






## ПЕРИОПЕРАЦИОННОЕ ВЕДЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ

<https://doi.org/10.21320/1818-474X-2026-2-21-30>

### Эффект периперационной коррекции анемии на частоту инфекционных осложнений после ортопедических вмешательств: рандомизированное контролируемое исследование

А.К. Конкаев <sup>1,2,\*</sup>, Н.Т. Жанарыстан <sup>2</sup>, Б.Ф. Азимова <sup>1</sup>,  
А.А. Кабибулатов <sup>2</sup>, Н.А. Ахатов <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный научный центр травматологии  
и ортопедии им. академика Н.Д. Батпеннова, Астана,  
Республика Казахстан






<sup>2</sup> Медицинский университет Астана, Астана, Республика  
Казахстан

#### Реферат

**АКТУАЛЬНОСТЬ:** Согласно данным эпидемиологических исследований, предоперационная анемия оказывает выраженное негативное влияние на состояние иммунной системы, снижая ее клеточную активность, и рассматривается как один из основных независимых факторов риска развития инфекционных осложнений. Несмотря на активное изучение предоперационной анемии, до настоящего времени отсутствуют единые стандарты и клинические рекомендации по оптимальной подготовке таких пациентов к хирургическому лечению в ортопедии. **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:** Оценить эффективность комплекса превентивной периперационной коррекции анемии в снижении частоты инфекционных осложнений у пациентов, перенесших ортопедические оперативные вмешательства. **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** С января 2023 г. по февраль 2025 г. в этом одноцентровом рандомизированном контролируемом исследовании приняло участие 116 пациентов, поступивших на плановое ортопедическое вмешательство, из них 58 получали превентивную терапию (превентивная группа) с использованием карбоксимальтозы железа, 58 — стандартное лечение (стандартная группа). **РЕЗУЛЬТАТЫ:** Применение стратегии периперационной гемокоррекции в превентивной группе позволило существенно снизить частоту развития инфекционных осложнений: зарегистрирован 1 случай (1,7 %) vs 7 случаев (12,1 %) в стандартной группе ( $p < 0,05$ ). Также наблюдалось меньшее снижение уровня гемоглобина на 3-и сутки после операции (92,5 vs 84,1 г/л), что сопровождалось снижением частоты аллогенных гемотрансфузий (6 vs 25 случаев;

## PERIOPERATIVE PATIENT MANAGEMENT

### The effect of perioperative correction of anemia on the incidence of infectious complications after orthopedic interventions: a randomized controlled trial

A.K. Konkayev <sup>1,2,\*</sup>, N.T. Zhanarystan <sup>2</sup>, B.F. Azimova <sup>1</sup>,  
A.A. Kabibulatov <sup>2</sup>, N.A. Akhatov <sup>2</sup>

<sup>1</sup> National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics  
named after Academician N.D. Batpenov, Astana, Republic of  
Kazakhstan

<sup>2</sup> Astana Medical University, Astana, Republic of Kazakhstan

#### Abstract

**INTRODUCTION:** According to epidemiological studies, preoperative anemia exerts a pronounced negative effect on the immune system by reducing its cellular activity and is considered one of the major independent risk factors for the development of infectious complications. Despite the active investigation of preoperative anemia, to date there are no unified standards or clinical guidelines for the optimal management of such patients undergoing orthopedic surgery. **OBJECTIVE:** To evaluate the effectiveness of a preventive perioperative hemocorrection strategy in reducing the incidence of infectious complications in patients undergoing orthopedic surgical procedures. **MATERIALS AND METHODS:** Between January 2023 and February 2025, 116 patients undergoing elective orthopedic surgery participated in this single-center randomized controlled trial, 58 of whom received preventive therapy (preventive group) with iron carboxymaltose, and 58 received standard treatment (standard group). **RESULTS:** The application of perioperative hemocorrection in the preventive group significantly reduced the incidence of infectious complications: 1 case (1.7 %) vs. 7 cases (12.1 %) in the standard group ( $p = 0.032$ ). In addition, patients in the preventive group demonstrated a smaller decrease in hemoglobin levels on postoperative day 3 (92.5 vs. 84.1 g/L), which was accompanied by a reduced rate of allogeneic blood transfusions (6 vs. 25 cases;  $p < 0.001$ ). **CONCLUSIONS:** These findings confirm that correction of anemia and restriction of allogeneic transfusions may play an important role in the prevention of periprosthetic joint infection following major orthopedic procedures.

$p < 0,0001$ ). **Выводы:** Полученные данные подтверждают, что коррекция анемии и ограничение гемотрансфузий могут играть важную роль в профилактике перипротезной инфекции (ППИ) после крупных ортопедических вмешательств.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** эндопротезирование, перипротезная инфекция сустава, карбоксимальтозат железа, предоперационная терапия, анемия

\* *Для корреспонденции:* Конкаев Айдос Кабибулатович — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой анестезиологии, интенсивной терапии и скорой неотложной помощи, Медицинский университет Астана, Астана, Казахстан; e-mail: konkaev@mail.ru

☑ *Для цитирования:* Конкаев А.К., Жанарыстан Н.Т., Азимова Б.Ф., Кабибулатов А.А., Ахатов Н.А. Эффект периоперационной коррекции анемии на частоту инфекционных осложнений после ортопедических вмешательств: рандомизированное контролируемое исследование. Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова. 2026; 2:21–30. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2026-2-21-30>

📅 *Поступила:* 02.10.2025

📅 *Принята к печати:* 15.02.2026

**KEYWORDS:** arthroplasty, periprosthetic joint infection, ferric carboxymaltose, preoperative care, anemia

\* *For correspondence:* Aidos K. Konkayev — Dr. Med. Sci., professor, Head of the Department of Anesthesiology, Intensive Care, and Emergency Medicine, Astana Medical University, Astana, Kazakhstan; e-mail: konkaev@mail.ru

