

УДК 616.12-089-074/-078:616.15-07

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-2-04>

Динамика показателей гемоглобина и гематокрита у пациентов при операциях на открытом сердце с использованием искусственного кровообращения

М. С. Курашов¹, А. С. Кулик¹, В. Н. Леванович¹,
Д. В. Мотовилов¹, А. В. Марочков^{1, 2}

¹Могилевская областная клиническая больница, г. Могилев, Беларусь

²Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, г. Витебск, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Определить динамику концентрации гемоглобина и гематокрита в крови, оценить взаимосвязь данных показателей с кровопотерей у пациентов при операциях на открытом сердце с использованием искусственного кровообращения.

Материалы и методы. Сформирована группа из 67 пациентов, нуждающихся в оперативном лечении на открытом сердце с использованием искусственного кровообращения. Каждому пациенту проводилась оценка динамики концентрации гемоглобина и гематокрита в анализе кислотно-основного состояния артериальной крови на семи этапах стационарного лечения.

Результаты. Оценена динамика изменения содержания гемоглобина и гематокрита, определен объем кровопотери и наличие корреляции изучаемых параметров.

Заключение. Во время операции на открытом сердце с искусственным кровообращением происходит снижение гемоглобина и гематокрита. Выявлена корреляция концентрации гемоглобина во время работы аппарата искусственного кровообращения и объема периперационной кровопотери.

Ключевые слова: аппарат искусственного кровообращения, кардиохирургия, кровопотеря, операции на сердце

Вклад авторов. Курашов М.С.: концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка данных, обсуждение данных, написание текста, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, работа с научной литературой; Марочков А.В.: концепция и дизайн исследования, обсуждение данных, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; Кулик А.С., Леванович В.Н., Мотовилов Д.В.: обсуждение данных, обзор публикаций по теме статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов авторы не получали.

Для цитирования: Курашов МС, Кулик АС, Леванович ВН, Мотовилов ДВ, Марочков АВ. Динамика показателей гемоглобина и гематокрита у пациентов при операциях на открытом сердце с использованием искусственного кровообращения. Проблемы здоровья и экологии. 2024;21(2):30–37. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-2-04>

Dynamics of hemoglobin and hematocrit in patients during open-heart surgery using artificial circulation

Mikhail S. Kurashov¹, Anatol S. Kulik¹, Vadim N. Levanovich¹,
Denis V. Motovilov¹, Alexey V. Marochkov^{1,2}

¹Mogilev Regional Clinical Hospital, Mogilev, Belarus

²Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Belarus

Abstract

Objective. Determination of the dynamics of hemoglobin and hematocrit concentrations in blood, assessment of interrelation between these indicators and blood loss in patients undergoing open-heart surgery using artificial circulation.

Materials and methods. A group of 67 patients requiring open-heart surgery using artificial circulation was formed. Each patient was assessed for the dynamics of hemoglobin and hematocrit concentrations in the analysis of the acid-base state of arterial blood at 7 stages of hospital treatment.

Results. The dynamics of changes in the content of hemoglobin and erythrocytes were assessed, the volume of blood loss and the presence of correlation of the studied parameters were determined.

Conclusion. During open-heart surgery with cardiopulmonary bypass, a decrease in hemoglobin and hematocrit occurs. A correlation was found between hemoglobin concentration during the operation of infrared cardiopulmonary bypass apparatus and the volume of perioperative blood loss.

Keywords: *cardiopulmonary bypass machine, cardiac surgery, blood loss, heart surgery*

Author contributions. Kurashov MS: concept and design of the study, collection and processing of material, statistical data processing, data discussion, text writing, editing, approval of the final version of the article, work with scientific literature; Marochkov AV: concept and design of the study, discussion of data, editing, approval of the final version of the article; Kulik AS, Levanovich VN, Motovilov DV: discussion of data, review of publications on the topic of the article.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The authors did not receive any financial support from drug manufacturing companies.

For citation: Kurashov MS, Kulik AS, Levanovich VN, Motovilov DV, Marochkov AV. Dynamics of hemoglobin and hematocrit in patients during open-heart surgery using artificial circulation. *Health and Ecology Issues*. 2024;21(2):30–37.

DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-2-04>

Введение

Результаты хирургического вмешательства на сердце зависят не только от его сложности, но и от продолжительности искусственного кровообращения (ИК), кардиопротекции, исходного состояния пациента, экстренного или планового характера вмешательства [1].

Искусственное кровообращение — неотъемлемая часть хирургии открытого сердца [2]. Данная методика сопровождается значительным вмешательством в гемостаз. Развивающаяся гемодилюция при операциях с ИК является основной причиной недостаточности коагуляционных факторов свертывания [3].

