

DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2023.3.63>

## Динамика содержания С-реактивного белка и железа сыворотки крови у пациентов при кардиохирургических операциях

И.Г. Тишкевич<sup>1</sup>, А.В. Марочков<sup>1</sup>, В.А. Ливинская<sup>2</sup>, А.А. Марочков<sup>1</sup>, М.С. Курашов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Могилевская областная клиническая больница, г. Могилев, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2023. – Том 22, №3. – С. 63-70.

## The dynamics of serum C-reactive protein and iron concentration in patients during cardiosurgical operations

I.G. Tishkevich<sup>1</sup>, A.V. Marochkov<sup>1</sup>, V.A. Livinskaya<sup>2</sup>, A.A. Marochkov<sup>1</sup>, M.S. Kurashov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mogilev Regional Clinical Hospital, Mogilev, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2023;22(3):63-70.

---

### Резюме.

Определена отрицательная корреляционная связь средней силы ( $R=-0,39$ ;  $p<0,05$ ) между повышением уровня С-РБ и снижением уровня железа через 24 часа после кардиохирургического вмешательства с использованием искусственного кровообращения.

Цель исследования – определение динамики содержания железа и С-РБ в сыворотке крови у пациентов при выполнении кардиохирургических вмешательств на открытом сердце с использованием искусственного кровообращения (ИК), выявление корреляции между содержанием сывороточного железа и С-РБ, как критериев травматичности перенесенного оперативного вмешательства.

Материал и методы. Проведено проспективное нерандомизированное когортное исследование. Оценивали динамику содержания С-РБ и сывороточного железа у 30 взрослых пациентов, госпитализированных в отделение кардиохирургии для проведения оперативного вмешательства на открытом сердце с использованием искусственного кровообращения. У всех пациентов выполняли забор венозной крови на следующих этапах: 1 этап – до операции, 2 этап – через 24 часа от начала операции; 3 и 4 этапы – через 48 часов и 72 часа соответственно. Определение содержания С-РБ проводили в лаборатории клинической биохимии иммунотурбодиметрическим методом, содержание железа определяли колориметрическим методом с хромогеном ТПТЗ.

Результаты. В послеоперационном периоде наблюдается фазовое изменение содержания С-РБ и железа в сравнении с дооперационным периодом.

Заключение. Отмечается значительное увеличение концентрации С-РБ через 24,48,72 часа после начала операции, которое коррелирует со статистически значимым снижением содержания железа через 24 часа после начала операции ( $R=-0,39$ ,  $p<0,05$ ).

*Ключевые слова:* кардиохирургия, операция, С-реактивный белок, железо.

### Abstract.

A moderate negative correlation ( $R=-0.39$ ;  $p<0.05$ ) was found between increased C-reactive protein (CRP) level and decreased iron level in 24 hours after cardiosurgical operation with cardiopulmonary bypass.

Objectives. To determine the changes in serum CRP and iron concentration in open heart cardiopulmonary bypass surgery patients over time, as well as the correlation between them as the traumatism criteria after undergoing surgery.

Material and methods. A prospective non-randomised cohort study was performed. The dynamics of CRP and iron concentration was assessed in 30 adult patients admitted to the cardiac surgery department for an open heart cardiopulmonary bypass surgery. All patients gave venous blood samples at the following sampling time periods: 1 – before the surgery; 2 – in 24 hours after the start of the surgery; 3 and 4 – in 48 hours and 72 hours, respectively. CRP

concentration was determined by immunoturbidimetry at the clinical biochemistry laboratory; iron concentration was determined by colorimetry with TPTZ chromogenic reagent.

Results. A phase change in CRP and iron concentration was observed during the postoperative period vs. the preoperative one. CRP concentration showed a significant increase in 24, 48, and 72 hours after the start of the surgery, which correlates with a statistically significant decrease of iron level in 24 hours after the start of the surgery ( $R=-0.39$ ,  $p<0.05$ ).

Keywords: cardiac surgery, C-reactive protein, iron.

## Введение

Факторы, влияющие на обмен железа хорошо изучены, и представлены в ряде публикаций [1, 2]. Среди известных факторов возникновения дефицита железа: недостаточное поступление с пищей, нарушение всасывания в кишечнике, кровопотеря, гемолиз и ряд других состояний, объединенных термином «анемия хронического заболевания».