☑ *For citation:* Konkayev A.K., Zhanarystan N.T., Azimova B.F., Kabibulatov A.A., Akhatov N.A. The effect of perioperative correction of anemia on the incidence of infectious complications after orthopedic interventions: a randomized controlled trial. Annals of Critical Care. 2026; 2:21–30. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2026-2-21-30>

📅 *Received:* 02.10.2025

📅 *Accepted:* 15.02.2026

DOI: 10.21320/1818-474X-2026-2-21-30

## Введение

Инфекционные осложнения (чаще перипротезная инфекция [ППИ]) остаются одним из наиболее тяжелых и затратных осложнений в ортопедической хирургии, существенно ухудшая прогноз и качество жизни пациентов после тотального эндопротезирования. Несмотря на внедрение современных протоколов профилактики, частота ППИ после первичных артропластик коленного и тазобедренного суставов колеблется от 0,5–2,4 до 7 %, а при ревизионных вмешательствах достигает 20 % [1]. Согласно последним экономическим анализам, лечение инфекционных осложнений может обходиться экономически затратно, что создает значительное бремя для систем здравоохранения [2].

В последние годы особое внимание уделяется модифицируемым факторам риска, среди которых ведущее место занимает предоперационная анемия. Установлено, что низкий уровень гемоглобина (Hb) перед операцией ассоциирован с повышенной частотой послеоперационных осложнений, включая ин-

фекции, трансфузионные реакции и пролонгированную госпитализацию [3]. Крупное ретроспективное исследование, охватившее 61 857 пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС), показало, что уровень Hb < 13,0 г/дл у мужчин и < 12,7 г/дл у женщин достоверно увеличивает риск ППИ (OR 1,86; 95%-й интервал [95% ДИ] 1,42–2,44) [4].

Международные клинические рекомендации призывают к активному выявлению и коррекции анемии в предоперационный период с целью снижения необходимости аллогенных гемотрансфузий, ассоциированных с повышенным риском инфекционных осложнений [5, 6]. Тем не менее, несмотря на наличие отдельных доказательств, эффективность комплексной системы превентивной гемокоррекции в ортопедической практике остается недостаточно изученной. Особенно ограничены данные по ее влиянию на частоту ППИ в контексте широкого применения мультимодальных схем, включающих одновременное применение нескольких профилактических мер [7].

## Цель исследования

Оценить эффективность комплекса превентивной периоперационной коррекции анемии в снижении частоты инфекционных осложнений у пациентов, перенесших ортопедические оперативные вмешательства.

## Материалы и методы

Исследование проводилось на базе Национального научного центра травматологии и ортопедии им. академика Н.Д. Батпеннова с 1 января 2023 г. по 1 февраля 2025 г. и в соответствии с Хельсинкской декларацией, одобрено Местным комитетом по этике Национального научного центра травматологии и ортопедии им. академика Н.Д. Батпеннова (Протокол № 4 от 09.11.2022).

Дизайн исследования: проспективное рандомизированное одноцентровое клиническое исследование. Объем выборки рассчитывался с помощью программного обеспечения MedCalc® Statistical Software version 20.305 (MedCalc Software Ltd, Ostend, Бельгия; <https://www.medcalc.org>; 2023). С учетом заданных параметров мощности (80 %), вероятности ошибки первого рода (5 %) и соотношения превентивной и стандартной групп 1 : 1 рассчитанный объем выборки составил 112 человек (по 56 человек в каждой группе). В исследование были включены 118 пациентов, из них 2 пациента были исключены по критериям исключения (отказ пациента).

Первичная конечная точка: частота инфекционных осложнений в послеоперационный период на 90-й день наблюдения, включая ППИ, респираторные и мочевыводящие инфекции, катетер-ассоциированные инфекции и сепсис, гастроинтестинальные инфекции. Вторичные конечные точки: 28-дневная выживаемость по всем причинам, продолжительность пребывания в стационаре, снижение частоты и объема интраоперационных и послеоперационных переливаний крови.

### Критерии включения:

1. Возраст: 18–65 лет.
2. Подписанная форма информированного согласия пациентом и/или родственниками (опекунами) пациента.
3. Планируемые ортопедические оперативные вмешательства в анамнезе: тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ТЭТС), ТЭКС, спондилодез.
4. Лабораторные признаки анемии:
  - Hb: ниже 120 г/л у женщин, ниже 130 г/л у мужчин, но не менее 90 г/л.
  - Сывороточное железо: ниже нормы (у женщин < 12–25 мкмоль/л, у мужчин < 13–30 мкмоль/л).
  - Насыщение трансферрина железом: < 16 %.
  - Ферритин: < 15 мкг/л.

### Критерии исключения:

1. Отказ пациента и/или (опекунов) от участия в исследовании или невозможность подписать форму информированного согласия (2 случая).
2. Известная непереносимость или аллергия на компоненты адсорбента, антикоагулянты (гепарин) или другие составляющие.
3. Уровень тромбоцитов ниже  $50 \times 10^9/\text{л}$ , лабораторные или клинические признаки гипокоагуляции, тенденция к развитию кровотечения.
4. Острые состояния (пациенты допускаются к плановым операциям не ранее чем через 3–6 мес. после стабилизации состояния: острое нарушение мозгового кровообращения, острый коронарный синдром).
5. Риск возникновения судорожного синдрома (эпилепсии, поражения центральной нервной системы и др.).
6. Наличие флотирующих, нестабильных тромбов в сердце или в венозной системе, скрытые кровотечения.
7. Гемолиз любого происхождения.
8. Пациенты с ASA (American Society of Anesthesiologists)  $\geq$  III.

