступа, такие как кровотечение, гематома, артериовенозная фистула и псевдоаневризма, не являются редкостью после процедур с использованием феморальной артерии [2]. Осложнения кровотечения связаны с повышенным риском смерти, инфаркта миокарда (ИМ), инсульта, тромбоза стента и увеличением стоимости вмешательства [3].

Лучевая артерия анатомически более доступна для гемостаза, чем бедренная. Она лежит на площадке лучевой кости и легко поддается компрессии снаружи [4]. Несмотря на многочисленные преимущества, лучевой доступ связан с определенными недостатками, такими как боль или сосудистые осложнения. Окклюзия лучевой артерии (ОЛА) – является основным осложнением, ограничивающим использование доступа в будущем [5]. Большинство пациентов остаются бессимптомными, благодаря коллатеральной артериальной перфузии. Поэтому, это осложнение все еще в клинической практике диагностируется недостаточно. Однако немая лучевая окклюзия является серьезным препятствием для последующих ангиографий. В ранних исследованиях частота окклюзии лучевой артерии после ангиографии варьировала от менее чем 1 % до 33 % [6]. Более поздние данные свидетельствуют о том, что средняя частота встречаемости по-прежнему превышает 5 % [7]. Однако, стоит заметить, что, если в исследовании включались все пациенты и все операторы, независимо от опыта и используемых устройств во время вмешательства частота ОЛА была 21,8 % [8]. Дальнейший анализ показал, что женский пол, больший размер интродюссера и более низкий индекс массы тела (ИМТ) – к потенциальные факторы риска окклюзии лучевой артерии [9]. В других исследованиях описывались различные методики, такие как протокол проходимого гемостаза или профилактической компрессии ипсилатеральной локтевой артерии для профилактики ОЛА [10-12].

Лучевой доступ также снижает расходы больницы одновременно с уменьшением неблагоприятных последствий для пациентов [3]. Чистая экономия расходов всегда была в пользу лучевого доступа. В исследовании Mitchel M.D. и соавт. показали, что чтобы довести чистую стоимость бедренного доступа до стоимости лучевого, потребовалось бы снижение всех осложнений катетеризации бедренной артерии более чем на 60 % [3]. Авторы оценили чистую экономию больничных расходов в 275 долларов (95 % ДИ: от -374 до -183 долларов; отрицательные значения означают экономию расходов) на одного пациента при использовании лучевого доступа вместо бедренного. Сохранение лучевого доступа имеет не только клинический, но и экономический смысл. Лучевой

доступ приводит к значительной экономии средств для системы здравоохранения США, учитывая, что ежегодно в России проводится более 1 млн чрескожных вмешательствах на различных бассейнах [13].

Для поиска предикторов ОЛА традиционно в исследованиях использовались методы логистической регрессии и многофакторный анализ [11, 12]. Однако сейчас есть возможность использовать более продвинутые методы машинного обучения для повышения ценности предсказательной модели окклюзии лучевой артерии.

Таким образом, целью настоящего исследования было изучение предикторов окклюзии лучевой артерии после КАГ и ЧКВ методами машинного обучения, А также сравнить стоимость одного клинического случая у пациентов с окклюзией лучевой артерии и без нее.

Материалы и методы

Исследование включало два этапа: ретроспективный и проспективный. Всего было обследовано 2 284 пациента. Ретроспективный анализ – в эту часть исследования вошли 1 000 пациентов, которым ранее было выполнено коронароангиография (КАГ) или чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) с использованием лучевого доступа в различных клиниках России, и поступивших в ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. Е.И. Чазова» МЗ РФ на второй этап или открытую кардиохирургию. Средний интервал между вмешательством и последующей госпитализацией составил 3,4±1,3 месяца.

Проспективный анализ. В рамках проспективного исследования сравнивали частоту ОЛА у пациентов после трансрадиальной КАГ и ЧКВ в зависимости от протокола гемостаза. Также оценивали эффективность часовой компрессии ипсилатеральной локтевой артерии для реканализации ранней ОЛА.

Среди 1 284 пациентов, предварительно отобранных для участия в проспективном этапе, 284 человека были исключены по критериям отбора. Оставшиеся 1 000 пациентов методом рандомизации (конвертами) были разделены на две группы:

• группа раннего удаления гемостатической повязки (удаление через 4±1 часа после вмешательства);

• группа традиционного гемостаза (удаление через 12–24 часа после вмешательства).

