

<https://doi.org/10.35336/VA-1584>

<https://elibrary.ru/>

ПЕРЕСЕЧЕНИЕ СВЯЗКИ МАРШАЛЛА ПРИ КОРОНАРНОМ ШУНТИРОВАНИИ
И ПОСЛЕОПЕРАЦИОННАЯ ФИБРИЛЛЯЦИЯ ПРЕДСЕРДИЙ: РАННИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПИЛОТНОГО
РАНДОМИЗИРОВАННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Н.З.Гасымова, Ю.Г.Щукина, М.В.Ионов, А.В.Старикова, И.К.Исмаил-заде, И.Ю.Иванов,
Е.С.Жабина, Н.А.Тян, В.К.Гребенник, М.Л.Гордеев, Е.Н.Михайлов

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А.Алмазова» МЗ РФ, Россия,
Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2.

Цель. Оценить влияние пересечения связки Маршалла на частоту фибрилляции предсердий (ФП) в течение 1 месяца после коронарного шунтирования (КШ).

Материал и методы исследования. В «слепое» рандомизированное одноцентровое клиническое исследование включено 60 пациентов с показаниями к хирургической реваскуляризации миокарда (КШ), распределенных в группу пересечения связки Маршалла (30 пациентов; основная группа), в группу без пересечения связки Маршалла (30 пациентов - контроль). По основным клинико-демографическим параметрам группы между собой не различались. Первичная конечная точка - фибрилляция предсердий в сроки 28 дней после КШ. Для поиска факторов эффективности выполнялась логистическая регрессия.

Результаты. У 9 пациентов развилась послеоперационная ФП, у 7 пациентов в контрольной группе и 2 пациентов основной. Статистическая модель вывела два независимых фактора, достоверно снижающих риск развития послеоперационной ФП: проведение операции без искусственного кровообращения (off-pump) и пересечение связки Маршалла ($p=0,030$ и $p=0,048$, соответственно). Модель логистической регрессии продемонстрировала отличную прогностическую способность и высокую точность классификации пациентов; чувствительность - 93,8%, специфичность - 62,5% при пороге отсечения 0,5. Площадь под ROC-кривой ($AUC=0,898$) указывает на отличную способность модели различать пациентов с и без послеоперационной фибрилляции предсердий.

Заключение. Пересечение связки Маршалла в рамках проведения коронарного шунтирования на «работающем сердце» способно предупредить развитие послеоперационной ФП.

Ключевые слова: послеоперационная фибрилляция предсердий; коронарное шунтирование; связка Маршалла; нейромодуляция; профилактика фибрилляции предсердий; рандомизированное исследование

Конфликт интересов: отсутствует.

Финансирование: работа выполнена в рамках ГЗ № 123021000148-2.

Рукопись получена: 18.11.2025 **Принята к публикации:** 08.12.2025

Ответственный за переписку: Гасымова Нигар Закарьяевна, E-mail: nigarzakariyya@gmail.com

Н.З.Гасымова - ORCID ID 0000-0002-3878-8783, Ю.Г.Щукина - ORCID ID 0000-0001-7891-4708, М.В.Ионов - ORCID ID 0000-0002-3664-5383, А.В.Старикова - ORCID ID 0009-0002-0508-8171, И.Ю.Иванов - ORCID ID 0000-0003-2213-6673, Е.С.Жабина - ORCID ID 0000-0002-9001-8743, М.Л.Гордеев - ORCID ID 0000-0002-8199-0813, Е.Н.Михайлов - ORCID ID 0000-0002-6553-9141

Для цитирования: Гасымова НЗ, Щукина ЮГ, Ионов МВ, Старикова АВ, Исмаил-заде ИК, Иванов ИЮ, Жабина ЕС, Тян НА, Гребенник ВК, Гордеев МЛ, Михайлов ЕН. Пересечение связки Маршалла при коронарном шунтировании и послеоперационная фибрилляция предсердий: ранние результаты пилотного рандомизированного исследования. *Вестник аритмологии.* 2026;33(1): 22-28. <https://doi.org/10.35336/VA-1584>.

LIGAMENT OF MARSHALL TRANSECTION DURING CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING
AND POSTOPERATIVE ATRIAL FIBRILLATION: EARLY RESULTS OF A PILOT RANDOMIZED STUDY

N.Z.Gasimova, Yu.G.Shchukina, M.V.Ionov, A.V.Starikova, I.K.Ismail-zade, I.Yu.Ivanov,
E.S.Zhabina, N.A.Tyan, V.K.Grebennik, M.L.Gordeev, E.N.Mikhaylov

Almazov National Medical Research Center of the MH RF, Russia, Saint-Petersburg, 2 Akkuratova str.