В последние годы появились работы, в которых исследуется состояние обмена железа при хронической сердечной недостаточности, онкологических и хронических воспалительных заболеваниях [3-6]. Установлено, что все эти состояния вызывают повышение содержания провоспалительных цитокинов в крови, что ведет к развитию дефицита железа и, в последующем, анемии. Оперативные вмешательства увеличивают риск возникновения воспалительной реакции вследствие высвобождения провоспалительных цитокинов и С-реактивного белка (С-РБ) [7, 8]. Из показателей системной воспалительной реакции С-РБ является наиболее доступным для исследования в клинической практике. Динамика С-РБ в крови после кардиохирургических вмешательств достаточно хорошо изучена [9, 10]. Он зарекомендовал себя как надежный критерий интенсивности воспаления и тяжести перенесенного хирургического вмешательства.

С другой стороны, динамика содержания сывороточного железа у пациентов при кардиохирургических вмешательствах, в свою очередь, изучена крайне недостаточно. При анализе баз данных Pubmed с 1985 г. по 10 мес. 2022 и введении ключевых слов «Кардиохирургия», «дефицит железа», нами найдено 256 публикаций, в которых исследован предоперационный железоздефицит и определены методы его профилактики. Однако только в 5 работах анализируется динамика содержания железа в периоперационном периоде у пациентов после кардиохирургических вмешательств [11-15]. В этих немногочисленных публикациях имеются отдельные, крайне противоречивые данные о влиянии кардиохирургических

вмешательств на уровень сывороточного железа. В связи с этим нам представляется актуальным изучение динамики содержания С-РБ и сывороточного железа у пациентов в периоперационном периоде.

Цель настоящего исследования – определение динамики содержания железа и С-РБ в сыворотке крови у пациентов при выполнении кардиохирургических вмешательств на открытом сердце с использованием искусственного кровообращения (ИК).

## Материал и методы

Выполнено нерандомизированное проспективное когортное исследование, в котором приняли участие 30 пациентов, госпитализированных в кардиохирургическое отделение нашего стационара в период с 1.08.2022 по 1.11.2022. В исследование включены пациенты старше 18 лет, которым выполнялось аорто-коронарного шунтирование и/или протезирование (пластика) клапанов сердца в условиях ИК.

Возраст пациентов составил 65 (60-72) лет, распределение по полу: женщин – 9 (23%), мужчин – 30 (77%). Рост пациентов составил 170 (168-175) см, масса тела – 84 (74-98) кг, ИМТ – 29,8 (26,4-32,4) кг/м<sup>2</sup>. Риск неблагоприятного исхода у пациентов согласно шкале EuroScore2 составил 2,015 (1,28-2,79)%.

3 пациента перенесли инфаркт миокарда, 8 пациентов страдали стенокардией напряжения второго и третьего функционального класса, вызванной множественным поражением коронарных артерий. У 13 пациентов стенокардия напряжения сочеталась с постинфарктным кардиосклерозом, 5 пациентов страдало аортальными пороками дегенеративного и ревматического генеза, у 1 пациента выявлена митральная недостаточность. Показания к оперативному лечению и объем оперативного вмешательства определялись согласно действующим нормативно-правовым документам МЗ РБ и рекомендациям Европейского общества кардиологов.

Показания к кардиохирургическим вмешательствам представлены в таблице 1.

Сопутствующая патология у прооперированных пациентов представлена в таблице 2.

Пациентам были выполнены следующие оперативные вмешательства: 21 – АКШ, 3 – каротидная эверсионная эндартерэктомия + АКШ, у 5 – протезирование аортального клапана в сочетании с АКШ, у 1 пациента выполнено протезирование МК + пластика ТК и ушивание ушка левого предсердия.

У всех больных операции на сердце были выполнены в условиях ИК на аппарате Terumo System 1 в режиме нормотермической перфузии (36,6 градусов С) с использованием мембранного оксигенатора Medtronic в условиях ламинарного потока. Для интраоперационной защиты миокарда проводилась смешанная холодовая кровяно-кристаллоидная кардиopleгия официальными растворами №3 и №2, разработанными в РНПЦ «Кардиология». Для анестезиологического обеспечения кардиохирургических вмешательств проводили многокомпонентную сбалансированную анестезию с искусственной вентиляцией легких и применением эндотрахеальной интубации.