Лабораторные показатели, используемые в качестве критериев включения, были разработаны для выявления латентной железодефицитной анемии у пациентов с нормальным или слегка сниженным уровнем Hb. Пороговые значения Hb (< 120 г/л у женщин и < 130 г/л у мужчин) были выбраны в соответствии с классификацией Всемирной организации здравоохранения (2011). В исследовании общий анализ крови выполняли при рандомизации, в первые сутки после операции, на 3-и сутки и при выписке, что позволяло последовательно отслеживать динамику Hb на фоне хирургической кровопотери и восстановления эритропоэза. Показатели обмена железа — сывороточное железо, ферритин и трансферрин — определяли при рандомизации и на 7-е сутки. Такие сроки выбраны потому, что исходные значения давали возможность оценить исходный дефицит железа, а повторное измерение на 7-е сутки позволило избежать искажения данных из-за кратковременных колебаний после операции и дать объективную оценку пополнения железодефицита.

Критерии исключения были разработаны с целью минимизации сбивающих переменных, которые могли бы повлиять на заживление ран, сложность операции или послеоперационные исходы.

После госпитализации пациентам предлагалось принять участие в исследовании с подписанием формы информированного согласия.

Участники были случайным образом распределены в группы в соотношении 1 : 1 с помощью генератора случайных чисел на сайте [www.randomizer.org](http://www.randomizer.org). Исследование является открытым в связи с тем, что

препарат имеет специфический цвет, в группе сравнения не может быть плацебо-контроля. Ослепление: для обеспечения объективности и исключения предвзятости статистик и исследователь, осуществлявший сбор данных, на протяжении всего исследования были ослеплены и не имели информации о видах вмешательства, примененных в сравниваемых группах. Все данные вносились в базу данных MS Excel по мере регистрации пациентов исследователем. По окончании установленного периода данные подвергались статистической обработке.

Превентивная группа получила в/в инфузию карбоксимальтозы железа в зависимости от массы тела, но не более 1000 мг однократно за день до оперативного вмешательства/интраоперационно/в послеоперационный период. Расчет дозировки осуществлялся следующим образом: 15 мг железа на килограмм массы тела в соответствии с инструкцией производителя. Перед использованием раствор проверяли визуально на отсутствие твердых частиц.

Стандартная группа пациентов с анемией взята на оперативное вмешательство без коррекции уровня железа.

Операции выполнялись хирургическими бригадами с одинаковым опытом, при ТЭТС, ТЭКС применялась спинальная анестезия, коррекция сколиоза эндокорректором проводилась под общей анестезией. При спинальной анестезии пациент находился в положении сидя; пункция была произведена на L3–L4 иглой 27G. В субарахноидальное пространство вводили изобарический бупивакаин 0,5 % в дозе 12–15 мг (объем — 2,4–3 мл), при необходимости добавляли 10–25 мкг фентанила для усиления анальгезии. После инъекции: мониторинг артериального давления, частоты сердечных сокращений, периферической сатурации кислорода крови (SpO<sub>2</sub>), контроль кровопотери, интраоперационный контроль Hb. При общей анестезии проводилась индукция: 1–2 мкг/кг фентанила в/в, 1,5–2,5 мг/кг пропофола в/в, затем 1–1,5 мг/кг суксаметония хлорида для интубации. Поддержание анестезии: севофлуран в концентрации ~1–2 об.% (с минимальной альвеолярной концентрацией 0,5–1) с искусственной вентиляцией легких, в комбинации с опиоидной анальгезией. Проводился стандартный мониторинг артериального давления, частоты сердечных сокращений, SpO<sub>2</sub>, концентрации углекислого газа в конце выдоха, контроль кровопотери и интраоперационный контроль уровня Hb.

Все пациенты независимо от группы рандомизации получали наилучшую доступную стандартную помощь при анемии и профилактике кровопотери, соответствующую актуальным клиническим рекомендациям Patient Blood Management [5]. Она включала: управляемую гипотонию, применение пневматического жгута, позиционирование конечности, установку дренажа и др. В обеих группах для профилактики кровопотери

внутривенно вводили 1000 мг транексамовой кислоты, тромбоземболических осложнений не зарегистрировано. Обеспечивалась трансфузионная готовность, поскольку операции на крупных суставах потенциально сопровождаются значимой кровопотерей. Несмотря на то что в большинстве случаев фактическая кровопотеря была умеренной, система аутореинфузии на аппарате C.A.T.S. plus подключалась профилактически, весь собранный аутологичный материал возвращался пациенту.

### Статистический анализ

Перед анализом сопоставление оценок склонности проводилось с использованием возраста, пола, индекса массы тела. Оценки склонности были получены с использованием SPSS версии 27.0.1 (IBM Corp., Армонк, штат Нью-Йорк, США). Каждому пациенту в превентивной группе ( $n = 58$ ) был назначен соответствующий пациент в стандартной группе ( $n = 58$ ) с допуском соответствия (максимальной разницей между оценками склонности) 0,1 (рис. 1). После сопоставления мы провели независимые  $t$ -тесты для непрерывных данных, чтобы сравнить средние значения и стандартные отклонения. Для бинарных данных проценты сравнивались с использованием критерия хи-квадрат Пирсона и точного критерия Фишера;  $p < 0,05$  считалось статистически значимым, а результаты представлялись с 95% ДИ, где это применимо. Все статистические анализы проводились с использованием SPSS версии 27.0.1 (IBM Corp.).