Aim. To evaluate the impact of Marshall ligament cutting off on the incidence of atrial fibrillation (AF) within 1 month after coronary artery bypass grafting (CABG).

Methods. A double-blind, randomized, single-center clinical trial included 60 patients; 30 patients were allocated to the Marshall ligament cutting off group (main group), and 30 patients to the group without Marshall ligament cutting off (control group). The groups did not differ in baseline clinical and demographic parameters. The primary endpoint was the occurrence of AF within 28 days after CABG. Logistic regression was performed to identify efficacy factors.

Results. Postoperative AF developed in 9 patients: 7 patients in the control group and 2 patients in the main group. The statistical model revealed two independent factors that significantly reduced the risk of postoperative AF: performing the surgery without cardiopulmonary bypass (off-pump) and Marshall ligament cutting off ($p=0.030$ and $p=0.048$, respectively). The logistic regression model demonstrated excellent predictive ability and high patient classification accuracy; sensitivity was 93.8%, specificity was 62.5% at a cutoff of 0.5. The area under the ROC curve (AUC=0.898) indicates the model's excellent ability to distinguish between patients with and without postoperative atrial fibrillation.

Conclusion. Marshall ligament transection during off-pump CABG prevents the development of postoperative atrial fibrillation.

Keywords: postoperative atrial fibrillation; coronary artery bypass grafting; Marshall ligament; neuromodulation; atrial fibrillation prevention; randomized trial

Conflict of interest: none.

Funding: This work was carried out under State Contract No. 123021000148-2.

Received: 18.11.2025 **Accepted:** 08.12.2025

Corresponding author: Gasimova Nigar, E-mail: nigarzakariyya@gmail.com

N.Z.Gasimova - ORCID ID 0000-0002-3878-8783, Yu.G.Shchukina - ORCID ID 0000-0001-7891-4708, M.V.Ionov - ORCID ID 0000-0002-3664-5383, A.V.Starikova - ORCID ID 0009-0002-0508-8171, I.Yu.Ivanov - ORCID ID 0000-0003-2213-6673, E.S.Zhabina - ORCID ID 0000-0002-9001-8743, M.L.Gordeev - ORCID ID 0000-0002-8199-0813, E.N.Mikhaylov - ORCID ID 0000-0002-6553-9141

For citation: Gasimova NZ, Shchukina YuG, Ionov MV, Starikova AV, Ismail-zade IK, Ivanov IYu, Zhabina ES, Tyan NA, Grebennik VK, Gordeev ML, Mikhaylov EN. Marshall ligament transection during coronary artery bypass grafting and postoperative atrial fibrillation: early results of a pilot randomized study. *Journal of Arrhythmology*. 2026;33(1): 22-28. <https://doi.org/10.35336/VA-1584>.

Нарушения ритма сердца, такие как желудочковая тахикардия, желудочковая экстрасистолия, фибрилляция и трепетание предсердий, представляют собой наиболее распространенные осложнения кардиохирургических вмешательств. Согласно данным литературы, у каждого пятого пациента, перенесшего коронарное шунтирование (КШ), развивается послеоперационная фибрилляция предсердий (ПОФП) [1]. Наиболее частая ее манифестация отмечается на протяжении 4 недель после хирургического вмешательства. Пик возникновения ПОФП приходится на 2-4 послеоперационные сутки, в период достижения максимальной выраженности системного воспаления после операции [2]. Несмотря на часто бессимптомное течение и тенденцию к самоизлечению, ПОФП является значимым предиктором ряда серьезных осложнений, включая увеличение продолжительности госпитализации, риска инсульта, частоты инфаркта миокарда и общей смертности.

Патофизиология послеоперационных аритмий является мультифакторной и включает структурное и электрофизиологическое ремоделирование миокарда, воспалительный процесс, ишемию, а также дисбаланс вегетативной регуляции сердца [3]. Роль автономной нервной системы признается ключевой: симпатическая активация, сопровождающаяся выбросом катехоламинов, провоцирует нарушения кальциевого гомеостаза и процессы постдеполяризации, в то время как вагусные влияния способствуют сокращению эффективного рефрактерного периода кардиомиоцитов [4]. Подтверждением этой теории служит тот факт, что хирургическая денервация сердца статистически значимо снижает частоту развития ПОФП [5]. В связи с этим, разработка и внедрение целевых методик, направленных на селективное ограничение симпатической им-

пульсации к миокарду предсердий, является одной из актуальных задач современной кардиохирургии.

Мы предположили, что интраоперационное пересечение связки Маршалла, являющейся анатомическим проводником симпатических нервных волокон, в ходе плановой реваскуляризации миокарда методом коронарного шунтирования позволит снизить адренергические влияния на сердце и, как следствие, уменьшит риск возникновения ПОФП.