Всем больным до операции выполнялся полный комплекс лабораторного и инструментального обследования согласно действующим протоколам МЗ РБ. В послеоперационном периоде все прооперированные пациенты поступали в отделение анестезиологии и реанимации, где проводился послеоперационный мониторинг и мероприятия по интенсивному уходу и лечению.

С целью определения динамики содержания

железа и С-РБ, забор крови проводился на следующих этапах: 1 этап: до операции; 2 этап – через 24 часа от начала операции; 3 и 4 этапы – через 48 часов и 72 часа соответственно. Исследования образцов крови выполняли в лаборатории клинической биохимии на аппарате AU-680 Beckmann-Culter. Содержание С-РБ определяли методом иммунотурбидиметрии, референтные значения составляли 0-5 мг/л. Содержание железа определяли колориметрическим методом с хромогеном ТПТЗ. Референтные значения содержания железа составляли 9-34 ммоль/л. Полученные нами данные представлены в виде медианы (Me) и 25 и 75 квартилей (LQ и UQ).

Статистическая обработка результатов исследования проводилась в программе Statistica 7.0. Для проверки гипотезы о статистически значимом различии уровня железа и С-РБ в течение 4 этапов исследования была оценена динамика основных числовых характеристик соответствующих выборок, а также протестирована гипотеза различия уровней показателей с помощью непараметрического критерия Вилкоксона для зависимых выборок. Корреляцию содержания С-РБ и железа определяли по методу Спирмена. Уровень статистической значимости для всех тестов определяли, как  $p < 0,05$ .

## Результаты

Всем пациентам были проведены успешные кардиохирургические вмешательства. Длительность ИК составила 107 (82-126) минут, время ишемии – 86 (63-101) минуты. Объемная ско-

Таблица 1 – Показания к кардиохирургическим вмешательствам

№	Нозология	Количество пациентов
1	ИБС: стенокардия напряжения ФК 2-3. Постинфарктный кардиосклероз	13
2	ИБС: постинфарктный кардиосклероз.	3
3	ИБС: стенокардия напряжения ФК 2-3	8
4	Аортальные пороки сердца	5
5	Митральный порок сердца	1
Всего:		30

Таблица 2 – Сопутствующие заболевания у пациентов, оперированных на сердце в условиях ИК

№	Сопутствующие заболевания	Количество пациентов
1	Артериальная гипертензия	25
2	Сахарный диабет 2 типа	9
3	Стенозы сонных артерий более 30 %	19

Примечание: у многих пациентов имелось 2-3 сопутствующих патологии.

рость перфузии составила 4,71 (4.3-5) л/мин, перфузионный индекс мы поддерживали в диапазоне 2,4-2,5 л/мин/м<sup>2</sup>. Длительность лечения в отделении реанимации после операции составила 48 (42-161) часов.

До операции уровень содержания железа в крови у 30 пациентов (1 этап исследования) составил 20,92 (17,6-23,9) ммоль/л, что соответствует референтным нормам.

Через 24 часа от начала операции (2 этап исследования) уровень содержания железа у 25 пациентов был ниже на 16,495 ммоль/л по сравнению с исходным значением и составил 4,43 (3,95-6,48) ммоль/л, что достоверно отличается от этапа 1 ( $p=0,000012$ ).

Через 48 часов от начала операции (3 этап исследования) уровень содержания железа у 25 пациентов был ниже на 16,955 ммоль/л по сравнению с исходным значением и составил 3,97 (3,09-6,09) ммоль/л, что достоверно отличается от этапа 1 ( $p=0,000012$ ).

Однако, по сравнению со 2 этапом исследования, снижение содержания железа оказалось статистически незначимым ( $p=0,45$ ) и составило 0,46 ммоль/л.