Всем пациентам проводилась КАГ или ЧКВ лучевым доступом с использованием 6 F интродюсеров, диагностических и направляющих катетеров. После вмешательства в обеих группах применялась давящая повязка с бинтовым валиком для остановки кровотечения.

Выполнена оценка биохимических показателей крови с определением уровня общего холестерина, концентрации липопротеидов высокой плотности (ХС-ЛВП), липопротеидов низкой плотности (ХС-ЛНП), уровня триглицеридов.

Нашей задачей не было разделить строго проспективных и ретроспективные группы, однако для простоты восприятия предлагаем сравнительный анализ этих групп. Средний возраст составил 62,2±10,1 лет в ретроспективной группе и 61,4±9,4 лет в проспективной. Мужчины преобладали в обеих группах (81,8 % и 70,9 % соответственно, p<0,001). По антропометрическим показателям пациенты ретроспективной группы имели большую массу тела (86,4±16,3 кг и 84±12,3 кг, p<0,001) и более высокий индекс массы тела (ИМТ) (29,7±7,9 и 28,1±4,7, p<0,001). Средний диаметр лучевой артерии составил 2,2±0,6 мм и 2,3±0,5 мм (p=0,05) соответственно.

Факторы риска среди пациентов в обеих группах:

• текущие курильщики: 29,5 % в ретроспективной группе и 25,3 % в проспективной (p=0,04);

• сахарный диабет: 21,8 % против 22,5 % (p=0,74);

• дислипидемия: 42,8 % против 28,7 % (p<0,001);

• артериальная гипертензия: 87,3 % против 90,4 % (p=0,02).

По биохимическим параметрам были выявлены достоверные различия:

• общий холестерин: 4,64±1,26 ммоль/л в ретроспективной группе и 5,33±1,31 ммоль/л в проспективной (p=0,01);

• ХС-ЛНП: 2,82±1,38 ммоль/л и 3,51±1,33 ммоль/л (p<0,001);

• ХС-ЛВП: 1,11±0,22 ммоль/л и 1,09±0,24 ммоль/л (p=0,79);

• триглицериды: 1,55±0,62 ммоль/л и 1,57±0,56 ммоль/л (p=0,85).

Моделирование и анализ данных

Для анализа факторов риска окклюзии лучевой артерии использовали методы машинного обучения. Данные были разделены на обучающую выборку (n=1 400) и тестовую выборку (n=600). Перед построением моделей выполнена нормализация данных.

Используемые алгоритмы машинного обучения

1. Логистическая регрессия – простой и интерпретируемый алгоритм, который оценивает вероятность принадлежности объекта к одному из двух классов (наличие или отсутствие окклюзии лучевой артерии).

2. Метод случайного леса (Random Forest) – ансамблевый метод, состоящий из множества решающих деревьев, каждое из которых обучается на случайном подмножестве данных. Итоговый прогноз формируется путем голосования всех деревьев, что снижает вероятность переобучения и повышает точность предсказаний.

3. Наивный байесовский классификатор (Naive Bayes) вероятностный классификатор на основе формулы Байеса со строгим (наивным) предположением о независимости признаков между собой при заданном классе.

4. Градиентный бустинг (LightGBM) – ансамбль деревьев решений и механизм градиентного спуска для последовательного улучшения модели.

Для оценки моделей применяли следующие

метрики: AUC (Area Under the Curve) – мера точности модели в различении классов (0 – отсутствие ОЛА, 1 – наличие ОЛА); F1-score – баланс между точностью (precision) и полнотой (recall): F1=2×Точность×Полнота/Точность+Полнота.

Точность (Precision) – доля правильно предсказанных случаев ОЛА среди всех положительных прогнозов; полнота (Recall) – доля правильно предсказанных случаев ОЛА среди всех фактических случаев ОЛА.

При обучении моделей обнаружен дисбаланс классов, что снижало качество предсказаний. Для его устранения использовали метод SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique). В нашем исследовании число пациентов с ОЛА было значительно меньше, чем без ОЛА. Использовали метод увеличения количества примеров миноритарного класса (с ОЛА). Дисбаланс классов приводил к тому, что модели машинного обучения плохо распознавала менее распространенный класс.