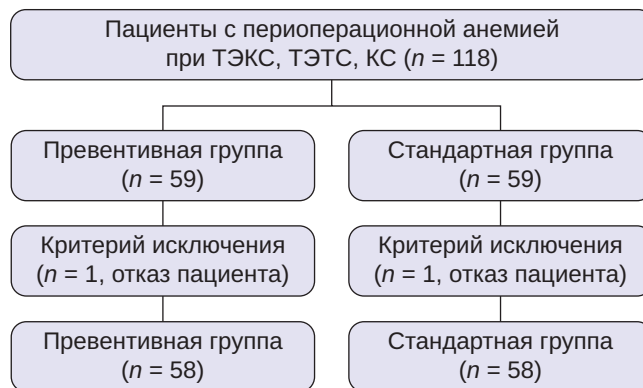


Рис. 1. Схема исследования

**Примечание:** КС — коррекция сколиоза эндокорректором; ТЭКС — тотальное эндопротезирование коленного сустава; ТЭТС — тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава.

Fig. 1. Study design

**Note:** КС — correction of scoliosis with endocorrector; ТЭКС — total knee arthroplasty; ТЭТС — total hip arthroplasty.

## Результаты

Анализ демографических характеристик показал, что группы были сопоставимы по ключевым параметрам. Средний возраст пациентов в обеих группах был статистически не значим, как и показатели индекса массы тела. Соотношение мужчин и женщин также оказалось сходным между группами. Отсутствие статистически значимых различий по этим параметрам подтверждает корректность их сравнения и исключает влияние демографических факторов на различия в клинических исходах, включая частоту аллогенных гемотрансфузий и инфекционных осложнений (табл. 1).

Дооперационные показатели Hb были практически идентичны в обеих группах:  $118,5 \pm 13,1$  г/л в превентивной и  $117,8 \pm 12,07$  г/л в стандартной ( $p = 0,765$ ), что свидетельствует о сопоставимости исходного статуса пациентов (табл. 2). Интраоперационно также не выявлено различий ( $96,8 \pm 8,2$  vs  $96,2 \pm 15,2$  г/л;  $p = 0,792$ ), что подтверждает равномерный характер интраоперационной кровопотери.

После операции отмечены значимые различия: уровень Hb в превентивной группе после операции был значительно выше ( $99,2 \pm 12,6$  vs  $93,6 \pm 11,2$  г/л;  $p = 0,013$ ), а на 3-и сутки различия усиливались ( $92,5 \pm 10,1$  vs  $84,0 \pm 9,7$  г/л;  $p < 0,001$ ). Это указывает на более стабильное восстановление эритропоза и снижение выраженности послеоперационной анемии (табл. 2). Статистически значимое снижение Hb у пациентов стандартной группы с  $117,80 \pm 12,07$  до  $84,1 \pm 9,7$  г/л к 3-м суткам после операции при отно-

сительно небольшой интраоперационной кровопотере (в среднем 257 мл) связано с эффектом гемодилюции. Во время операции и после нее проводилась инфузионная терапия, направленная на поддержание объема циркулирующей крови и перфузии органов, что приводит к разбавлению крови и снижению концентрации Hb без реальной потери эритроцитов, при этом дренажные потери были незначительны.

Частота аллогенных гемотрансфузий существенно различалась: 6 случаев (10,3 %) в превентивной группе vs 25 случаев (43,1 %) в стандартной группе ( $p < 0,0001$ ). Более того, в превентивной группе пациенты ограничивались одной дозой эритроцитарных компонентов крови, тогда как в стандартной группе часть пациентов потребовала 2 и более доз. Этот факт имеет ключевое значение, поскольку множественные переливания ассоциированы с повышенным риском инфекционных осложнений и увеличением сроков госпитализации. В обеих группах пациентов аутологичная реинфузия проводилась в одинаковом объеме: около 200 мл на человека. Гемотрансфузии проводились не по одному лишь уровню Hb, а по совокупности клинических показаний. Несмотря на средний уровень Hb  $84,1 \pm 9,7$  г/л на 3-и сутки в стандартной группе, решение о переливании принималось при наличии симптомов анемии (тахикардия, снижение артериального давления, выраженная слабость), признаков гипоперфузии, а также выраженной гемодилюции в ранний послеоперационный период.

На исходном этапе показатели обмена железа в обеих группах были сопоставимыми и соответствовали

Таблица 1. Демографические и клинические данные пациентов

Table 1. Demographic and clinical data of patients

Показатели	Превентивная группа (n = 58)	Стандартная группа (n = 58)	p
Возраст, лет; среднее значение (диапазон)	62,3 (30–65)	61,1 (28–63)	> 0,05
Пол (мужской : женский)	11 : 47	12 : 46	> 0,05
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	28,3	27,9	> 0,05
ТЭКС	34	35	0,97
ТЭТС	21	20	0,97
Коррекция сколиоза	3	3	0,97
Ишемическая болезнь сердца	4	4	0,97
Гипертоническая болезнь	25	26	0,97
Сахарный диабет	7	6	0,97
Хронический гастрит	3	4	0,97
Физический статус по ASA II, n (%)	58 (50 %)	58 (50 %)	0,99

ASA — Американское общество анестезиологов; ТЭКС — тотальное эндопротезирование коленного сустава; ТЭТС — тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава.

ASA — American Society of Anesthesiologists; ТЭКС — total hip arthroplasty; ТЭТС — total knee arthroplasty.

