

Влияние электролитного состава крови на риск развития фибрилляции предсердий после операции на сердце

Татаринцева З. Г.^{1,2}, Космачева Е. Д.^{1,2}, Бабичева О. В.^{1,2}

Цель. Проанализировать связь низкой концентрации калия крови до операции на сердце с риском развития послеоперационной фибрилляции предсердий (ПОФП).

Материал и методы. Были собраны и проанализированы данные пациентов, поступивших в отделение реанимации после операции на сердце в период с января 2023г по июнь 2023г. За исследуемый период был прооперирован 691 пациент. Из них у 96 (13,9%) пациентов развилась ПОФП — они составили группу А (средний возраст 68,3±10,0). Контрольная группа В пациентов с синусовым ритмом была сформирована при помощи генератора случайных чисел, составила 96 пациентов со средним возрастом 63,5±8,3.

Результаты. Медиана времени до начала аритмии составила 39,0 (29,2-51,0) ч. Концентрация калия крови за час до операции была значительно снижена в сыворотке крови пациентов, у которых развилась аритмия, по сравнению с контрольной группой ($p<0,001$), и составила в среднем 3,4±0,4 ммоль/л. Для определения чувствительности и специфичности связи гипокалиемии с развитием ПОФП мы использовали подтверждающий статистический метод, а именно метод построения ROC-кривых (AUC 0,640 (95%, доверительный интервал: 0,562-0,718; $p<0,001$)).

Заключение. Это исследование продемонстрировало связь низкой концентрации калия крови до операции с риском развития ПОФП. Концентрации электролитов сами по себе не могут в полной мере объяснить риск развития аритмии, однако оптимизация электролитного баланса и, в частности, поддержание концентрации калия >4,5 ммоль/л может предотвратить развитие фибрилляции предсердий у некоторых пациентов.

Ключевые слова: послеоперационная фибрилляция предсердий, аорто-коронарное шунтирование, кардиохирургические операции, фибрилляция предсердий, калий крови, гипокалиемия.

Отношения и деятельность: нет.

¹ГБУЗ Научно-исследовательский институт — Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С. В. Очаповского Минздрава Краснодарского края, Краснодар; ²ФГБОУ ВО Кубанский государственный медицинский университет Минздрава России, Краснодар, Россия.

Татаринцева З. Г.* — к.м.н., зав. кардиологическим отделением, ассистент кафедры кардиохирургии и кардиологии ФПК и ППС, ORCID: 0000-0002-3868-8061, Космачева Е. Д. — д.м.н., профессор, зам. главного врача по лечебной части, зав. кафедрой терапии № 1 ФПК и ППС, ORCID: 0000-0001-5690-2482, Бабичева О. В. — к.м.н., врач-кардиолог, доцент кафедры кардиохирургии и кардиологии ФПК и ППС, ORCID: нет.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): z.tatarintseva@list.ru

ПОФП — послеоперационная фибрилляция предсердий, СД — сахарный диабет, ФП — фибрилляция предсердий, ФР — фактор риска.

Рукопись получена 28.08.2023

Рецензия получена 07.11.2023

Принята к публикации 16.01.2024



Для цитирования: Татаринцева З. Г., Космачева Е. Д., Бабичева О. В. Влияние электролитного состава крови на риск развития фибрилляции предсердий после операции на сердце. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(3):5585. doi: 10.15829/1560-4071-2024-5585. EDN YGNTCG

Influence of blood electrolyte levels on the risk of atrial fibrillation after cardiac surgery

Tatarintseva Z. G.^{1,2}, Kosmacheva E. D.^{1,2}, Babicheva O. V.^{1,2}

Aim. To analyze the relationship of low blood potassium concentration before surgery with the risk of postoperative atrial fibrillation (POAF).

Material and methods. Data were collected and analyzed from patients admitted to the intensive care unit after cardiac surgery between January 2023 and June 2023. During the study period, 691 patients were operated on. Of these, 96 (13,9%) patients developed POAF, which made up group A (mean age 68,3±10,0). Control group B of patients with sinus rhythm was formed using a random generator and consisted of 96 patients with a mean age of 63,5±8,3.