Несмотря на все научные достижения, ИК по-прежнему остается нефизиологичной процедурой [2], а применяемые при работе оборудования для искусственного кровообращения (АИК) насосы в той или иной степени приводят к разрушению форменных элементов крови, белков, ферментных систем и др. [4, 5].

Все это обуславливает повышенную кровопотерю во время и после кардиохирургических операций [6], является причиной смерти, госпитализации, временной нетрудоспособности или необходимости переливания крови [7] и создает существенные медицинские и финансовые проблемы [8].

Одним из показателей адекватности работы оборудования для ИК и успешного проведения кардиохирургических операций является интраоперационный контроль гематокрита (Ht) и гемоглобина (Hb), которые отражают функциональную способность крови переносить кислород.

Поиск публикаций по данной теме осуществлялся в открытых базах данных (PubMed, КиберЛенинка, Scopus), найдены источники, опубликованные в период с 1959 по октябрь 2023 г. В базе данных PubMed при введении запроса «cardiac surgery hemoglobin» найдено 5128 публикаций

с 1964 г., при введении запроса «cardiac surgery hematocrit» — 2610 публикаций с 1959 г., при введении запроса «hemodilution heart surgery» — 1446 публикаций с 1961 г.

Количество исследований подтверждает важность динамической оценки функционального состояния системы крови и необходимость в продолжении исследований в данном направлении.

В изученных нами публикациях авторы анализировали состояние системы крови у кардиохирургических пациентов и особенности концентраций гемоглобина и гематокрита на различных этапах пребывания пациента в стационаре.

Цель исследования

Определить динамику концентрации гемоглобина и гематокрита в крови и оценить взаимосвязь данных показателей с кровопотерей у пациентов при операциях на открытом сердце с использованием искусственного кровообращения.

Материалы и методы

Нами проведено проспективное нерандомизированное когортное исследование. Сформирована группа из 67 пациентов, поступивших в отделение кардиохирургии УЗ «Могилевская областная клиническая больница» для оперативного лечения на открытом сердце с использованием искусственного кровообращения.

Данные, характеризующие сформированную группу пациентов: мужчин — 47 (70 %), женщин — 20 (30 %); возраст пациентов — 65,0 (60,0; 69,0) года; рост — 168,0 (162,0; 178,0) см; масса тела — 87,0 (80,0; 97,0) кг; ИМТ — 30,4 (26,5; 33,7). Пациенты имели сопутствующие заболевания: артериальную гипертензию (АГ) — 63 (94,0 %) человека; атеросклероз брахиоцефальных артерий — 40 (59,7 %); постинфарктный кардиосклероз — 25 (37,3 %); сахарный диабет

2-го типа (СД 2 тип) — 18 (26,9 %) человек; хроническое нарушение мозгового кровообращения (ХНМК) — 6 (8,9 %); мочекаменную болезнь (МКБ) — 3 (4,5 %); хроническую болезнь почек (ХБП) — 3 (4,5 %) человека.

Критерии включения пациентов в исследование: наличие показания для операции на сердце с применением ИК, возраст пациентов старше 18 лет.

Критериями исключения являлись: операция на работающем сердце без использования ИК, повторная операция в первые 24 ч, расслаивающая аневризма аорты, предоперационная анемия (гемоглобин — 100 г/л и менее), тромбоцитопения ($150 \times 10^9/\text{л}$ и менее).

Показания к проведению кардиохирургических вмешательств: ишемическая болезнь сердца (ИБС) с тяжелым стенозирующим поражением коронарных артерий, тяжелые пороки клапанного аппарата сердца.

Критерием переливания донорской эритроцитарной массы являлась выраженная гемодилуция во время хирургического лечения (Hb — 80 г/л и менее, Ht — 25 % и менее).

Всем пациентам определялся объем циркулирующей крови (ОЦК, мл) в зависимости от роста (h, м), массы тела (W, кг) и пола пациента по формуле Nadler [9, 10].

В течение 18–24 ч после окончания операции проводился расчет периоперационной кровопотери методом гемоглобинового баланса [10].

У каждого пациента оценивалась динамика концентрации Hb и Ht в анализе кислотно-основного состояния (КОС) артериальной крови на 7 этапах стационарного лечения: 1-й этап — забор крови после интубации; 2-й этап — забор крови через 10–17 мин после начала ИК; 3-й этап — забор крови через 35–40 мин после начала ИК; 4-й этап — забор крови после нейтрализации гепарина протамин-сульфатом; 5-й этап — забор крови после поступления пациента в отделение анестезиологии и реанимации (ОАиР); 6-й этап — забор крови через 3–4 ч после поступления в ОАиР; 7-й этап — забор крови через 15–16 ч после операции.