Цель исследования. Оценить влияние хирургического пересечения связки Маршалла на частоту возникновения фибрилляции предсердий в течение 28 дней после коронарного шунтирования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дизайн исследования

Данное исследование является одноцентровым проспективным рандомизированным «слепым» контролируемым в параллельных группах.

Критерии включения: 1) наличие показаний к операции коронарного шунтирования, 2) возраст от 18 до 75 лет включительно, 3) функциональный класс хронической сердечной недостаточности (CH) II или III по классификации NYHA, 4) подписанное информированное согласие пациента на участие в исследовании.

Критерии исключения: 1) наличие документально подтвержденной фибрилляции предсердий (ФП) или трепетания предсердий в анамнезе до операции, 2) вмешательства на структурах сердца, кроме КШ (например, протезирование клапанов, вмешательства на аорте), 3) инфаркт миокарда менее чем за 30 дней до КШ, 4) острое нарушение мозгового кровообращения в анамнезе менее 6 месяцев до операции, 5) тяжелая

почечная (хроническая болезнь почек 4-5 стадии) и/или печеночная недостаточность.

Процедура рандомизации

Пациенты были рандомизированы в одну из двух групп:

- группа 1 (основная) - КШ с пересечением связки Маршалла;
- группа 2 (контрольная) - КШ без пересечения связки Маршалла.

Рандомизация проводилась накануне операции координатором исследования методом минимизации с учетом стратификации по фракции выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) и планированию операции on-pump/off-pump, для этого использовалась специализированная компьютерная программа MINIM v.1.5 (Университет York, Великобритания).

Протокол исследования был утвержден Ученым советом и одобрен Этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ им. В.А.Алмазова» МЗ РФ (протоколы №9 от 07.10.22 и 07-22 от 11.07.22, соответственно). Все пациенты дали письменное согласие на участие в исследовании.

«Ослепление»

Пациенты не были информированы о том, в какую группу они были рандомизированы, в протоколе операции и выписном эпикризе не указывалось пересечение связки Маршалла.

Ход хирургического вмешательства

В качестве операционного доступа всем пациентам была выполнена срединная стернотомия. Пациентам, которым планировалось выполнение коронарного шунтирования в условиях экстракорпорального кровообращения, производилась канюляция и подключение аппарата искусственного кровообращения по схеме аорта-правое предсердие. Пациентам, которым выполнялось коронарное шунтирование off-pump, канюляция не проводилась. После формирования шунтов по стандартной методике и запуска кровотока по шунтам осуществлялась нейтрализация гепарина путем введения расчетной дозы протамина сульфата. После этого производилась ревизия области расположения связки Маршалла. После идентификации связки выполнялось пересечение связки с использованием электроножа с последующим контролем гемостаза в месте ее пересечения (рис. 1).

Мониторирование и оценка конечных точек

Период наблюдения составлял 28 дней после операции. Наблюдение начиналось с момента перевода пациента из операционной в отделение реанимации и далее в профильное кардиохирургическое отделение.

В течение стационарного этапа лечения ежедневная регистрация стандартной 12-канальной ЭКГ проводилась каждое утро для документа-

ции сердечного ритма. Внеплановое ЭКГ-исследование выполнялось при любых жалобах пациента, которые могли указывать на аритмию (сердцебиение, перебои в работе сердца, головокружение, внезапная слабость, одышка).

Первичной конечной точкой исследования считалось возникновение любого документально подтвержденного эпизода фибрилляции или трепетания предсердий продолжительностью более 30 секунд в течение 28-дневного послеоперационного периода.

Расчет объема выборки

Частота послеоперационной фибрилляции предсердий (ФП) у пациентов с трехсосудистым поражением, прошедших коронарное шунтирование, обычно составляет 20-30% вне зависимости от on-pump или off-pump техники. В нашем пилотном проекте предполагается снижение частоты развития послеоперационной ФП в 3-3,5 раза (например, с 27% до 8%). При рандомизации планируется стратификация по технике операции on-pump/off-pump, ФВ ЛЖ. Статистическая мощность при разнице 27% против 8% будет выше, чем при меньших различиях, в пилотном проекте планируется оценить осуществимость методики и логистику стратификации, получить доверительные интервалы для оценки эффекта. На основании расчетов мощности (от 55 до 80%) и ошибки альфа (0,05) для пилотного исследования, целью которого является выявление выраженного эффекта интервенции (в 3-3,5 раза), допустимым объемом будет 60 пациентов (по 30 в группу, с учетом стратифицированного распределения). Он позволит качественно провести пилотное исследование и получить первичные данные для расчета мощности для последующего крупного рандомизированного исследования. Однако при этом остается значительный риск статистической ошибки второго рода (недостаток мощности для меньших разниц).