Results. The median time to onset of arrhythmia was 39,0 (29,2-51,0) hours. The blood potassium concentration one hour before surgery was significantly reduced in patients who developed arrhythmia compared with the control group ($p<0,001$) and averaged 3,4±0,4 mmol/L. To determine the sensitivity and specificity of the association of hypokalemia with POAF, we used a confirmatory statistical method, namely constructing ROC curves (AUC 0,640 (95% confidence interval: 0,562-0,718; $p<0,001$)).

Conclusion. This study demonstrated the association of low preoperative blood potassium concentrations with the risk of POAF. Electrolyte concentrations alone cannot fully explain the risk of arrhythmia. However, optimizing electrolyte balance and, in particular, maintaining potassium concentrations >4,5 mmol/L may prevent the atrial fibrillation in some patients.

Keywords: postoperative atrial fibrillation, coronary artery bypass grafting, cardiac surgery, atrial fibrillation, blood potassium, hypokalemia.

Relationships and Activities: none.

¹ Research Institute — S. V. Ochapovsky Regional Clinical Hospital № 1, Krasnodar;

² Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia.

Tatarintseva Z. G.* ORCID: 0000-0002-3868-8061, Kosmacheva E. D. ORCID: 0000-0001-5690-2482, Babicheva O. V. ORCID: none.

*Corresponding author: z.tatarintseva@list.ru

Received: 28.08.2023 **Revision Received:** 07.11.2023 **Accepted:** 16.01.2024

For citation: Tatarintseva Z. G., Kosmacheva E. D., Babicheva O. V. Influence of blood electrolyte levels on the risk of atrial fibrillation after cardiac surgery. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(3):5585. doi: 10.15829/1560-4071-2024-5585. EDN YGNTCG

Ключевые моменты

- Послеоперационная фибрилляция предсердий (ПОФП) возникает у 18-50% пациентов, перенесших операцию на сердце, и ассоциирована с длительным пребыванием в стационаре, увеличением затрат на здравоохранение и повышением краткосрочного и долгосрочного риска смертности.
- Введение препаратов калия для предотвращения ПОФП является обычной практикой, основанной на электрофизиологии сердечных миоцитов.
- Оптимизация электролитного баланса и, в частности, поддержание концентрации калия $>4,5$ ммоль/л может предотвратить развитие аритмии у некоторых пациентов.

Послеоперационная фибрилляция предсердий (ПОФП) возникает у 18-50% пациентов, перенесших операцию на сердце, и ассоциирована с длительным пребыванием в стационаре, увеличением затрат на здравоохранение и повышением краткосрочного и долгосрочного риска смертности [1-3]. Считается, что концентрации калия и магния в плазме являются важными факторами в развитии фибрилляции предсердий (ФП), а введение препаратов калия для предотвращения ПОФП является обычной практикой, основанной на электрофизиологии сердечных миоцитов [4]. Добавки магния также часто используются для профилактики и лечения ФП [5]. Тем не менее отсутствуют убедительные доказательства в поддержку добавления электролитов в качестве средства профилактики ФП, и исследования, в которых изучались предикторы ПОФП, не смогли определить послеоперационные концентрации электролитов или терапию добавками как факторы риска (ФР) [6].

Анализируя данные 1800 пациентов, Lancaster TS, et al. (2016) сообщили, что пациенты, перенесшие ФП после операции на сердце, имели более высокие концентрации магния ($0,96$ vs $0,89$ ммоль/л) и калия ($4,30$ vs $4,21$ ммоль/л) во время начала ФП в сравнении с теми, у которых ПОФП не случилось [7]. С другой стороны, в рандомизированном контролируемом исследовании с участием 910 кардиохирургических пациентов Hoekstra M, et al. (2016) не удалось выявить преимущества с точки зрения снижения частоты ФП от введения калия с целью достижения послеоперационных концентраций калия в сыворотке $\geq 4,5$ ммоль/л [8].