Статистический анализ

Для статистической обработки результатов был использован статистический пакет R 3.4.4 software (R Core Team, Vienna, Austria). При сравнении для количественных характеристик, распределенных по нормальному закону, использовался t-критерий Стьюдента для независимых выборок. Для количественных характеристик, имеющих ненормальное распределение, использовался критерий Манна-Уитни. Для качественных характеристик использовался критерий χ^2. Статистически значимыми считались различия при $p<0,05$. Анализ данных производился в python: для построения моделей использовался модуль catboost 1.2.3, для проверки статистических гипотез подмодуль stats библиотеки SciPy 1.12.0.

Для анализа данных использовались модели машинного обучения, включая логистическую регрессию, метод случайного леса (Random Forest), наивный байесовский классификатор (Naive Bayes) и ансамбль стохастического градиентного бустинга (LightGBM). Оценка моделей проводилась по метрикам AUC (площадь под ROC-кривой) и F1-мера, которая учитывает точность и полноту предсказаний. Для устранения дисбаланса классов применялся метод SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique), который увеличивает количество примеров миноритарного класса.

Результаты и обсуждение

В ретроспективном исследовании было проведено сравнение клинико-анамнестических характеристик у пациентов с окклюзией лучевой артерии (ОЛА) и без нее. Всего в исследовании приняли участие 1 000 пациентов, из которых 218 (21,8 %) имели ОЛА, а 782 (78,2 %) – не имели.

Средний возраст пациентов с ОЛА составил 60,9±9,6 лет, что было достоверно ниже (p=0,03) по сравнению с пациентами без ОЛА (62,5±10,3 лет). Среди пациентов с ОЛА преобладали мужчины – 87 % (n=189), тогда как в группе без ОЛА этот показатель составил 66 % (n=623) (p=0,02).

Пациенты с ОЛА имели значительно больший вес (89,8±13,5 кг и 85,9±15,4 кг, p=0,001), а также более высокий индекс массы тела (ИМТ) (30,1±4,2 и 29,1±4,5, p=0,002). Различие в среднем росте между группами было незначительным (172,8±8,7 см в группе ОЛА и 171,7±7,9 см в группе без ОЛА, p=0,11).

Частота курения среди пациентов с ОЛА была значительно выше (36 % и 23 %, p=0,03). Однако частота сахарного диабета (21 % и 18 %, p=0,89) и дислипидемии (23 % и 37 %, p=0,07) не имела статистически значимых различий между группами. Примечательно, что артериальная гипертензия была выявлена у 89 % пациентов с ОЛА и у 72 % пациентов без ОЛА, но это различие не достигло статистической значимости (p=0,60).

Средний диаметр контралатеральной лучевой артерии у пациентов с ОЛА был значительно меньше (1,8±0,44 мм и 2,3±0,77 мм, p=0,001), что может указывать на анатомические предрасположенности к окклюзии. Средние уровни общего холестерина (4,66±1,5 ммоль/л и 4,77±1,56 ммоль/л, p=0,42) и триглицеридов (2,06±1,4 ммоль/л и 2,26±1,3 ммоль/л, p=0,51) не различались между группами. Частота назначения статинов была высокой в обеих группах, но статистически значимых различий выявлено не было (98,2 % и 99,2 %, p=0,16).

При анализе в ретроспективной группе у пациентов с ОЛА стоимость вмешательства была 76,5 тысяч рублей, а без ОЛА 61,1 тысяч рублей (ДИ 45,6-82,3, P=0,03).

Частота окклюзии лучевой артерии при методике короткого гемостаз, составила 1,4 %, при традиционном – 10,1 % (p<0,01). В группе ретроспективного контрольного исследования частота окклюзии лучевой артерии составила 21,6 %.

Методом логистической регрессии был выполнен поиск факторов, связанных с ОЛА (табл. 2). В модель были включены росте, весе, поле пациента, наличии курения, сахарного диабета 2 типа и артериальной гипертензии. Площадь под кривой при анализе была (AUC): 0.73, F1-мера: 0,65. Метод случайного леса (Random Forest) показал AUC – 0.74, F1-мера: 0.69. Простой вероятностный классификатор (Naive Bayes): AUC: 0.83, F1-мера: 0.67, ансамбля стохастического градиентного бустинга (LightGBM): AUC: 0.862, F1-мера: 0.8563, после применения SMOTE (аугментации) модель LightGBM показала лучшие результаты с AUC 0.893 и F1-мерой 0.87.