На 4 этапе исследования (через 72 часа от начала операции) у 15 пациентов содержание железа снизилось по отношению к этапу 1 на 16,37 ммоль/л ( $p=0,000655$ ), по отношению ко 2 этапу исследования незначительное увеличение составило 0,12 ммоль/л ( $p=0,42$ ), к 3 этапу исследования незначительное увеличение составило 0,58 ммоль/л ( $p=0,92$ ). На рисунке 1 представлено визуальное различие уровня железа по этапам исследования.

В таблицах 3 и 4 представлены числовые значения проведенного анализа динамики сывороточного железа.

Одновременно у этих же пациентов на избранных этапах исследования определялось содержание С-РБ. В день операции, в 8.00-8.30, 29 пациентам в кардиохирургическом отделении производили забор крови на содержание С-РБ (1 этап исследования). Содержание С-РБ в сыворотке крови 29 пациентов составило 1,56 (0,93- 3,25) мг/л, что соответствовало показателям нормы (в пределах референтных значений).

Через сутки (24 часа) от начала кардиохирургических вмешательств (2 этап исследования) у 29 пациентов содержание С-РБ составило 64,7 (40,0-94,0) мг/л, что статистически выше на 63,14, чем на 1 этапе ( $p=0,000004$ ).

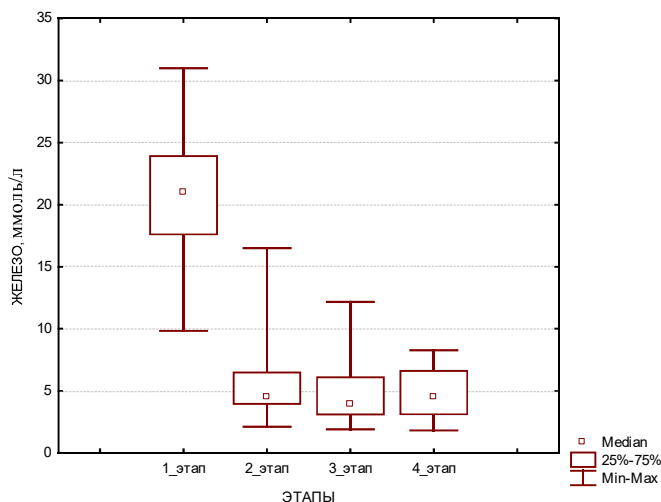


Рисунок 1 – Различие уровней содержания железа на этапах исследования

Через 48 часов от начала операции (3 этап исследования) уровень содержания С-РБ у 29 пациентов был выше на 181,44 мг/л по сравнению с исходным значением и составил 183,0 (113,04-236) мг/л, что достоверно отличается от этапа 1 ( $p=0,000004$ ). По сравнению с 2 этапом исследования, увеличение содержания С-РБ составило 118,3 мг/л, что также является статистически значимым ( $p=0,000005$ ).

Через 72 часа от начала операции (4 этап исследования) уровень содержания С-РБ у 19 пациентов по сравнению с 3 этапом снизился на 17,9 мг/л, что является статистически незначимым ( $p=0,616492$ ) и составил 165,1 (133,0-215,0) мг/л, что достоверно отличается от этапа 2 ( $p=0,000196$ ). По сравнению с 1 этапом исследования, увеличение содержания С-РБ составило 163,54 мг/л, что также является статистически значимым ( $p=0,000005$ ).

В таблицах 5 и 6 представлены числовые значения проведенного анализа динамики показателя СР-Б.

На рисунке 2 представлено различие уровня СРБ по этапам исследования.

Нами проведен корреляционный анализ изменения содержания сывороточного железа и С-РБ в пробах крови на этапах исследования в послеоперационном периоде. Установлено, что между повышением С-реактивного белка и снижением сывороточного железа на этапе 2 (через 24 часа после операции) имеется отрицательная корреляционная зависимость. Коэффициент корреляции составил -0,39 ( $p<0,05$ ).