**Таблица 2.** Клинические и лабораторные данные в периоперационный период

**Table 2.** Clinical and laboratory data in the perioperative period

Показатели	Превентивная группа (n = 58)	Стандартная группа (n = 58)	p
Нб до операции, г/л (M ± σ)	118,5 ± 13,1	117,8 ± 12,07	0,765
Интраоперационный Нб, г/л (M ± σ)	96,8 ± 8,2	96,2 ± 15,2	0,792
Послеоперационный Нб, г/л (M ± σ)	99,2 ± 12,6	93,6 ± 11,2	0,013*
Нб на 3-и сутки, г/л (M ± σ)	92,5 ± 10,1	84,1 ± 9,7	0,001*
Дни госпитализации в стационаре (M ± σ)	12,3 ± 3,4	14,02 ± 6,1	0,063
Гемотрансфузии (n)	6 (10,3 %)	25 (43,1 %)	0,0001*
Пациенты с 1 дозой	4	17	
Пациенты с 2 дозами	1	4	
Инфекционные осложнения — ППИ, n (%)	1 (1,7 %)	7 (12,1 %)	0,05*
Кровопотеря, мл (M ± σ)	233 ± 30	257 ± 35	0,0001*
Глюкоза крови, ммоль/л (M ± σ)	5,1 ± 0,5	5,4 ± 0,6	0,0017*
Длительность нахождения в ОИТ, сут	1–2	1–2	—
ОИТ — отделение интенсивной терапии; ППИ — перипротезная инфекция. *p < 0,05 — статистически значимые различия.			
<b>Примечание:</b> M ± σ — среднее значение ± стандартное отклонение.			
ОИТ — intensive care unit; ППИ — periprosthetic infection. *p < 0.05 — statistically significant differences.			
<b>Note:</b> M ± σ — mean ± standard deviation.			

**Таблица 3.** Динамика показателей обмена железа в сыворотке крови в исследуемых группах

**Table 3.** Dynamics of serum iron exchange indicators in the study groups

Показатели	Превентивная группа T0	Превентивная группа T7	Стандартная группа T0	Стандартная группа T7
Сывороточное железо, мкмоль/л	8,5 ± 2,8	14,2 ± 4,0*	9,4 ± 2,9	7,1 ± 2,5**
Ферритин, мкг/л	12,4 ± 4,6	65,0 ± 20,0*	13,0 ± 4,8	10,5 ± 4,2**
Насыщение трансферрина железом, %	10,8 ± 3,2	28,0 ± 7,5*	10,3 ± 3,1	8,5 ± 2,9*
<b>Примечание:</b> *p < 0,05 — статистически значимые различия в превентивной группе к 7-му дню; **p < 0,05 — межгрупповые статистически значимые различия к 7-му дню.				
<b>Note:</b> *p < 0.05 — statistically significant differences in the preventive group by day 7; **p < 0,05 — statistically significant differences between groups by day 7.				

критериям латентного дефицита (табл. 3). К 7-му дню после операции в превентивной группе отмечалось выраженное улучшение лабораторных параметров: повышение сывороточного железа, ферритина и процента насыщения трансферрина, что указывает на восполнение запасов железа и снижение функционального дефицита на фоне проведенной терапии. В стандартной группе, напротив, выявлялась тенденция к снижению, что связано с послеоперационным воспалительным ответом, перераспределением железа и отсутствием целенаправленной коррекции. Такие различия демонстрируют метаболические преимущества превентивной стратегии восполнения железа. В превентивной группе

не отмечено побочных реакций, связанных с инфузией карбоксимальтозы железа.

Средний объем кровопотери составил 233 мл (95% ДИ 215–251) в превентивной группе и 257 мл (95% ДИ 241–274) в стандартной группе (p < 0,001). Несмотря на то что абсолютное различие составляло всего 24 мл, клинически это сопровождалось снижением потребности в переливаниях и более благоприятной динамикой уровня Нб.

На первые сутки после операции показатели глюкозы крови в обеих группах были сопоставимы (5,07 ± 0,5 ммоль/л в превентивной группе и 5,4 ± 0,6 ммоль/л в стандартной группе), однако отме-

ченная тенденция может свидетельствовать о меньшем хирургическом стрессе и более эффективной метаболической адаптации у пациентов превентивной группы.

Средняя длительность пребывания в стационаре составила  $12,3 \pm 3,4$  сут у пациентов превентивной группы и  $14,02 \pm 6,1$  сут в стандартной. Хотя различие не достигло статистической значимости ( $p = 0,063$ ), наблюдается выраженная тенденция к сокращению сроков госпитализации. Нахождение в отделении реанимации статистически значимых различий между группами не имело, что может быть связано с единообразием протоколов интенсивной терапии и критерием перевода пациентов.

В течение 90-дневного периода наблюдения зафиксировано 1 осложнение (1,7 %) в превентивной группе и 7 осложнений (12,1 %) — в стандартной группе ( $p = 0,05$ ). Все случаи относились к ППИ. В стандартной группе осложнения включали развитие инфекционных процессов в области хирургического вмешательства, необходимость повторных операций по санации раны и ревизии эндопротеза, а также увеличение сроков госпитализации более чем на 2 недели по сравнению с пациентами без осложнений. У ряда больных осложнения сопровождались выраженной потерей функции оперированной конечности и долгой реабилитации. Инфекции респираторных, мочевыводящих путей, катетер-ассоциированные инфекции и сепсис, гастроинтестинальные инфекции не наблюдались.

## Обсуждение

Основные результаты исследования свидетельствуют о том, что применение превентивной периперационной гемокоррекции у пациентов с анемией оказало положительное влияние на клинические и лабораторные показатели. У пациентов превентивной группы, которым применяли карбоксимальтозат железа, наблюдалось более быстрое восстановление уровня Hb на 3-и сутки после операции, что отражает более эффективную компенсацию периперационной кровопотери. В проспективном рандомизированном исследовании у пациентов с острой послеоперационной анемией после ТЭКС К.У. Choi et al. показали, что однократное введение карбоксимальтозы железа на 3-и сутки послеоперационного периода увеличивало долю пациентов-респондеров по Hb (прирост Hb  $\geq 2$  г/дл) и способствовало более быстрому восстановлению уровня гемоглобина в течение 8 недель по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,001$  для доли респондеров,  $p = 0,008$  для уровня Hb) [8].