Статистический анализ

Количественные переменные представлены в виде среднего и среднеквадратичного отклонения ($M \pm SD$), медианы с 25-м, 75-м квартилями (MED [Q1; Q3]). Проверка согласия распределения количественных показателей с нормальным (Гауссовым) проводилась при помощи критерия Шапиро-Уилка. В случае соответствия распределения нормальному, различия

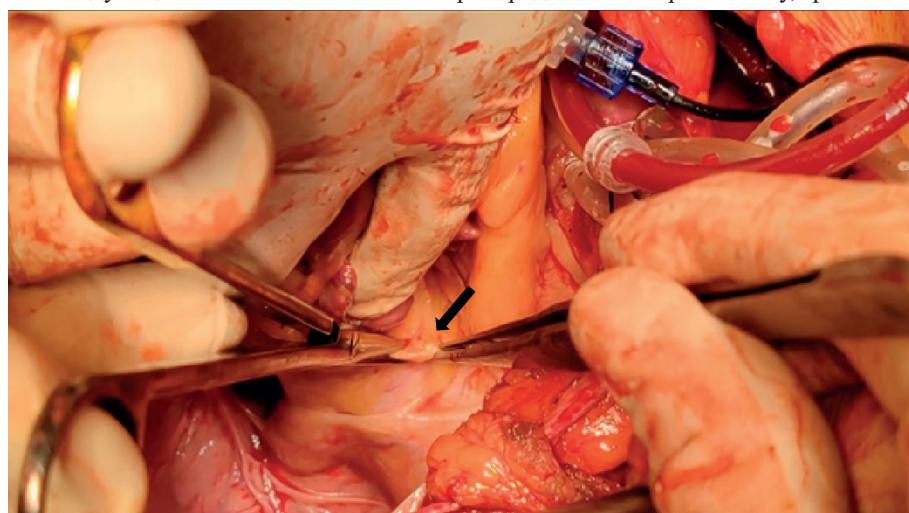


Рис. 1. Выделение связки Маршалла.

средних количественных показателей были проверены с помощью t-теста Стьюдента между группами и внутри групп. В противном случае использованы непараметрические аналоги указанного критерия (U-критерий Манна-Уитни, Уилкоксона). Категориальные переменные представлены в виде абсолютных значений с долями в виде процентов. Сравнения категориальных переменных выполнялись с использованием χ^2 -теста.

Для выявления факторов, потенциально влияющих на развитие ПОФП в течение 28 дней после операции КШ проведен анализ с использованием логистической регрессии. Переменные интегрировались в модель методом принудительного включения (Enter) на основании данных литературы, априорных логических предположений и патофизиологических механизмов изучаемых процессов. Для выявления и исключения мультиколлинеарности среди предикторов проводился анализ коэффициентов инфляции дисперсии (VIF). Оптимальная модель определялась на основе наилучшего значения псевдо- R^2 с учетом различных оценочных критерии, включая информационный критерий Акаике (AIC), Байесовский информационный критерий (BIC), критерий МакФаддена, Нагелькерке и Кокса-Снелла, а также критерия χ^2 . Для оценки силы и направления ассоциаций рассчитывались отноше-

ния шансов (ОШ) с 95% доверительными интервалами (ДИ). Адекватность модели оценивалась с использованием площади под кривой характеристик работы приемника (AUC-ROC). Качество дискриминации модели оценивалось с помощью ROC-анализа. При этом рассчитывались показатели чувствительности и специфичности модели. Статистический анализ выполнялся в программе Jamovi (The jamovi project (2025). jamovi (Version 2.6) [Computer Software]).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование включено 60 пациентов, по 30 в каждой группе. Полная клинико-демографическая характеристика пациентов представлена в табл. 1. Среднее количество шунтированных сосудов в 1 группе равно $3,1 \pm 0,7$ сосуду на одного пациента, из них в основной группе передняя межжелудочковая артерия была шунтирована у 30 пациентов, диагональная артерия у 11, промежуточная артерия у 5, артерии в бассейне огибающей артерии у 29, артерии в бассейне правой коронарной артерии у 19 пациентов. Среднее количество шунтированных сосудов во 2 группе равно $3,6 \pm 0,6$ сосудам на пациента ($p=0,09$), из них было шунтировано 30 передних межжелудочковых артерий, 22 диагональные артерии, 11 промежуточных артерий,

Таблица 1.

23 артерии в бассейне огибающей артерии, 21 артерия в бассейне правой коронарной артерии. Среднее значение по SYNTAX Score в 1 группе равно $23,7 \pm 3,9$ баллам, во 2 группе - $27 \pm 5,5$ баллам ($p=0,08$). Как видно из табл. 1, значимых отличий между основной и контрольной группами не было. Все включенные пациенты прошли 28-дневное наблюдение в рамках исследования.