Таблица 3 – Описательная статистика уровня железа

Показатель по этапам	N	Медиана	Минимум	Максимум	Q1	Q3
Железо 1 этап	30	20,9250	9,83000	31,0000	17,6000	23,9000
Железо 2 этап	25	4,4300	2,11000	16,5000	3,9500	6,4800
Железо 3 этап	25	3,9700	1,90000	12,1700	3,0900	6,0900
Железо 4 этап	15	4,5500	1,81000	8,2700	3,1100	6,6100

Таблица 4 – Результаты теста Вилкоксона о статистической значимости различий уровня железа по этапам исследования

Сравниваемые группы	N	T	Z	Различие в медианах	P-значение
Железо 1 этап & железо 2 этап	25	0,00000	4,372373	-16,4950	0,000012
Железо 1 этап & железо 3 этап	25	0,00000	4,372373	-16,9550	0,000012
Железо 1 этап & железо 4 этап	15	0,00000	3,407771	-16,3750	0,000655
Железо 2 этап & железо 3 этап	20	85,00000	0,746653	-0,4600	0,455273
Железо 2 этап & железо 4 этап	13	34,00000	0,803685	0,1200	0,421579
Железо 3 этап & железо 4 этап	14	51,00000	0,094165	0,5800	0,924978

Таким образом, в послеоперационном периоде кардиохирургических операций с применением ИК отмечается значительное увеличение концентрации С-РБ через 24,48,72 часа после начала операции, которое коррелирует со статистически значимым снижением содержания железа на 2 этапе исследования.

### Обсуждение

О проблеме регуляции содержания железа при кардиохирургических вмешательствах в исследованиях специалистов уделено крайне мало

внимания. Solis J.V. и соавторы изучали интенсивность дефицита железа в послеоперационном периоде через 24,48,96 часов после кардиохирургических операций [11]. В проспективном исследовании у 55 пациентов они установили, что в послеоперационном периоде отмечается выраженное снижение содержания железа в сыворотке крови через 48 часов. Это снижение составило до 3,38 ммоль/л. Дефицит уровня железа сохранялся в течение 45 суток. Однако, по нашим данным, снижение содержания железа через 24, 48, 72 часа статистически не отличается. Снижение содержания железа происходит уже через 24 часа.

Таблица 5 – Описательная статистика уровня СРБ

Показатель по этапам	N	Медиана	Минимум	Максимум	Q1	Q3
СРБ 1 этап	29	1,5600	0,23000	5,0500	0,9300	3,2500
СРБ 2 этап	29	64,7000	18,00000	140,0000	40,0000	94,0000
СРБ 3 этап	29	183,0000	27,04000	348,0000	113,0400	236,0000
СРБ 4 этап	19	165,1000	58,00000	365,0000	133,0000	215,0000

Таблица 6 – Результаты теста Вилкоксона о статистической значимости различий уровня железа по этапам исследования

Сравниваемые группы	N	T	Z	P-значение	Различие в медианах
СРБ 1 этап & СРБ 2 этап	28	0,00000	4,622599	0,000004	63,1400
СРБ 1 этап & СРБ 3 этап	28	0,00000	4,622599	0,000004	181,4400
СРБ 1 этап & СРБ 4 этап	18	0,00000	3,723555	0,000196	163,5400
СРБ 2 этап & СРБ 3 этап	28	2,00000	4,577056	0,000005	118,3000
СРБ 2 этап & СРБ 4 этап	19	2,00000	3,742523	0,000182	100,4000
СРБ 3 этап & СРБ 4 этап	18	74,00000	0,500829	0,616492	-17,9000

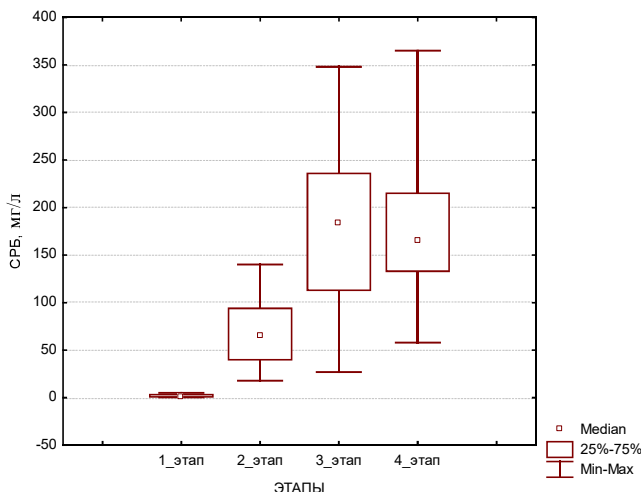


Рисунок 2 – Динамика уровня С-РБ в зависимости от этапа исследования.