Как показали I. Bernat и соавт. факторы риска, ассоциированные с ОЛА, включают модифицируемые и немодифицируемые факторы риска [11]. К немодифицируемым факторам риска относятся несколько исходных характеристик пациента, включая возраст, женский пол, низкий индекс массы тела, диабет,

этническую принадлежность (южноазиатское происхождение) и предыдущие вмешательства через лучевую артерию [9, 14]. Процедурные факторы риска включают повторные неудачные попытки радиальных пункций, повышенное отношение оболочки к артерии, отсутствие предварительной обработки аспирином, отсутствие или низкие дозы периоперационной внутрисосудистой антикоагуляции [15]. Послеоперационные факторы риска включают, в частности, окклюзионный («непроходимый») гемостаз и более длительное время гемостаза [16]. Возникновение спазма лучевой артерии может еще больше усугубить повреждение эндотелия за счет увеличения трения между лучевой артерией и ножнами или системой катетера. Хотя H. Moussa Pacha и соавт. показали, что ультразвуковое наведение улучшает успешность пункции лучевой артерии, пока неизвестно, может ли рутинное УЗИ наведение привести к снижению частоты ОЛА [17].

Полученная в нашей работе модель правильно классифицирует будущее наступление окклюзии лучевой артерии с высокой точностью. Более 89 % точных классификаций. В результирующую модель у нас вошло несколько факторов: наличие сахарного диабета 2 типа, курения, артериальной гипертензии, пол, вес, рост, возраст.

В недавно опубликованном анализе Applegate, et al. оценивались затраты, связанные с ТР и ТФ коронарографией [18]. Радиальная стратегия ассоциировалась с выгодой в 228 долларов США на процедуру для одного пациента (лучевой доступ: 8 888±7 994 долларов США и феморальный доступ: 9 116±8 299 долларов США). Наблюдаемая разница была обусловлена в основном более коротким пребыванием в стационаре, а расходы, связанные с процедурой, были на 17 долларов выше в группе лучевого доступа. Ретроспективный анализ данных 20 % всех первичных ЧКВ, собранных в американском регистре PREMIER, показал аналогичные результаты [19]. Общие внутрибольничные расходы были на 553 доллара ниже в группе лучевого доступа [11 736 долларов США (95 % ДИ: 11 200–12 272 долларов США) и 12 288 долларов США у феморального доступа (95 % ДИ: 12 102–12 474 долларов США), p=0,03].

В нашем исследовании мы не проводили разделение между тем, на какое вмешательство был направлен пациент (КАГ или ЧКВ), задачей было скорее оценить финансовые последствия того, что у пациента была окклюзия лучевой артерии или не было перед предстоящей операцией. Таким образом, мы дополнительно выяснили что наличие у пациента окклюзии хотя бы одной лучевой артерии повышает стоимость будущего вмешательства на 15,4 тысячи рублей.

Традиционно в медицинских исследованиях используется метод логистической регрессии для построения предсказательных моделей ОЛА. В работе S. Zhang и соавт. предсказывали наличие ишемической болезни сердца по результатам общих и биохимических анализов крови, при этом использовали ансамбль стохастического градиентного бустинга с аугментацией данных [20]. Эти методы значительно улучшили эффективность классификации классификатора логистической регрессии с точки зрения точности, запоминания, точности, F1 меры и AUC при использовании для обнаружения ИБС. Лучшие показатели точности, запоминания, F1 мера, AUC составили 94,7 %, и 0,98, соответственно. В нашей работе также методика аугментации позволила повысить предсказательную ценность модели до AUC: 0.8625, F1-мера: 0.8563. Без применения метода предобработки данных у модели LightGBM было AUC: 0.8625 F1-мера: 0.8563.

Выводы

Пол, сахарный диабет 2 типа, курение, артериальная гипертензия, возраст, рост и вес пациента являются независимыми предикторами окклюзии лучевой артерии в нашей модели. Эти результаты могут помочь в принятии клинических решений, облегчая выявление пациентов с риском окклюзии лучевой артерии. лучевой окклюзии, которые могут быть кандидатами для использования методов профилактики ОЛА – использование «проходимого» гемостаза, специальных компрессионных устройств, инструментов меньшего диаметра.