Отсутствие четких доказательств привело к исключению добавок калия и магния из рекомендаций Общества сердечно-сосудистых анестезиологов/Европейской ассоциации кардиоторакальных ане-

Key messages

- Postoperative atrial fibrillation (POAF) occurs in 18-50% of patients undergoing cardiac surgery and is associated with prolonged hospital stay, increased health care costs, and increased short- and long-term risk of mortality.
- Potassium supplementation to prevent POAF is a common practice based on cardiomyocyte electrophysiology.
- Optimizing electrolyte balance and, in particular, maintaining potassium concentrations $>4,5$ mmol/L may prevent arrhythmias in some patients.

стезиологов по лечению ФП после операций на сердце [9]. Однако, несмотря на отсутствие подтверждающих доказательств, в исследовании текущей практики интенсивной терапии более трех четвертей респондентов заявили, что их первичное лечение ПОФП будет включать добавление электролитов до достижения уровня калия крови $>4,5$ ммоль/л [10].

Цель данного исследования — определить связь низкой концентрации калия крови до операции на сердце с риском развития ПОФП.

Нулевая гипотеза заключалась в том, что после учета искажающих факторов не было бы никакой разницы в концентрациях электролитов или скорости приема электролитов у тех, кто страдал и не страдал ФП.

Материал и методы

Были собраны и проанализированы данные пациентов, поступивших в отделение реанимации "Научно-исследовательского института — Краевой клинической больницы № 1" г. Краснодара, после операции на сердце в период времени с января 2023г по июнь 2023г. Критериями включения в исследование явились следующие: возраст старше 18 лет, согласие пациента на участие в исследовании, проведенная плановая кардиохирургическая операция (аортокоронарное шунтирование и/или протезирование одного или нескольких клапанов сердца). Пациенты, перенесшие трансплантацию или экстренную операцию (например, по поводу острой диссекции аорты), а также те, у кого до операции была диагностирована фибрилляция или трепетание предсердий, были исключены из исследования. Дизайн исследования представлен на рисунке 1.

За исследуемый период прооперирован 691 пациент. Было исключено 153 пациента по причине проведенной трансплантации сердца (3 пациента), экстренной операции (36 пациентов) и анамнеза ФП до