Эпизоды ПОФП

У семи пациентов в контрольной группе и у двух пациентов в основной группе развилась ПОФП в сроки от 2 дней до 14 дней. Всем пациентам была инициирована терапия амиодароном. В двух случаях синусовый ритм был восстановлен методом электроимпульсной терапии, в остальных - медикаментозно. Все случаи ПОФП были зарегистрированы на ЭКГ. В обеих группах пациентов в период с 15 по 28 день новых случаев ФП не было.

Нежелательные события

Потенциально ассоциированных с пересечением связки Маршалла осложнений

Клиническая характеристика пациентов

Показатель	Всего (n=60)	Основная группа (n=30)	Контрольная группа (n=30)	p
Мужской пол, n (%)	41 (68)	18 (60)	23 (76,6)	0,26
Возраст, лет	64,7 [58,8; 67,5]	64,3 [60; 71]	64,3 [56,2; 70,7]	0,53
Euroscore, %	2 [1,42; 67,5]	4 [1,31; 73]	1,85 [1,58; 2,47]	0,26
ПИКС, n (%)	30 (50)	14 (46,6)	16 (53,3)	0,8
ЧКВ, n (%)	15 (25)	5 (16,6)	10 (33,3)	0,23
СД, n (%)	17 (28,3)	11 (36,6)	6 (20)	0,25
ИМТ, кг/м ²	29±4,15	29±3,5	28,1±4,5	0,13
On pump, n (%)	35 (58,3)	20 (66,6)	15 (50)	0,147
дЛП, мм	44 [40; 46]	43 [40; 45,3]	45 [42; 47]	0,09
КДО ЛЖ, мл	119 [113; 132]	118 [112; 127]	126 [114; 170]	0,11
КСО ЛЖ, мл	49 [43; 63]	48 [43; 50]	50 [44; 69]	0,08
ФВ ЛЖ, %	60 [57; 63]	60 [57; 63]	59 [50; 63]	0,32
TAPSE, мм	23 [22; 23]	23 [23; 23]	23 [22; 23]	0,57
СКФ, мл/мин/1,73м ²	80±25	80±23	81±24	0,8
ЛПНП, ммоль/л	1,9 [1,58; 3]	1,98 [1,55; 2,65]	1,8 [1,59; 3,46]	0,68
PQ, мс	161±28	163±31	160±25	0,76
QRS, мс	92 [84; 100]	90 [82,5; 100]	92 [86; 100]	0,78
QT, мс	410±36	407±30	413±41	0,53
ЧСС в покое, уд/мин	63 [56; 71]	61 [56; 73]	63 [58; 71]	0,64
β-АБ, n (%)	53 (88,3)	23 (76,6)	30 (10)	0,11

Примечание: ПИКС - постинфарктный кардиосклероз; ЧКВ - чрезкожное коронарное вмешательство; СД - сахарный диабет; ИМТ - индекс массы тела; дЛП - диаметр левого предсердия; КДО - конечнодиастолический объем; ЛЖ - левый желудочек; КСО - конечносистолический объем; ФВ - фракция выброса; СКФ - скорость клубочковой фильтрации; ЛПНП - липопротеиды низкой плотности; ЧСС - частота сердечных сокращений; β-АБ - β-адреноблокаторы.

выявлено не было. У 25 (42%) пациентов была отмечена постгеморрагическая анемия (основная группа - 13 (43%) случаев, контрольная группа 12 (40%) случаев, $p=0,794$). Постперикардиотомный синдром наблюдался у 9 (30%) пациентов в основной группе и 11 (37%) пациентов в контрольной группе ($p=0,584$). Во время проведения исследования такое осложнение, как постоперационное кровотечение с последующей ретернотомией отмечалось у 1 (3,3%) пациента в основной группе, в контрольной группе данного осложнения не наблюдалось ($p=0,314$). Других осложнений оперативного лечения обнаружено не было.

Предикторы отсутствия ПОФП

Для поиска факторов эффективности, в том числе с включением показателя пересечения связки Маршалла выполнена биноминальная логистическая регрессия. Модель логистической регрессии показала хорошее качество подгонки ($Deviance=21.8$, $AIC=37.8$, $BIC=51.3$). Псевдо-коэффициенты детерминации R^2 МакФаддена и Нагелкерке составили 0,456 и 0,580, соответственно. В многофакторной модели логистической регрессии, с включением следующих параметров в окончательную модель: анамнез сахарного диабета 2 типа, индекс массы тела, интервал PQ, баллы по Euroscore, диаметр левого предсердия, off/on-римп, пересечение связки Маршалла, достоверными предикторами сохранения синусового ритма после операции стали: проведение вмешательства без искусственного кровообращения (off-римп) и пересечение связки Маршалла (рис. 2).