Полученные данные особенно актуальны с учетом того, что в исследовании преобладала возрастная категория пациентов, для которой характерны снижение иммунного ответа, высокий уровень сопутствующих заболеваний и повышенная чувствительность к инфекциям. В ретроспективном анализе Yang et al. (2020) было

показано, что пациенты пожилого возраста ( $\geq 60$  лет) имеют более высокий риск хирургических инфекций по сравнению с лицами среднего возраста (18–60 лет) с отношением шансов 2,218 (95% ДИ 1,243–3,957;  $p < 0,01$ ) [9]. Эти результаты могут быть объяснены возрастными изменениями иммунного ответа, наличием сопутствующих заболеваний и снижением резервных возможностей организма у пожилых пациентов, что в совокупности увеличивает восприимчивость к инфекционным осложнениям после крупных ортопедических операций.

В условиях возраст-ассоциированной иммунной дисфункции даже умеренная анемия может существенно усиливать риск инфекционных осложнений у пациентов после ортопедических вмешательств. В работе M. Munoz et al. (2017) показано, что анемия сама по себе ассоциирована с ухудшением кислородотранспортной функции крови, снижением тканевой перфузии и нарушением активности иммунных клеток, что усугубляет последствия иммунного старения и связано с развитием последующей ППИ [10–13]. Это подчеркивает необходимость персонализированного подхода к ведению пациентов с анемией, направленного не только на восстановление показателей крови, но и на улучшение общей физиологической адаптации к хирургическому вмешательству.

Также были достоверно снижены частота аллогенных гемотрансфузий и развитие инфекционных осложнений, что может свидетельствовать о профилактическом эффекте выбранной стратегии терапии. Несмотря на то что аллогенные гемотрансфузии могут быть показаны при выраженной анемии, необходимо учитывать их потенциальные риски: повышение вероятности инфекций, увеличение сроков госпитализации, а также возможные осложнения, включая гемолитические реакции, перегрузку объемом, трансфузионно-ассоциированную острую легочную травму, коагулопатии и аллергические реакции. Ряд исследований подтверждает связь между аллогенными гемотрансфузиями, предоперационной анемией и повышенным риском осложнений после ортопедических вмешательств. В метаанализах Kim et al. (2017) и Fowler et al. (2015) показано, что трансфузии и исходная анемия достоверно повышают риск инфекций и смертности после операции [14, 15]. Аналогичные результаты представлены Friedman et al. (2014) и Everhart et al. (2018), которые выявили, что аллогенные переливания крови являются независимым фактором риска хирургических инфекций после ТЭКС и ТЭТС. Эти данные подчеркивают необходимость активной коррекции анемии и рационального использования трансфузий в периперационный период [16–18].

Современные исследования подтверждают эффективность комплексного подхода к управлению кровопотерей, включая использование препаратов железа и антифибринолитиков [19, 20]. Традиционное лечение железодефицитной анемии с помощью перораль-

ных форм железа ограничено из-за низкой абсорбции, слабой приверженности пациентов и высокой частоты побочных эффектов со стороны желудочно-кишечного тракта [21]. Метаанализ с участием более 20 000 пациентов показал, что внутривенное введение железа позволяет эффективно корректировать анемию без повышения риска побочных эффектов или инфекций [22], особенно при использовании карбоксимальтозы и деризомальтозы железа, которые обладают низким профилем побочных эффектов [23]. Быстрое введение высоких доз также хорошо переносится и связано с минимальным риском нежелательных явлений [24, 25]. Недавние данные показывают, что предоперационная инфузия железа эффективна у пациентов, проходящих ревизионную артропластику, так как ускоряет восстановление уровня Hb и не вызывает осложнений [26]. Кроме того, применение транексамовой кислоты также ассоциируется с уменьшением кровопотери и снижением риска инфицирования имплантатов [27, 28].

Важным выводом данного исследования является подтверждение роли предоперационной анемии как одного из сильнейших факторов риска послеоперационных инфекций и переливаний крови. Несмотря на это, анемия все еще часто игнорируется в клинической практике, а аллогенные трансфузии применяются как «быстрое решение» [29]. Между тем своевременное выявление и коррекция анемии могут быть не только клинически эффективной, но и экономически целесообразной стратегией, позволяющей снизить нагрузку на систему здравоохранения.

Согласно данным Н. Плиски, в Национальный научный центр травматологии и ортопедии им. академика Н.Д. Батпеннова (г. Астана) за 2019–2022 гг было госпитализировано 940 пациентов с периимплатной инфекцией, поступавших из различных регионов страны [30]. Это свидетельствует о высокой распространенности ППИ и их значимой доле в структуре осложнений ортопедических операций на уровне национального центра.

### Ограничения исследования

Проведенное исследование имеет ограничения. Во-первых, объем выборки (116 пациента) не позволяет провести глубокий стратифицированный анализ и может ограничивать обобщаемость результатов. Во-

вторых, дизайн исследования не был двойным слепым, что увеличивает вероятность систематической ошибки. В-третьих, исследование проводилось в одном центре, и большинство пациентов были женского пола, что соответствует национальной демографической структуре ортопедических пациентов, но может ограничивать применимость данных к более разнообразной популяции. Хотя у женщин чаще наблюдаются низкие уровни Hb и выше частота трансфузий, в нашем исследовании базовые показатели между группами были сопоставимы.

ППИ по-прежнему представляет собой одно из наиболее сложных осложнений в ортопедии, а ее предотвращение требует комплексного и индивидуализированного подхода. Оптимизация терапии анемии перед операцией и снижение необходимости в аллогенных трансфузиях являются важными элементами стратегии профилактики. Для окончательной оценки эффективности предложенного протокола необходимы дальнейшие многоцентровые рандомизированные контролируемые исследования с достаточной статистической мощностью и длительным наблюдением.