Анализ кислотно-основного состояния артериальной крови и референтное значение Hb и Ht измеряли на анализаторе КОС ABL800 FLEX («Radiometer Medical», Дания).

Были выполнены 67 хирургических вмешательств на открытом сердце в условиях ИК на аппарате Terumo System 1 в режиме нормотермической перфузии (36,6 °C) с использованием

мембранного оксигенатора Medtronic: коронарное шунтирование (КШ) — 50 пациентам, КШ с клапанной коррекцией — 7 пациентам, клапанная коррекция (протезирование) — 8 пациентам, протезирование аортального клапана, корня аорты и восходящей аорты с реимплантацией коронарных артерий в трансплантат (операция Бен-талла) — 2 пациентам.

На протяжении всех этапов оперативного лечения проводился расширенный мониторинг гемодинамики, BIS-мониторинг, оксигенации, термометрии, диуреза.

Раннее послеоперационное лечение проводилось в отделении анестезиологии и реанимации, включало профилактику тромбоэмболических осложнений и контроль лабораторных показателей.

Все регистрируемые нами данные вносились в протокол учета данных пациента.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программы «Statistica», 7.0 (StatSoft Inc., США). Проверку данных на нормальность распределения проводили с использованием теста Шапиро – Уилка (Shapiro – Wilk Test). Данные представляли в виде медианы (Me) и квартилей (LQ; UQ). Для установления значимости различий двух независимых групп использовали тест Манна – Уитни (Mann – Whitney U-test). Для сравнения двух зависимых выборок между собой применялся критерий Вилкоксона (Wilcoxon Rank-Sum Test). Для оценки корреляции применяли непараметрический коэффициент корреляции Спирмена (Spearman rank, R).

Результаты и обсуждение

Всем пациентам проведены успешные операции на сердце в условиях искусственного кровообращения.

Длительность оперативного лечения составила 330,0 (300,0; 360,0) мин. Длительность ИК составила 108,0 (93,0; 123,0) мин. Длительность ишемии миокарда составила 88,0 (67,0; 105,0) мин. Объем циркулирующей крови пациента составил 5149,4 (4641,4; 5755,9) мл. Периоперационная кровопотеря, рассчитанная методом гемоглобинового баланса, составляла 1496,8 (1239,8; 1785,3) мл.

Полученные результаты исследования гемоглобина и гематокрита представлены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели гемоглобина и гематокрита на этапах исследования
 Table 1. Hemoglobin and hematocrit values at the stages of study

Этапы исследования	Гемоглобин, г/л (25 %,75 %)	Гематокрит, % (25 %,75 %)
1-й этап — забор крови после интубации	123,0 (110,0; 134,0)	37,7 (34,2; 40,9)
2-й этап — забор крови через 10–17 мин. после начала ИК	87,0 (79,0; 95,0)	27,1 (24,9; 29,3)
3-й этап — забор крови через 35–40 мин. после начала ИК	88,0 (84,0; 94,0)	27,4 (26,2; 29,1)
4-й этап — забор крови после нейтрализации гепарина протамин-сульфатом	93,0 (88,0; 100,0)	29,0 (27,4; 30,8)
5-й этап — забор крови после поступления пациента в ОАиР	103,0 (96,0; 109,0)	31,6 (29,6; 33,7)
6-й этап — забор крови через 3–4 ч после поступления в ОАиР	109,0 (101,5; 118,5)	33,8 (31,4; 36,6)
7-й этап — забор крови через 15–16 ч после операции	109,0 (101,0; 116,0)	34,1 (31,45; 35,7)

Уровень концентрации гемоглобина после начала работы аппарата ИК снижается на 29,3 % ($p < 0,05$), гематокрита — на 28,1 % ($p < 0,05$).

Динамика содержания Hb на этапах исследования представлена на рисунке 1.