Оба фактора значимо повышали вероятность отсутствия ПОФП ($p=0,030$ и $p=0,048$, соответственно). Другие показатели статистически значимого влияния не оказали. Проверка на мультиколлинеарность показала отсутствие значимых взаимных корреляций между предикторами (все значения $VIF < 3$, допуск $> 0,3$), что свидетельствует о стабильности модели и независимом вкладе включенных переменных. Модель логистической регрессии продемонстрировала высокую точность классификации (общая точность - 87,5%), чувствительность - 93,8% и специфичность - 62,5%. Площадь под ROC-кривой ($AUC=0,898$) указывает на отличную способность модели различать пациентов с наличием и отсутствием ПОФП (рис. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты исследования демонстрируют, что у пациентов без предшествующего анамнеза ФП пересечение связки Маршалла и применение техники операции без искусственного кровообращения (off-римп) являются факторами, независимо ассоциированными с отсутствием ПОФП в течение 28-дневного периода после КШ.

Детальное обсуждение общих механизмов ПОФП выходит за рамки данной статьи и представлено в других работах [6]. Основными преходящими факторами, запускающими ПОФП, являются активация автономной нервной системы и воспаление, в то время как предсуществующий субстрат аритмии связан со структурными изменениями предсердий.

Воспаление является ключевым механизмом, провоцирующим развитие ПОФП. Пиковые концентрации маркеров воспаления, таких как С-реактивный белок, интерлейкин 4, 6 совпадают по времени с периодом наибольшей частоты возникновения этой аритмии [7, 8]. О критической роли воспалительного процесса свидетельствует способность противовоспалительной терапии снижать риск развития ПОФП. В частности, назначение кортикоステроидов и, вероятно, колхицина ассоциировано со значительным уменьшением частоты возникновения данного осложнения [9].

Ключевую роль в запуске ПОФП играет активация автономной нервной системы. О возрастании симпатического тонуса свидетельствуют учащение синусового ритма, повышение эктопической активности предсердий и рост уровня норадреналина. Клиническим подтверждением служит тот факт, что симпатомиметики повышают риск ПОФП, тогда как β -адреноблокаторы эффективно его снижают. При этом важное значение

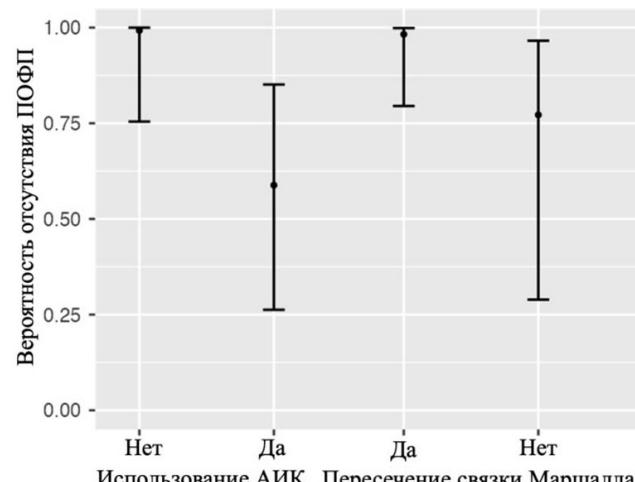


Рис. 2. Вероятность отсутствия возникновения послеоперационной фибрилляции предсердий (первой конечной точки) в зависимости от использования аппарата искусственного кровообращения и пересечения связки Маршалла.

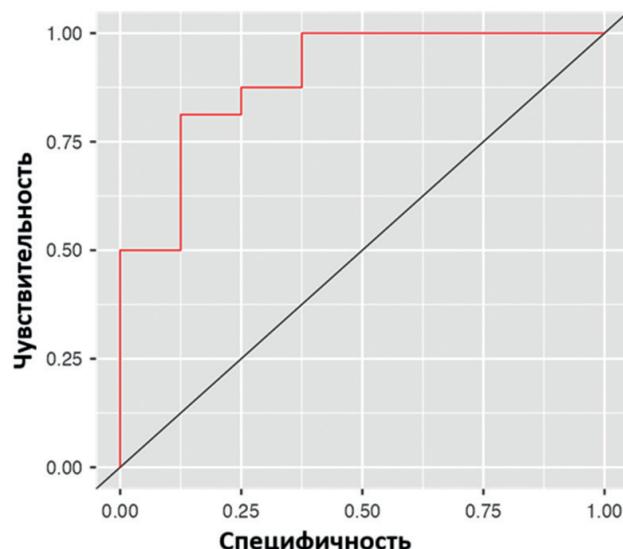


Рис. 3. ROC-кривая логистической модели прогнозирования отсутствия послеоперационной фибрилляции предсердий.

имеет сочетанная симпатовагальная активация, поскольку фармакологическая денервация предотвращает развитие аритмии [10, 11].