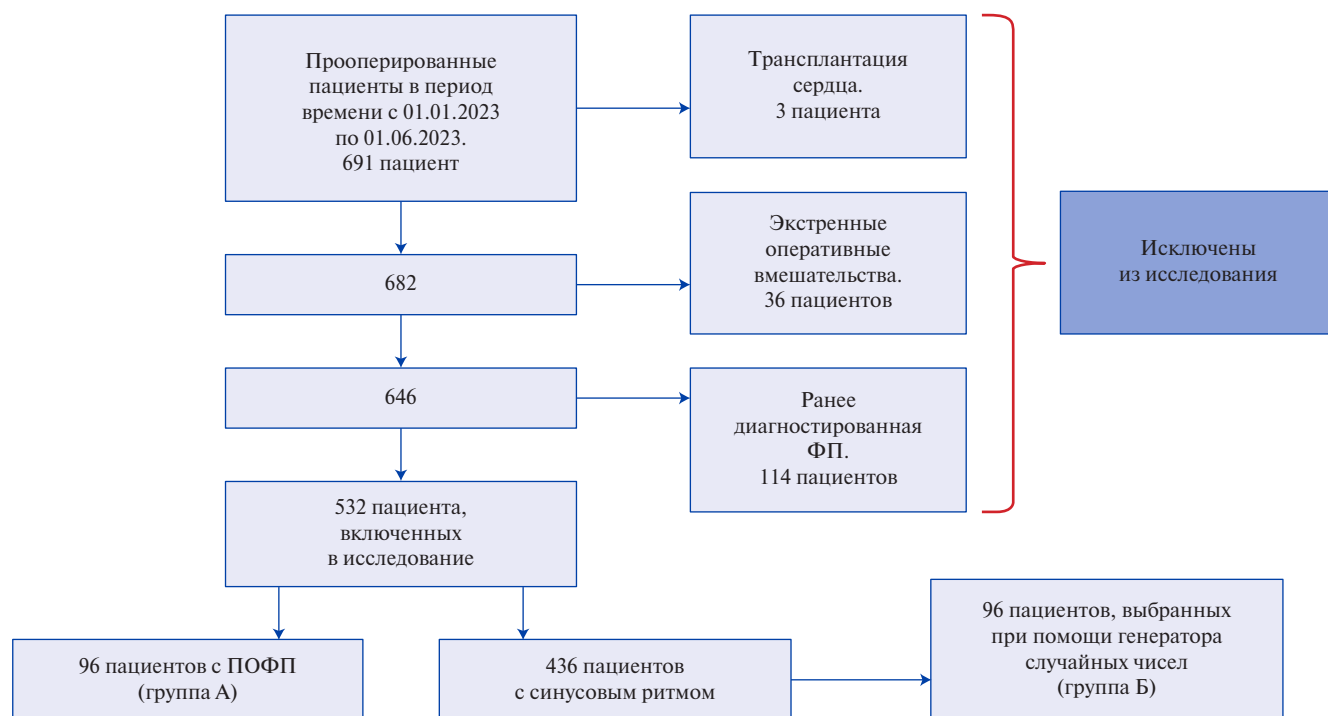


Рис. 1. Дизайн исследования.

Сокращения: ПОФП — послеоперационная фибрилляция предсердий, ФП — фибрилляция предсердий.

выполнения оперативного лечения (114 пациентов). В общей сложности было выявлено 532 подходящих пациента. Из них у 96 (13,9%) пациентов развилась ПОФП, которые составили группу А, и у 436 пациентов пароксизмов ритма зафиксировано не было, в связи с чем при помощи генератора случайных чисел из данной когорты пациентов была сформирована идентичная по численности группа из 96 пациентов с синусовым ритмом и названа группой Б.

Пациенты с ПОФП в сравнении с пациентами без ПОФП были старше, с большей вероятностью были женского пола и курили в настоящее время, а также имели достоверно более низкие значения липопротеинов высокой плотности и чаще страдали сахарным диабетом (СД).

Медиана (межквартильный размах) времени до начала ФП составила 39,0 (29,2-51,0) ч.

Почасовая оценка сердечного ритма выполнялась лечащими врачами путем изучения непрерывных кривых электрокардиограммы, отображаемых на прикроватных мониторах Draeger Infinity (Draeger, Германия). Концентрация калия крови измерялась с помощью аппарата анализатора газов крови Gem5000 (Instrumentation Laboratory, США) каждые 3 ч с момента перевода из операционной в отделение реанимации после выполненной интервенции.

Основной вопрос заключался в том, связаны ли концентрации калия $<4,5$ ммоль/л с ПОФП. Пороговое значение для калия (4,5 ммоль/л) было

выбрано, поскольку это пороговое значение использовалось в предыдущих исследованиях [9].

Статистический анализ. Программное обеспечение IBM SPSS Statistics версии 20.0 использовалось для анализа данных. Характер распределения количественных признаков определяли по методу Колмогорова-Смирнова; в случае нормального распределения рассчитывали среднее значение (М) и стандартное отклонение (SD). Межгрупповое сравнение по распределению качественных характеристик проводили с помощью критерия χ^2 . Учитывая то, что в группах распределение количественных признаков не соответствовало нормальному, был использован критерий Манна-Уитни. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости для отклонения нулевой статистической гипотезы (р) принимался равным 0,05. Прогностическое значение гипокалиемии оценивалось по площади под кривой рабочей характеристики приемника (ROC), прогностически значимым являлось значение $>0,5$.

Результаты

Подробная характеристика пациентов из сравниваемых групп представлена в таблице 1. Группы сопоставимы по основным анамнестическим данным, однако пациенты из группы А были значимо старше, чаще среди них встречались женщины, отмечался более низкий уровень липопротеинов высокой плотности, были более распространены курение и СД.