Это также становится все более важным из-за потенциальной значимости открытой лучевой артерии для повторных ЧКВ, гемодиализных шунтов, инвазивного гемодинамического мониторинга или в качестве артериального шунта.

Эксперименты и результаты подтвердили, что по данным общего медицинского обследования предложенная нами модель может точно идентифицировать пациентов с высокой вероятность ОЛА перед вмешательством. Дополнительно для подтверждения и до обучения модели перспективным представляется написание чат-бота для сбора данных от пациентов из разных клинических больниц по уже сформированным данным. Таким, как: наличие сахарного диабета 2 типа, курения, артериальной гипертензии, пол, вес, рост.

Ограничения

Необходимо обратить внимание на некоторые ограничения данного исследования. Во-первых, поскольку дизайн части исследования представляет собой ретроспективный реестр, а нерандомизированное исследование, нельзя исключить возможность предвзятого отбора. Наше исследование представляет собой опыт одного центра с ограниченным числом пациентов.



Список источников

1. Барбараш О.Л., Карпов Ю.А., Панов А.В. и др. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации 2024 // Российский кардиологический журнал. – 2024. – Т. 29, № 9. – С. 6110. doi: 10.15829/1560-4071-2024-6110.
   Barbarash O.L., Karpov Yu.A., Panov A.V., et al. Stable ischemic heart disease. Clinical guidelines 2024 // Russian Journal of Cardiology. – 2024. – Vol. 29, № 9. – P. 6110. DOI 10.15829/1560-4071-2024-6110.
2. Valgimigli M., Gagnor A., Calabro P., et al. Radial versus femoral access in patients with acute coronary syndromes undergoing invasive management: a randomised multicentre trial // Lancet (London, England). – 2015. – Vol. 385. – P. 2465-2476.
3. Mitchell M.D., Hong J.A., Lee B.Y., et al. Systematic review and cost-benefit analysis of radial artery access for coronary angiography and intervention // Circ Cardiovasc Qual Outcomes. – 2012. – Vol. 5, № 4. – P. 454-462. doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.112.965269.
4. Ахрамович Р.В., Семитко С.П., Азаров А.В. и др. Окклюзия радиальной артерии после первичного коронарного вмешательства при различных вариантах лучевого доступа // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2020. – Т. 24, № 3S. – С. 33-42.
   Akhramovich R.V., Semitko S.P., Azarov A.V., et al. Radial artery occlusion after primary coronary intervention in various types of radial access // Pathology of Blood Circulation and Cardiac Surgery. – 2020. – Vol. 24, № 3. – P. 33-42.
5. Ахрамович Р.В., Семитко С.П., Азаров А.В. и др. Сравнительный анализ применения дорсопальмарного (модифицированного дистального) и трансрадиального доступов при первичных чрескожных коронарных вмешательствах у пациентов с острым коронарным синдромом // Альманах клинической медицины. – 2022. – № 50. doi: 10.18786/2072-0505-2022-50-034.
   Akhramovich R.V., Semitko S.P., Azarov A.V., et al. Comparative analysis of the use of dorsopalmar (modified distal) and transradial approaches in primary percutaneous coronary interventions in patients with acute coronary syndrome // Almanac of Clinical Medicine. – 2022. – № 50. DOI: 10.18786/2072-0505-2022-50-034.
6. Rouge A., Faurie B., Abdellaoui M., Monsegu J. Patent hemostasis impact in clinical routine: large monocentric echodoppler study of radial artery patency after coronary catheterization // J Invasive Cardiol. – 2021. – Vol. 33. – P. E77-E82.
7. Rashid M., Kwok C.S., Pancholy S., et al. Radial artery occlusion after transradial interventions: a systematic review and meta-analysis // J Am Heart Assoc. – 2016. – Vol. 5. Article ID e002686.
8. Огнерубов Д.В., Проваторов С.И., Меркулов Е.В. и др. Анализ причин развития окклюзии лучевой артерии и способов ее предотвращения при использовании радиального доступа для интервенционных вмешательств. Результаты исследования АПРИОРИ // Российский кардиологический журнал. – 2021. – Т. 26, № 12. – С. 4695.
   Ognerubov D.V., Provatorov S.I., Merkulov E.V., et al. Analysis of the causes of radial artery occlusion and methods for its prevention when using radial access for interventional procedures. Results of the APRIORI study // Russian Journal of Cardiology. – 2021. – Vol. 26, № 12. – P. 4695. № 3. – P. 33-42.
9. Eid-Lidt G., Rivera Rodríguez A., Jimenez Castellanos J., et al. Distal Radial Artery Approach to Prevent Radial Artery Occlusion Trial // JACC Cardiovasc Interv. – 2021. – Vol. 14, № 4. – P. 378-385.
10. Ognerubov D., Provatorov S., Merkulov E., et al. P2475 Method of non-pharmacological recanalization of acute radial artery occlusion after coronary angiography via transradial access // Eur Heart J. – 2018. – Vol. 39, suppl_1.
11. Bernat I., Aminian A., Pancholy S., et al. Best practices for the prevention of radial artery occlusion after transradial diagnostic angiography and intervention: an international consensus paper // J Am Coll Cardiol Intv. – 2019. – Vol. 12. – P. 2235-2246.
12. Pancholy S.B., Bernat I., Bertrand O.F., Patel T.M. Prevention of radial artery occlusion after transradial catheterization: the PROPHET-II randomized trial // J Am Coll Cardiol Intv. – 2016. – Vol. 9. – P. 1992–1999.
13. Алекян Б.Г., Григорьян А.М., Стаферов А.В. и др. Рентгенэндоваскулярная диагностика и лечение заболеваний сердца и сосудов в Российской Федерации – 2023 год // Эндоваскулярная хирургия. – 2024. – Т. 11, спецвыпуск. С. S5–S300. doi: 10.24183/2409-4080-2024-11S-S5-S300.
   Alekyan B.G., Grigoryan A.M., Staferov A.V., et al. X-ray endovascular diagnostics and treatment of cardiovascular diseases in the Russian Federation – 2023 // Endovascular Surgery. – 2024. – Vol. 11, special issue. – P. 5-300. DOI: 10.24183/2409-4080-2024-11S-S5-S300.