Основу собственной (внутрисердечной) автономной нервной системы составляют ганглии и нервные волокна, расположенные в эпикардиальной жировой ткани вокруг магистральных сосудов и вен сердца, включая связку Маршалла. Аритмогенность связки Маршалла обусловлена сочетанием сохранившихся мышечных волокон со спонтанной электрической активностью и плотной вегетативной иннервации. Это взаимодействие создает основу для возникновения ФП по механизмам re-entry и триггерной активности [12].

Аблация связки Маршалла, в частности методика спиртовой абляции, продемонстрировала эффективность в лечении персистирующей и длительно персистирующей форм ФП. В свою очередь профилактический потенциал пересечения данной связки для предотвращения развития ФП становится предметом интенсивного изучения в последнее время [13, 14].

В рандомизированном исследовании (n=430) частичная кардиальная денервация путем пересечения связки Маршалла значительно снижала риск послеоперационной ФП после КШ (18,1% против 31,6%; OR 0,57, P=0,001). Безопасное вмешательство также сокращало медицинские расходы, что подтверждает его клиническую и экономическую целесообразность для профилактики ПОФП [5]. Полученные нами данные согласуются с результатами исследования. Несмотря на ограниченный объем выборки в нашем исследовании, предварительные результаты свидетельствуют об эффективности пересечения связки Маршалла. Благоприятный профиль безопасности вмешательства, минимальные временные и ресурсные затраты на его выполнение, экономическая эффективность и патофизиологическая обоснованность делают данную методику перспективным направлением в профилактике ПОФП.

Ряд исследований указывает на снижение частоты развития ФП при проведении КШ без искусственного кровообращения (off-pump). Однако современные данные не позволяют однозначно утверждать о преимуществах данной методики в профилактике ФП после операции [15]. Среди 551 пациента с ПОФП при 10-летнем наблюдении частота развития ФП также различалась между группами on-pump и off-pump (35 из 166 [21,1%] vs 29 из 172 [16,9%]; P=0,32).

Потенциальное снижение риска ФП при off-pump технике связывают с отсутствием системного воспалительного ответа и глобальной ишемии миокарда, характерных для искусственного кровообращения. В отличие от кардиоплегии, вызывающей тотальную ишемию,

при off-pump методике ишемия носит региональный характер. Глобальная ишемия может нарушать перфузию субэндокардиальных слоев и межжелудочковой перегородки, что особенно опасно у пациентов с дисфункцией левого желудочка и острым инфарктом миокарда, повышая риск дилатации предсердий и развития ФП. Отсутствие канюляции правого предсердия при off-pump технике снижает вероятность его дилатации - одного из механизмов патогенеза ФП. Дополнительными протективными факторами могут служить уменьшение кровопотери и перикардиального выпота, снижающие прямое давление на правое предсердие [16].

Отдельного внимания заслуживает вопрос периоперационного применения β -адреноблокаторов. В нашем исследовании пациенты получали бета-блокаторы в плановом порядке по назначению лечащего врача для терапии сопутствующих заболеваний (постинфарктный кардиосклероз, артериальная гипертензия).

Следует отметить, что целесообразность назначения β -адреноблокаторов после перенесенного инфаркта миокарда в настоящее время активно пересматривается (данные исследований REBOOT и BETAMI-DANBLOCK, тогда как при артериальной гипертензии эти препараты уже не входят в перечень лекарственных средств первой линии [17, 18]).

В нашем исследовании прием β -адреноблокаторов не ассоциировался со снижением частоты ПОФП. Несмотря на то, что в предыдущих редакциях рекомендаций β -адреноблокаторы предлагались для профилактики ПОФП, современные данные, включая систематический обзор 89 РКИ из 23 мета-анализов (n=19 211), не подтверждают их преимуществ в кардиохирургии для снижения риска смертности, инфаркта миокарда или инсульта, в связи с чем их рутинное применение более не рекомендуется [19, 20].

Ограничения исследования

Малый объем выборки и одноцентровой характер исследования являются основными его ограничениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В pilotном рандомизированном одноцентровом «слепом» клиническом исследовании пересечение связки Маршалла наряду с проведением коронарного шунтирования на «работающем сердце» (off-pump) продемонстрировали эффективность в снижении частоты развития ПОФП. Полученные результаты позволяют рассматривать пересечение связки Маршалла в рамках проведения КШ на «работающем сердце» в качестве перспективного варианта профилактики ПОФП в кардиологической практике, однако требуют подтверждения в более крупных исследованиях.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания «Разработка метода модификации симпатической иннервации миокарда при проведении коронарного шунтирования для профилактики жизнеугрожающих аритмий» № 124021600052-5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dobrev D, Aguilar M, Heijman J, et al. Postoperative atrial fibrillation: mechanisms, manifestations and management. *Nat Rev Cardiol.* 2019;16: 417-436. <https://doi.org/10.1038/s41569-019-0166-5>.
2. Funk M, Richards SB, Desjardins J, et al. Incidence, timing, symptoms, and risk factors for atrial fibrillation after cardiac surgery. *Am J Crit Care.* 2003;12(5): 424-33.
3. Gaudino M, Di Franco A, Rong LQ, et al. Postopera-