Таблица 1

Сравнительная характеристика пациентов из сравниваемых групп

Параметр	Группа А, n=96	Группа Б, n=96	p
Пол женский, n (%)	41 (42,7)	24 (25)	0,009*
Возраст, M±SD	68,3±10,0	63,5±8,3	0,004*
Индекс массы тела, кг/м ² , M±SD	27,9±4,4	29,1±4,7	0,15
Анамнез сердечно-сосудистых заболеваний			
Инфаркт миокарда, n (%)	27 (28,1)	18 (18,8)	0,13
Инсульт, n (%)	3 (3,1)	3 (3,1)	1,0
Артериальная гипертензия, n (%)	89 (92,7)	86 (89,6)	0,91
Факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний			
Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин, M±SD	72,7±17,7	76,4±12,8	0,18
Курение в настоящее время, n (%)	35 (36,5)	18 (18,8)	0,06*
Сахарный диабет, n (%)	27 (28,1)	15 (15,6)	0,04*
Периферический атеросклероз, гемодинамически значимый (со стенозами сосудов >70%)	12 (12,5)	7 (7,3)	0,23
Гиперхолестеринемия			
Общий холестерин, ммоль/л, M±SD	4,8±1,5	4,8±1,2	1,0
Триглицериды, ммоль/л, M±SD	1,7±1,1	1,6±0,6	0,53
Липопротеины низкой плотности, ммоль/л, M±SD	2,8±1,0	2,9±1,1	0,60
Липопротеины высокой плотности, ммоль/л, M±SD	1,2±0,3	1,6±0,3	<0,001*

Примечание: * — достоверные межгрупповые различия (p<0,05) при сравнении с использованием t-критерия Стьюдента.

Таблица 2

Сравнительная характеристика пациентов из группы А в зависимости от наличия или отсутствия СД

Параметр	С сахарным диабетом, n=27	Без сахарного диабета, n=69	p
Пол женский, n (%)	12 (44,4)	28 (40,6)	0,73
Возраст, M±SD	72±3,5	67,9±10,7	0,06
Индекс массы тела, кг/м ² , M±SD	28,8±4,6	26,7±4,5	0,06
Анамнез сердечно-сосудистых заболеваний			
Инфаркт миокарда, n (%)	4 (14,8)	12 (17,4)	0,74
Инсульт, n (%)	0	3 (4,3)	0,29
Артериальная гипертензия, n (%)	27 (100)	64 (92,7)	0,15
Факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний			
Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин, M±SD	62,4±11,6	75,9±15,8	<0,001*
Курение в настоящее время, n (%)	7 (25,9)	28 (40,6)	0,18
Периферический атеросклероз, гемодинамически значимый (со стенозами сосудов >70%)	5 (18,5)	5 (7,2)	0,11
Гиперхолестеринемия			
Общий холестерин, ммоль/л, M±SD	4,7±1,5	4,6±1,5	0,77
Триглицериды, ммоль/л, M±SD	1,4±0,8	1,3±1,2	0,69
Липопротеины низкой плотности, ммоль/л, M±SD	3,0±1,1	2,6±1,0	0,09
Липопротеины высокой плотности, ммоль/л, M±SD	1,1±0,2	1,2±0,3	0,11

Примечание: * — достоверные межгрупповые различия (p<0,05) при сравнении с использованием t-критерия Стьюдента.

Дополнительно был проведен поданализ пациентов из группы А в зависимости от наличия или отсутствия СД (табл. 2). Из полученных данных видно, что группы идентичны по основным сравниваемым признакам, за исключением более низкой скорости клубочковой фильтрации у пациентов с СД. Это объясняется патогенетическими механизмами развития диабетической нефропатии и исключает СД как ФР развития ПОФП [11].

Переменные, полученные при анализе кислотно-щелочного состояния крови пациентов, подробно описаны в таблицах 3 и 4.

Концентрация калия крови за час операции была значительно снижена в сыворотке пациентов, у которых развилась ПОФП, по сравнению с контрольной группой (p<0,001) (рис. 2).