В исследовании М.Норре и соавторов [12] изучалось изменение уровня железа и маркеров воспаления в послеоперационном периоде кардиохирургических вмешательств у 5 мужчин. Исследование показало актуальность проблемы и необходимость дальнейшего изучения факторов, влияющих на обмен железа.

Динамика содержания С-РБ у пациентов после операции на сердце в условиях ИК представлена в работах многих авторов [9, 14, 15]. Так, в работе Vitkover и соавторов [15] изучена связь между маркерами воспалительной реакции при кардиохирургических вмешательствах и корреляция между динамикой содержания С-РБ и сывороточного железа. Такой корреляции выявлено не было. В работах McSorley и соавторов [13, 14] проведена попытка исследования взаимосвязи между маркерами системного воспаления и гомеостаза железа. Изучены взаимоотношения С-РБ, альбумина, ферритина, сывороточного железа. Количественных данных о корреляционной связи повышения содержания С-РБ и железа не обнаружено.

Таким образом, в нашем исследовании впервые установлена корреляционная связь средней силы ( $R=-0,39$ ,  $p<0,05$ ) между повышением содержания С-РБ и снижением содержания железа у кардиохирургических пациентов после операции на открытом сердце.

### Заключение

1. У пациентов при кардиохирургических вмешательствах на открытом сердце с применением искусственного кровообращения определе-

но повышение уровня содержания С-РБ через 24 часа после оперативного вмешательства до 64,7 (40,0-94,0) мг/л, через 48 часов до 183 (113-236) мг/л, через 72 часа до 165,1 (133-215) мг/л.

2. Одновременно с повышением С-РБ через установленные интервалы определено снижение содержания сывороточного железа через 24 часа до 4,43 (3,95-6,48) ммоль/л, через 48 часов до 3,97 (3,09-6,09) ммоль/л.

3. Определена отрицательная корреляционная связь средней силы ( $R=-0,39$ ,  $p<0,05$ ) между повышением уровня С-РБ с 1,56 (0,93-3,25) ммоль/л до 64,7 (40-94) мг/л и снижением уровня железа с 20,92 (17,6-23,9) ммоль/л до 4,43 (3,95-6,48) ммоль/л через 24 часа после кардиохирургического вмешательства с использованием ИК.

**Благодарность.** Выражаем благодарность анонимным рецензентам за время, посвященное нашей статье.

**Acknowledgements.** The authors express their gratitude to anonymous reviewers for the time spent while working at their article.

### Литература

1. Munos, M. An update of iron physiology / M. Munos, I. Villar, J. A. Garcia-Erce // World J. Gastroenterol. 2009 Oct. Vol. 15, N 37. P. 4617–4626.
2. Camaschella, C. Iron deficiency / C. Camaschella // Blood. 2019 Jan. Vol. 133, N 1. P. 30–39.
3. Del Pinto, R. Iron deficiency in heart failure: diagnosis and clinical implications / R. Del Pinto, C. Ferri // Eur. Heart J. 2022 Nov. Vol. 24, suppl. 1. P. 196–199.
4. Anemia and Iron Deficiency in Cancer Patients: Role of Iron Replacement Therapy / F. Busti [et al.] // Pharmaceuticals (Basel). 2018 Sep. Vol. 11, N 4. P. 94.
5. Iron deficiency across chronic inflammatory conditions: International expert opinion on definition, diagnosis, and management / M. D. Cappellini [et al.] // Am. J. Hematol. 2017 Oct. Vol. 92, N 10. P. 1068–1078.
6. Iron deficiency or anemia of inflammation? Differential diagnosis and mechanisms of anemia of inflammation / M. Nairz [et al.] // Wien Med. Wochenschr. 2016 Oct. Vol. 166, N 13/14. P. 411–423.
7. Динамика содержания С-реактивного белка у пациентов при выполнении радикальной флэбэктомии на нижней конечности / Е. Л. Ставчиков [и др.] // Журн. ГрГМУ. 2020. Т. 18, № 4. С. 436–440.
8. Рубаненко, О. А. Влияние операции коронарного шунтирования на факторы воспаления и миокардиального повреждения у пациентов с ишемической болезнью сердца / О. А. Рубаненко // Байкал. мед. журн. 2016. Т. 140, № 1. С. 18–22.
9. Динамика содержания С-реактивного белка в сыворотке крови при анестезиологическом обеспечении хирургических вмешательств / В. А. Дудко [и др.] // Вестн. ВГМУ.