14. Aminian A., Saito S., Takahashi A., et al. Comparison of a new slender 6 Fr sheath with a standard 5 Fr sheath for transradial coronary angiography and intervention: RAP and BEAT (Radial Artery Patency and Bleeding, Efficacy, Adverse evenT), a randomized multicentre trial // EuroIntervention. – 2017. – Vol. 13. – P. e549-e556.
15. Hahalis G.N., Leopoulou M., Tsigkas G., et al. Multicenter randomized evaluation of high versus standard heparin dose on incident radial arterial occlusion after transradial coronary angiography: the SPIRIT OF ARTEMIS study // J Am Coll Cardiol Intv. – 2018. – Vol. 11. – P. 2241-2250.
16. Dangoisse V., Guedès A., Chenu P., et al. Usefulness of a gentle and short hemostasis using the transradial band device after transradial access for percutaneous coronary angiography and interventions to reduce the radial artery occlusion rate (from the prospective and randomized CRASOC I, II, and III studies) // Am J Cardiol. – 2017. – Vol. 120. – P. 374-379.
17. Moussa Pacha H., Alahdab F., et al. Ultrasound-guided versus palpation-guided radial artery catheterization in adult population: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // Am Heart J. – 2018. – Vol. 204. – P. 1-8.
18. Applegate R., Sacrinty M., Schafer P., Smith J., Gandhi S., Kutcher M., et al. Cost effectiveness of radial access for diagnostic cardiac catheterization and coronary intervention // Catheter Cardiovasc Interv. – 2013. – Vol. 82, № 4. – P. E375–E384. doi: 10.1002/ccd.24696.
19. Safley D.M., Amin A.P., House J.A., Baklanov D., Mills R., Giersiefen H., et al. Comparison of costs between transradial and transfemoral percutaneous coronary intervention: a cohort analysis from the Premier research database // Am Heart J. – 2013. – Vol. 165. – P. 303-309.
20. Zhang S., Yuan Y., Yao Z., Yang J., Wang X., Tian J. Coronary Artery Disease Detection Model Based on Class Balancing Methods and LightGBM Algorithm // Electronics. – 2022. – Vol. 11. Article ID 1495. doi: 10.3390/electronics11091495.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья принята к публикации 12.01.2026.
The article was accepted for publication 12.01.2026.