Для определения чувствительности и специфичности связи гипокалиемии с развитием ПОФП мы

Таблица 3

Показатели кислотно-щелочного состава крови у пациентов из сравниваемых групп

Параметр	Группа А, n=96	Группа Б, n=96	p
Концентрация калия крови за час операции, ммоль/л, M±SD (референсная норма 3,5-5,1)	3,4±0,4	4,1±0,4	<0,001*
Концентрация калия крови через час после операции, ммоль/л, M±SD	3,3±0,5	3,3±0,6	1,0
Наименьшая концентрация калия крови в раннем послеоперационном периоде (первые 3-е сут.), ммоль/л, M±SD	2,9±0,3	2,9±0,5	1,0
Концентрация натрия крови, ммоль/л, M±SD (референсная норма 130,0-156,0)	150,7±5,5	151,9±3,0	0,06
Концентрация хлора крови, ммоль/л, M±SD (референсная норма 95,0-110,0)	114,7±4,8	112,6±18,4	0,28
Концентрация кальция крови, ммоль/л, M±SD (референсная норма 2,0-2,8)	1,0±0,1	0,9±0,1	<0,001*
Бикарбонат крови HCO ³⁻ , ммоль/л, M±SD (референсная норма 22,5-26,9)	18,2±3,0	18,1±3,5	0,83
Лактат крови, ммоль/л, M±SD (референсная норма 0,5-2,2)	8,2±3,7	8,3±3,9	0,85

Примечание: * — достоверные межгрупповые различия (p<0,05) при сравнении с использованием t-критерия Стьюдента.

Таблица 4

Количество пациентов с концентрацией калия крови выше пороговой среди тех, у кого развилась и не развилась ФП

Параметр	Группа А, n=96	Группа Б, n=96	p
Минимальное значение K ⁺ после операции <3,5 ммоль/л, n (%)	96 (100)	87 (90,6)	<0,001*
Минимальное значение K ⁺ после операции 3,6-4,0 ммоль/л, n (%)	0	9 (9,4)	<0,001*
Минимальное значение K ⁺ после операции >4,1 ммоль/л, n (%)	0	0	—

Примечание: * — достоверные межгрупповые различия (p<0,05) при сравнении с использованием t-критерия Стьюдента.

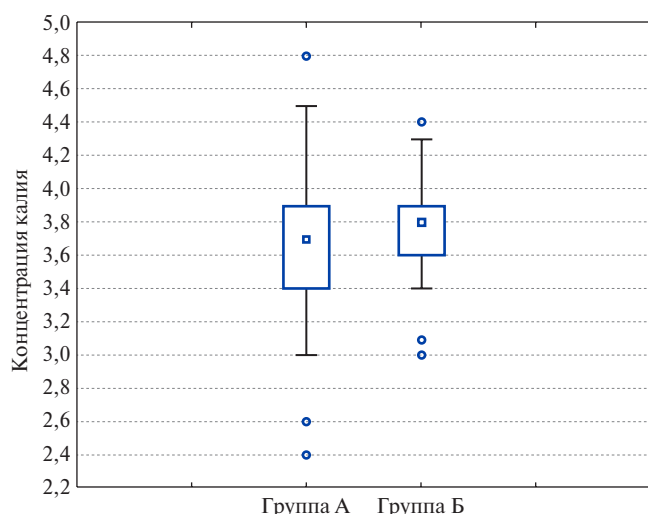


Рис. 2. Концентрация предоперационного калия в сыворотке у пациентов с ФП по сравнению с пациентами без ФП.

использовали подтверждающий статистический метод, а именно метод построения ROC-кривых.

AUC для концентрации калия сыворотки крови составила 0,640 (95% доверительный интервал: 0,562-0,718; p<0,001), что говорит о значимой свя-