2020. Т. 19, № 1. С. 59–65.
10. C-Reactive protein kinetics after cardiac surgery: A retrospective multicenter study / C. Santonocito [et al.] // *Ann. Card. Anaesth.* 2022 Oct-Dec. Vol. 25, N 4. P. 498–504.
  11. Iron Deficiency in the Acute-Phase Reaction After Open Aortic Surgery / J. V. Solis [et al.] // *Vasc. Endovascular Surg.* 2006 Oct-Nov. Vol. 40, N 5. P. 392–398.
  12. Hepcidin, interleukin-6 and hematological iron markers in males before and after heart surgery / M. Hoppe [et al.] // *J. Nutr. Biochem.* 2009 Jan. Vol. 20, N 1. P. 11–16.
  13. Quantitative data on the magnitude of the systemic

- inflammatory response and its relationship with serum measures of iron status / S. T. McSorley [et al.] // *Transl. Res.* 2016 Oct. Vol. 176. P. 119–126.
14. Regression Correction Equation to Adjust Serum Iron and Ferritin Concentrations Based on C-Reactive Protein and Albumin in Patients Receiving Primary and Secondary Care / S. T. McSorley [et al.] // *J. Nutr.* 2019 May. Vol. 149, N 5. P. 877–883.
  15. Effects of cardiac surgery on some clinically used inflammation markers and procalcitonin / C. Y. Bitkover [et al.] // *Scand. Cardiovasc. J.* 2000 Jun. Vol. 34, N 3. P. 307–314.

*Поступила 20.03.2023 г.*

*Принята в печать 12.06.2023 г.*

## References

1. Munos M, Villar I, Garcia-Erce JA. An update of iron physiology. *World J Gastroenterol.* 2009 Oct;15(37):4617-26. doi: 10.3748/wjg.15.4617.
2. Camaschella C. Iron deficiency. *Blood.* 2019 Jan;133(1):30-39. doi: 10.1182/blood-2018-05-815944.
3. Del Pinto R, Ferri C. Iron deficiency in heart failure: diagnosis and clinical implications. *Eur Heart J.* 2022 Nov;24( suppl 1):196-9. doi: 10.1093/eurheartjsupp/suac080.
4. Busti F, Marchi G, Ugolini S, Castagna A, Girelli D. Anemia and Iron Deficiency in Cancer Patients: Role of Iron Replacement Therapy. *Pharmaceuticals (Basel).* 2018 Sep;11(4):94. doi: 10.3390/ph11040094.
5. Cappellini MD, Comin-Colet J, de Francisco A, Dignass A, Doehner W, et al. Iron deficiency across chronic inflammatory conditions: International expert opinion on definition, diagnosis, and management. *Am J Hematol.* 2017 Oct;92(10):1068-78. doi: 10.1002/ajh.24820.
6. Nairz M, Theurl I, Wolf D, Weiss G. Iron deficiency or anemia of inflammation? Differential diagnosis and mechanisms of anemia of inflammation. *Wien Med Wochenschr.* 2016 Oct;166(13-14):411-23. doi: 10.1007/s10354-016-0505-7.
7. Stavchikov EL, Zinovkin IV, Marochkov AV, Makhnach AE, Rosinskaya MN. Dynamics of C-reactive protein in patients undergoing radical phlebectomy of the lower extremity. *Zhurn GrGMU.* 2020;18(4):436-40. doi: 10.25298/2221-8785-2020-18-4-436-440. (In Russ.)
8. Rubanenko OA. Effects of coronary bypass surgery on inflammatory factors and myocardial damage in patients with coronary heart disease. *Baikal Med Zhurn.* 2016;140(1):18-22. (In Russ.)
9. Dudko VA, Subbotina EA, Politov IV, Lipnitskiy AV, Kulik AS, Marochkov AV. Dynamics of C-reactive protein in blood serum during anesthesiological support of surgical interventions. *Vestn VGMU.* 2020;19(1):59-65. doi: 10.22263/2312-4156.2020.1.59. (In Russ.)
10. Santonocito C, Sanfilippo F, De Locker I, Chiarenza F, Giacomo C, Njimi H, et al. C-Reactive protein kinetics after cardiac surgery: A retrospective multicenter study. *Ann Card Anaesth.* 2022 Oct-Dec;25(4):498-504. doi: 10.4103/aca.aca\_141\_21.
11. Solis JV, Portero JL, Diaz J, Garcia R, Ligerio JM, Vazquez E, et al. Iron Deficiency in the Acute-Phase Reaction After Open Aortic Surgery. *Vasc Endovascular Surg.* 2006 Oct-Nov;40(5):392-8. doi: 10.1177/1538574406293749.
12. Hoppe M, Lönnerdal B, Hossain B, Olsson S, Nilsson F, Lundberg P-A, et al. Hepcidin, interleukin-6 and hematological iron markers in males before and after heart surgery. *J Nutr Biochem.* 2009 Jan;20(1):11-6. doi: 10.1016/j.jnutbio.2007.11.008.
13. McSorley ST, Jones I, McMillan DC, Talwar D. Quantitative data on the magnitude of the systemic inflammatory response and its relationship with serum measures of iron status. *Transl Res.* 2016 Oct;176:119-26. doi: 10.1016/j.trsl.2016.05.004.
14. McSorley ST, Tham A, Jones I, Talwar D, McMillan DC. Regression Correction Equation to Adjust Serum Iron and Ferritin Concentrations Based on C-Reactive Protein and Albumin in Patients Receiving Primary and Secondary Care. *J Nutr.* 2019 May;149(5):877-83. doi: 10.1093/jn/nxz008.
15. Bitkover CY, Hansson LO, Valen G, Vaage J. Effects of cardiac surgery on some clinically used inflammation markers and procalcitonin. *Scand Cardiovasc J.* 2000 Jun;34(3):307-14. doi: 10.1080/713783128.