### Заключение

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что применение периоперационной коррекции анемии у пациентов, перенесших ортопедические вмешательства, способствует улучшению клинических исходов. В сравнении с традиционным ведением пациентов данная тактика позволяет достоверно снизить степень послеоперационной анемии, уменьшить потребность в аллогенных гемотрансфузиях и объем интраоперационной кровопотери, а также уменьшить уровень глюкозы в ранний послеоперационный период. Кроме того, улучшение показателей гемопоэза способствует лучшей адаптации организма к хирургическому вмешательству.

Результаты настоящего исследования подчеркивают необходимость пересмотра стандартов подготовки пациентов с анемией к ортопедическим операциям и внедрения персонализированных протоколов гемокоррекции в рамках концепции пациент-ориентированной хирургии.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Disclosure.** The authors declare no competing interests.

**Вклад авторов.** Все авторы в равной степени участвовали в разработке концепции статьи, получении и анализе фактических данных, написании и редактировании текста статьи, проверке и утверждении текста статьи.

**Author contribution.** All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

**Этическое утверждение.** Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией и одобрено локальным этическим комитетом Национального научного центра травма-

тологии и ортопедии им. академика Н.Д. Батпенова (Протокол № 4 от 09.11.2022).

**Ethics approval.** The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the Local Ethics Committee of the National Scientific Center of Traumatology and Orthopedics named after Academician N.D. Batpenov (Protocol № 4 from 09.11.2022).

**Информация о финансировании.** Данное исследование было проведено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан AR 19677786 «Иновационный метод снижения инфекционных осложнений после ортопедических вмешательств путем профилактической периперационной гемокоррекции».

**Funding source.** This study was carried out with the grant of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan AR 19677786 «Innovative method for reducing infectious complications after orthopaedic interventions by preventive perioperative hemocorrection».

**Заявление об информированном согласии.** Письменное информированное согласие было получено от пациентов и/или их законных представителей на публикацию любых потенциально идентифицируемых изображений или данных, включённых в данную статью.

**Informed Consent Statement.** Written informed consent was obtained from the patients and/or their legal representatives for the publication of any potentially identifiable images or data included in this article.

**Декларация о наличии данных.** Данные, представленные в данном исследовании, доступны по запросу у корреспондирующего автора. Данные не доступны для общественности в целях обеспечения конфиденциальности личной информации пациентов.

**Data Availability Statement.** The data presented in this study are available on request from the corresponding author. The data are not publicly available to ensure the confidentiality of the patients' personal information.

#### ORCID авторов:

Конкаев А.К. — 0000-0002-3778-7877

Жанарыстан Н.Т. — 0009-0006-0204-7154

Азимова Б.Ф. — 0009-0000-5976-7773

Кабибулатов А.А. — 0009-0004-5526-3243

Ахатов Н.А. — 0009-0008-6752-6310

## Литература/References

- [1] Parvizi J., Heller S., Berend K.R., et al. Periprosthetic joint infection: the algorithmic approach and emerging evidence. *Instr Course Lect.* 2015; 64: 51–60.
- [2] Alt V., Szymiski D., Rupp M., et al. The health-economic burden of hip and knee periprosthetic joint infections in Europe: a comprehensive analysis following primary arthroplasty. *Bone Jt Open.* 2025; 6(3): 298–311. DOI: 10.1302/2633-1462.63
- [3] Muñoz M., Gómez-Ramírez S., Campos A., Ruiz J., et al. Pre-operative anaemia: prevalence, consequences and approaches to management. *Blood Transfus.* 2015; 13(3): 370–9. DOI: 10.2450/2015.0014-15
- [4] Telang S.S., Palmer R.C., Yoshida B., et al. Preoperative Anemia as a Predictor of Periprosthetic Joint Infection Following Total Knee Arthroplasty: A Continuous Variable Analysis. *J Arthroplasty.* 2025; 40(7S1): S169–S175.e5. DOI: 10.1016/j.arth.2025.02.058
- [5] Australian Government, National Blood Authority. Module 2: Perioperative patient blood management guidelines. Canberra: National Blood Authority; 2023. Available at: <https://www.blood.gov.au/module-2-perioperative-patient-blood-management-guidelines> Accessed Aug 10, 2025.
- [6] Shander A., Corwin H.L., Meier J., et al. Recommendations From the International Consensus Conference on Anemia Management in Surgical Patients (ICCAM). *Ann Surg.* 2023; 277(4): 581–90. DOI: 10.1097/SLA.0000000000005721
- [7] Newman C., Tran P., McGregor S., et al. Patient blood management strategies in total hip and knee arthroplasty. *Curr Orthop Pract.* 2018; 29(1): 31–6. DOI: 10.1097/BCO.0000000000000577
- [8] Choi K.Y., Koh I.J., Kim M.S., et al. Intravenous Ferric Carboxymaltose Improves Response to Postoperative Anemia Following Total Knee Arthroplasty: A Prospective Randomized Controlled Trial in Asian Cohort. *J Clin Med.* 2022; 11(9): 2357. DOI: 10.3390/jcm11092357
- [9] Yang J., Zhang X., Liang W. A retrospective analysis of factors affecting surgical site infection in orthopaedic patients. *J Int Med Res.* 2020; 48(4): 300060520907776. DOI: 10.1177/0300060520907776
- [10] Muñoz M., Acheson A.G., Auerbach M., et al. International consensus statement on the peri-operative management of anaemia and iron deficiency. *Anaesthesia.* 2017; 72(2): 233–47. DOI: 10.1111/anae.13773