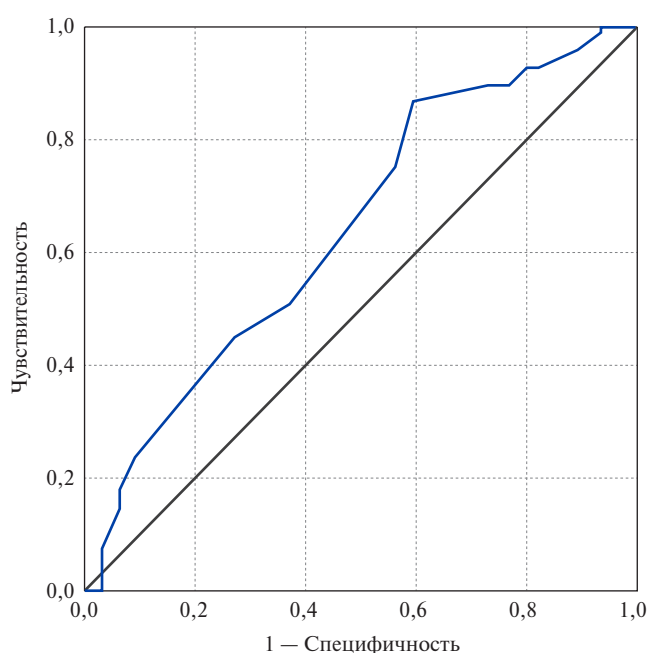


Рис. 3. ROC-кривые концентрации предоперационного калия у пациентов с ПОФП.

зи между исследуемым параметром и вероятностью развития ФП после плановых кардиохирургических операций (рис. 3).

Обсуждение

Калий играет важную роль в электрофизиологии сердца. Концентрации в сыворотке калия обычно низкие после операции на сердце и незначительно ниже в нехирургических когортах среди пациентов, страдающих предсердными аритмиями. Несмотря на отсутствие доказательств того, что эта связь является причинно-следственной, усилия по поддержанию сывороточного калия в диапазоне "высокой нормы" (4,5-5,5 ммоль/л), считаются "рутинной практикой" для профилактики ФП у пациентов после операции во многих центрах по всему миру. Эффективность

практики поддержания нормального уровня калия в сыворотке крови остается недоказанной, а данные, подтверждающие ее, крайне ограничены, поскольку получены в результате обсервационных, а не интервенционных исследований [6].

Это исследование показало, что чем ниже концентрация калия крови, тем выше риск развития ФП. Концентрации электролитов сами по себе не могут в полной мере объяснить риск развития ФП, и модели, направленные на выявление лиц с риском развития ФП, вряд ли будут в значительной степени полагаться на анализ концентраций электролитов. Однако оптимизация электролитного баланса и, в частности, поддержание концентрации калия $>4,5$ ммоль/л может предотвратить развитие ФП у некоторых пациентов [12].

В исследовании Hoekstra M, et al. не удалось выявить преимущества поддержания более высоких концентраций калия, возможно, потому, что средняя концентрация в плазме, достигнутая в их группе с более высокой целевой концентрацией (4,33 ммоль/л), была всего на 0,11 ммоль/л выше, чем средняя концентрация, достигнутая в группе с более низкой целевой концентрацией (4,22 ммоль/л) [8].

В своем ретроспективном анализе данных о кардиохирургических пациентах Lancaster TS, et al. сравнили концентрации калия (у 1688 пациентов) и концентрации магния (у 925 пациентов) между группами, у которых развилась и не развилась ПОФП [7]. При однофакторном анализе исследование Ланкастера показало, что примерно во время начала ФП средние концентрации калия и магния были выше, чем у тех, у кого аритмия не развилась. Однако связь между

концентрацией калия и ФП не была подтверждена в ходе многопараметрического логистического регрессионного анализа.

Существующие модели, которые были разработаны для прогнозирования ФП после операции на сердце, в значительной степени основаны на предоперационных характеристиках пациента. В то время как предоперационные ФР, безусловно, важны, послеоперационные ФР являются не менее значимыми и в случае их коррекции возможно повлиять на прогноз пациента в лучшую сторону. Когда послеоперационные ФР анализируются с помощью существующих оценок риска, включенные послеоперационные переменные в основном базируются на назначении лекарственной терапии. Следовательно, некоторые из лекарств, включенных в качестве переменных, таких как бета-блокаторы, в настоящее время широко назначаются после операции на сердце как часть протоколов лечения [13].