- tive atrial fibrillation: from mechanisms to treatment. *Eur Heart J.* 2023;44(12): 1020-1039. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad019>.
4. Dimmer C, Tavernier R, Gjorgov N, et al. Variations of autonomic tone preceding onset of atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting. *Am J Cardiol.* 1998;82: 22-25. [https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(98\)00231-8](https://doi.org/10.1016/S0002-9149(98)00231-8).
 5. Yang Z, Tiemuerniyazi X, Xu F, et al. Partial Cardiac Denervation to Prevent Postoperative Atrial Fibrillation After Coronary Artery Bypass Grafting: The pCAD-POAF Randomized Clinical Trial. *JAMA Cardiol.* 2025;10(1): 71-77. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2024.4639>.
 6. Andrade J, Khairy P, Dobrev D, Nattel S. The clinical profile and pathophysiology of atrial fibrillation: relationships among clinical features, epidemiology, and mechanisms. *Circ Res.* 2014;114(9): 1453-68. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.114.303211>.
 7. Imazio M, Brucato A, Ferrazzi P. Colchicine reduces postoperative atrial fibrillation: results of the Colchicine for the Prevention of the Postpericardiotomy Syndrome (COPPS) atrial fibrillation substudy. *Circulation.* 2011;124: 2290-2295. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.026153>.
 8. Kaireviciute D, Blann AD, Balakrishnan B, et al. Characterisation and validity of inflammatory biomarkers in the prediction of post-operative atrial fibrillation in coronary artery disease patients. *Thromb Haemost.* 2010;104(1): 122-127. <https://doi.org/10.1160/TH09-12-0837>.
 9. Ryu K, Li L, Khrestian CM, et al. Effects of sterile pericarditis on connexins 40 and 43 in the atria: correlation with abnormal conduction and atrial arrhythmias. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2007;293: H1231-H1241. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00607.2006>.
 10. Shen MJ, Coffey AC, Straka S, et al. Simultaneous recordings of intrinsic cardiac nerve activity and skin sympathetic nerve activity from human patients during the post-operative period. *Heart Rhythm.* 2017;14(11): 1587-1593. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.06.030>.
 11. Amar D, Zhang H, Miodownik S, Kadish AH. Competing autonomic mechanisms precede the onset of post-operative atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2003;42: 1262-1268.
 12. He B, Wang X, Zhao F, et al. The ligament of Marshall and arrhythmias: A review. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2021;44(5):792-799. <https://doi.org/10.1111/pace.14071>.
 13. Valderrábano M, Peterson LE, Swarup V, et al. Effect of catheter ablation with vein of Marshall ethanol infusion vs catheter ablation alone on persistent atrial fibrillation: the VENUS randomized clinical trial. *JAMA.* 2020;324(16): 1620-8. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.16195>.
 14. Báez-Escudero JL, Morales PF, Dave AS, et al. Ethanol infusion in the vein of Marshall facilitates mitral isthmus ablation. *Heart Rhythm.* 2012;9(8): 1207-15. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2012.03.008>.
 15. Quin JA, Wagner TH, Hattler B, et al. Ten-Year Outcomes of Off-Pump vs On-Pump Coronary Artery Bypass Grafting in the Department of Veterans Affairs: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Surg.* 2022;157(4):303-310. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2021.7578>.
 16. Athanasiou T, Aziz O, Mangoush O, et al. Does off-pump coronary artery bypass reduce the incidence of post-operative atrial fibrillation? A question revisited. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;26: 701-710. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2004.05.053>.
 17. Ibanez B, Latini R, Rossello X, et al. Beta-Blockers after Myocardial Infarction without Reduced Ejection Fraction. *N Engl J Med.* 2025. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2504735>.
 18. Munkhaugen J, Kristensen AMD, Halvorsen S, et al. Beta-Blockers after Myocardial Infarction in Patients without Heart Failure. *N Engl J Med.* 2025. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2505985>.
 19. Ziff OJ, Samra M, Howard JP, et al. Beta-blocker efficacy across different cardiovascular indications: an umbrella review and meta-analytic assessment. *BMC Med.* 2020;18: 103. <https://doi.org/10.1186/s12916-020-01564-3>.
 20. Van Gelder IC, Rienstra M, Bunting KV, et al. 2024 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): Developed by the task force for the management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC), with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. Endorsed by the European Stroke Organisation (ESO). *Eur Heart J.* 2024; 45(36): 3314-3414. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae176>.