- [11] *Rodriguez-Merchan E.C., Delgado-Martinez A.D.* Risk Factors for Periprosthetic Joint Infection after Primary Total Knee Arthroplasty. *J Clin Med.* 2022; 11(20): 6128. DOI: 10.3390/jcm11206128
- [12] *Greenky M., Gandhi K., Pulido L., et al.* Preoperative anemia in total joint arthroplasty: is it associated with periprosthetic joint infection? *Clin Orthop Relat Res.* 2012; 470(10): 2695–2701. DOI: 10.1007/s11999-012-2435-z
- [13] *Antonelli B., Chen A.F.* Reducing the risk of infection after total joint arthroplasty: preoperative optimization. *Arthroplasty.* 2019; 1: 4. DOI: 10.1186/s42836-019-0003-7
- [14] *Kim J.L., Park J.H., Han S.B., et al.* Allogeneic blood transfusion is a significant risk factor for surgical-site infection following total hip and knee arthroplasty: a meta-analysis. *J Arthroplasty.* 2017; 32(1): 320–5. DOI: 10.1016/j.arth.2016.08.026
- [15] *Fowler A.J., Ahmad T., Phull M.K., et al.* Meta-analysis of the association between preoperative anaemia and mortality after surgery. *Br J Surg.* 2015; 102(11): 1314–24. DOI: 10.1002/bjs.9861
- [16] *Everhart J.S., Sojka J.H., Mayerson J.L., et al.* Perioperative Allogeneic Red Blood-Cell Transfusion Associated with Surgical Site Infection After Total Hip and Knee Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2018; 100(4): 288–94. DOI: 10.2106/JBJS.17.00237
- [17] *Friedman R., Homering M., Holberg G., et al.* Allogeneic blood transfusions and postoperative infections after total hip or knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2014; 96(4): 272–8. DOI: 10.2106/JBJ S.L.01268
- [18] *Taneja A., El-Bakoury A., Khong H., et al.* Association between Allogeneic Blood Transfusion and Wound Infection after Total Hip or Knee Arthroplasty: A Retrospective Case-Control Study. *J Bone Jt Infect.* 2019; 4(2): 99–105. DOI: 10.7150/jbj.30636
- [19] *Lee S.H., Kim J.I., Choi W., et al.* Effectiveness of iron supplementation in the perioperative management of total knee arthroplasty: a systematic review. *Knee Surg Relat Res.* 2020; 32(1): 44. DOI: 10.1186/s43019-020-00064-1
- [20] *Liu D., Dan M., Martinez Martos S., et al.* Blood Management Strategies in Total Knee Arthroplasty. *Knee Surg Relat Res.* 2016; 28(3): 179–87. DOI: 10.5792/ksrr.2016.28.3.179
- [21] *Auerbach M., Muñoz M., Macdougall I.C.* Intravenous iron: out of sight, out of mind. *Lancet Haematol.* 2018; 5(1): e10–e12. DOI: 10.1016/S2352-3026(17)30230-2
- [22] *Avni T., Bieber A., Grossman A., et al.* The safety of intravenous iron preparations: systematic review and meta-analysis. *Mayo Clin Proc.* 2015; 90(1): 12–23. DOI: 10.1016/j.mayocp.2014.10.007
- [23] *Jung H.J., Kang M.W., Lee J.H., et al.* The Association of Intravenous Iron Administered the Day before Total Knee Arthroplasty with Postoperative Anemia and Functional Recovery. *Medicina (Kaunas).* 2023; 59(7): 1212. DOI: 10.3390/medicina59071212
- [24] *Seid M.H., Mangione A., Valaoras T.G., et al.* Safety Profile of Iron Carboxymaltose, a New High Dose Intravenous Iron in Patients with Iron Deficiency Anemia. *Blood.* 2006; 108(11): 3739. DOI: 10.1182/blood.V108.11.3739.3739
- [25] *Konkayeva M., Kadralinova A., Zhanarystan N., et al.* Case Report: High-Dose Ferric Carboxymaltose as an Antianaemic Agent to Avoid Haemotransfusions after Total Hip Replacement. *Medicina (Kaunas).* 2024; 60(8): 1274. DOI: 10.3390/medicina60081274
- [26] *Yang H.Y., Park K.S., Shin H.H., et al.* Preoperative intravenous ferric carboxymaltose improves recovery from anemia in patients undergoing revision joint arthroplasty: a randomized controlled trial. *Preprints.* 2023. DOI: 10.20944/preprints202312.1984.v1
- [27] *Seol Y.J., Seon J.K., Lee S.H., et al.* Effect of Tranexamic Acid on Blood Loss and Blood Transfusion Reduction after Total Knee Arthroplasty. *Knee Surg Relat Res.* 2016; 28(3): 188–93. DOI: 10.5792/ksrr.2016.28.3.188
- [28] *Thapaliya A., Mittal M.M., Ratcliff T.L., et al.* Usage of Tranexamic Acid for Total Hip Arthroplasty: A Matched Cohort Analysis of 144,344 Patients. *J Clin Med.* 2024; 13(16): 4920. DOI: 10.3390/jcm13164920
- [29] *Muñoz M., Gómez-Ramírez S., Kozek-Langenecker S., et al.* 'Fit to fly': overcoming barriers to preoperative haemoglobin optimization in surgical patients. *Br J Anaesth.* 2015; 115(1): 15–24. DOI: 10.1093/bja/aev165
- [30] *Плиска Н.Н.* Микроорганизмы, выделенные при подозрении на перипротезную инфекцию, их чувствительность. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*, 2023; 22(2), 34–42. [Pliska N.N. Microorganisms isolated in case of suspected periprosthetic infection, their sensitivity. *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*, 2023; 22(2), 34–42. (In Russ)] DOI: 10.37903/vsgma.2023.2.5