Заключение

Это исследование продемонстрировало связь низкой концентрации калия крови до операции с риском развития ПОФП. Концентрации электролитов сами по себе не могут в полной мере объяснить риск развития аритмии, однако оптимизация электролитного баланса и, в частности, поддержание концентрации калия $>4,5$ ммоль/л может предотвратить развитие ФП у некоторых пациентов.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

1. D'Agostino RS, Jacobs JP, Badhwar V, et al. The Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database: 2018 Update on Outcomes and Quality. *Ann Thorac Surg.* 2018;105(1):15-23. doi:10.1016/j.athoracsur.2017.10.035.
2. Todorov H, Janssen I, Honnord S, et al. Clinical significance and risk factors for new onset and recurring atrial fibrillation following cardiac surgery — a retrospective data analysis. *BMC Anesthesiol.* 2017;17(1):163. doi:10.1186/s12871-017-0455-7.
3. Tulla H, Hippeläinen M, Turpeinen A, et al. New-onset atrial fibrillation at discharge in patients after coronary artery bypass surgery: short- and long-term morbidity and mortality. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2015;48(5):747-52. doi:10.1093/ejcts/ezu526.
4. Raiten JM, Ghadimi K, Augoustides JG, et al. Atrial fibrillation after cardiac surgery: clinical update on mechanisms and prophylactic strategies. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2015;29(3):806-16. doi:10.1053/j.jvca.2015.01.001.
5. Cameron MJ, Tran DTT, Abboud J, et al. Prospective External Validation of Three Preoperative Risk Scores for Prediction of New Onset Atrial Fibrillation After Cardiac Surgery. *Anesth Analg.* 2018;126(1):33-8. doi:10.1213/ANE.0000000000002112.
6. Campbell NG, Allen E, Sanders J, et al. The impact of maintaining serum potassium ≥ 3.6 mEq/L vs ≥ 4.5 mEq/L on the incidence of new-onset atrial fibrillation in the first 120 hours after isolated elective coronary artery bypass grafting — study protocol for a randomised feasibility trial for the proposed Tight K randomized non-inferiority trial. *Trials.* 2017;18(1):618. doi:10.1186/s13063-017-2349-x.
7. Lancaster TS, Schill MR, Greenberg JW, et al. Potassium and Magnesium Supplementation Do Not Protect Against Atrial Fibrillation After Cardiac Operation: A Time-Matched Analysis. *Ann Thorac Surg.* 2016;102(4):1181-8. doi:10.1016/j.athoracsur.2016.06.066.
8. Hoekstra M, Hessels L, Rienstra M, et al. Computer-guided normal-low versus normal-high potassium control after cardiac surgery: No impact on atrial fibrillation or atrial flutter. *Am Heart J.* 2016;172:45-52. doi:10.1016/j.ahj.2015.10.020.
9. O'Brien B, Burrage PS, Ngai JY, et al. Society of Cardiovascular Anesthesiologists/European Association of Cardiothoracic Anaesthetists Practice Advisory for the Management of Perioperative Atrial Fibrillation in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019;33(1):12-26. doi:10.1053/j.jvca.2018.09.039.
10. Chean CS, McAuley D, Gordon A, Welters ID. Current practice in the management of new-onset atrial fibrillation in critically ill patients: a UK-wide survey. *Peer J.* 2017;5:e3716. doi:10.7717/peerj.3716.
11. Li X, Lu L, Hou W, et al. Epigenetics in the pathogenesis of diabetic nephropathy. *Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai).* 2022;54(2):163-72. doi:10.3724/abbs.2021016.
12. Howitt SH, Grant SW, Campbell NG, et al. Are Serum Potassium and Magnesium Levels Associated with Atrial Fibrillation After Cardiac Surgery? *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020;34(5):1152-9. doi:10.1053/j.jvca.2019.10.045.
13. Kirtbaya LN. Medical treatment of postoperative atrial fibrillation. *Annals of Arrhythmology.* 2022;19(4):210-7. (In Russ.) Киртбая Л.Н. Медикаментозное лечение послеоперационной фибрилляции предсердий. *Анналы аритмологии.* 2022;19(4):210-7. doi:10.15275/annaritm.2022.4.1.