*Submitted 20.03.2023*

*Accepted 12.06.2023*

## Сведения об авторах:

И.Г. Тишкевич – врач-кардиохирург отделения кардиохирургии, Могилевская областная клиническая больница», <https://orcid.org/0000-0003-3616-1933>,

e-mail: [inteigor@yandex.ru](mailto:inteigor@yandex.ru) – Тишкевич Игорь Геннадьевич;

А.В. Марочков – д.м.н., профессор, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, Могилевская областная клиническая больница, <https://orcid.org/0000-0001-5092-8315>;

В.А. Ливинская – к.физ.-мат.н., доцент кафедры «Финансы и бухгалтерский учет», Белорусско-Российский университет, <https://orcid.org/0000-0001-8953-8533>;

А.А. Марочков – врач-рентгенэндоваскулярный хирург отделения рентгенэндоваскулярной хирургии, Могилевская областная клиническая больница, <https://orcid.org/0009-0007-7405-5093>;

М.С. Курашов – врач-кардиохирург отделения кардиохирургии, Могилевская областная клиническая больница, <https://orcid.org/0000-0001-8983-2513>.

**Information about authors:**

I.G. Tishkevich – cardiac surgeon of the cardiac surgery department, Mogilev Regional Clinical Hospital, <https://orcid.org/0000-0003-3616-1933>,

e-mail: [inteigor@yandex.ru](mailto:inteigor@yandex.ru) – Igor G. Tishkevich;

A.V. Marochkov – Doctor of Medical Sciences, professor, anesthesiologist-resuscitator of the anesthesiology and resuscitation department, Mogilev Regional Clinical Hospital, <https://orcid.org/0000-0001-5092-8315>;

V.A. Livinskaya –Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Chair «Finance & Accounting», Belarusian–Russian University, <https://orcid.org/0000-0001-8953-8533>;

A.A. Marochkov –roentgenendovascular surgeon of the X-ray endovascular surgery department, Mogilev Regional Clinical Hospital, <https://orcid.org/0009-0007-7405-5093>;

M.S. Kurashov – cardiac surgeon of the cardiac surgery department, Mogilev Regional Clinical Hospital, <https://orcid.org/0000-0001-8983-2513>.