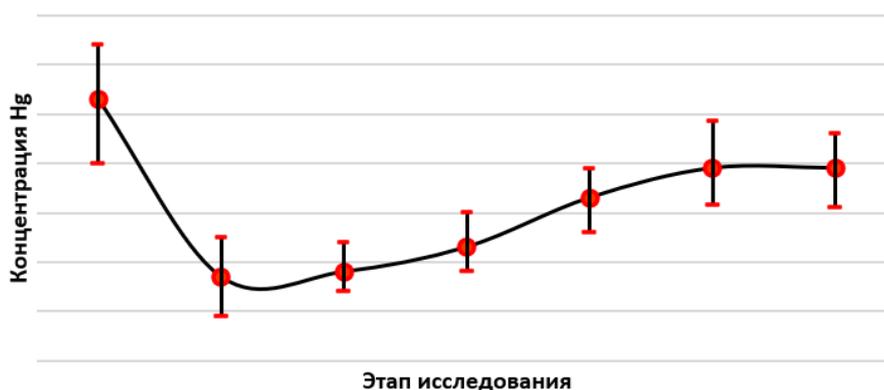


Рисунок 1. Динамика концентрации Hb на этапах исследования
 Figure 1. Dynamics of Hb concentration at the stages of the study

Наименьшие значения концентрации гемоглобина и гематокрита наблюдались на 2-м этапе (во время ИК).

Минимальное содержание гемоглобина у одного из 67 пациентов составило 54 г/л, гематокрита — 17 % на 2-м этапе исследования.

На этапах окончания операции (отключение АИК, нейтрализация гепарина введением протамин-сульфата) имеется тенденция к гемоконцентрации, продолжающаяся во время нахождения в ОАиР.

К моменту поступления пациента в отделение анестезиологии и реанимации после операции отмечается повышение концентрации Hb на 18,4 % (16 единиц) ($p < 0,05$), гематокрита — на 16,4 % (4,5 единицы) ($p < 0,05$) относительно значений начала работы АИК (2-го этапа).

Концентрации гемоглобина и гематокрита через 15–16 ч после операции (7-й этап) повышается относительно предыдущих этапов, однако не достигает дооперационного уровня.

Концентрация гемоглобина на этом этапе ниже дооперационного на 11,3 % (14 ед.) ($p < 0,05$), гематокрита — 9,5 % (3,6 ед.) ($p < 0,05$).

При оценке корреляции выявлена слабая отрицательная корреляция концентрации гемоглобина на 35–40-й минуте ИК и объема периперационной кровопотери — на 7-м этапе ($R = -0,24$, $p < 0,05$).

Выявлена отрицательная корреляция слабой силы концентрации гемоглобина через 3 ч после поступления в отделение анестезиологии и реанимации и объема периперационной кровопотери на 7-м этапе ($R = -0,29$, $p < 0,05$).

Анализируемая группа из 67 человек была разделена на 2 подгруппы: 1-я подгруппа – пациенты, которым выполнялось интраоперационное переливание донорской эритроцитарной массы в контур аппарата ИК при выраженной гемоди-

люзии (30 человек), 2-я подгруппа — пациенты, которым переливание эритроцитарной массы не выполнялось (37 человек).

Нами проанализированы данные, характеризующие пациентов подгрупп (таблица 2).

Таблица 2. Характеристика подгрупп пациентов
Table 2. Characteristics of patient subgroups

Показатели	1-я подгруппа (n = 30)	2-я подгруппа (n = 37)	p
Рост, см (25 %,75 %)	162,0 (158,0; 168,0)	175,0 (168,0; 180,0)	< 0,001
Масса тела, кг (25 %,75 %)	82,5 (69,0; 93,0)	90,0 (82,0; 100,0)	0,08
ИМТ (25 %,75 %)	31,23 (26,5; 35,3)	29,8 (27,1; 31,4)	0,20
ОЦК, мл (25 %,75 %)	4668,2 (4094,7; 5216,2)	5415,6 (5050,8; 5910,7)	< 0,001

При оценке динамики изменений концентраций изучаемых показателей в 1-й и 2-й подгруппах выявлено, что она соответствовала общей выборке.

Показатели концентрации Hb и Ht у пациентов двух подгрупп на различных этапах исследования представлены в таблице 3.

Таблица 3. Показатели гемоглобина и гематокрита в подгруппах пациентов
Table 3. Hemoglobin and hematocrit values in patient subgroups

Этапы исследования	1-я подгруппа	2-я подгруппа	p
	Гемоглобин, г/л (25 %, 75 %)		
1-й этап	110,5 (102,0; 120,0)	132,0 (123,0; 140,0)	< 0,001
2-й этап	79,0 (69,0; 83,0)	94,0 (90,0; 97,0)	< 0,001
3-й этап	85,5 (79,0; 88,0)	91,0 (87,0; 97,0)	< 0,001
4-й этап	91,5 (88,5; 96,0)	96,0 (87,0; 100,0)	0,23
5-й этап	101,0 (95,5; 109,0)	105,0 (97,0; 110,0)	0,47
6-й этап	107,5 (102,0; 115,0)	111,0 (100,5; 119,5)	0,72
7-й этап	107,0 (100,0; 112,0)	113,0 (103,0; 119,0)	0,09
	Гематокрит, % (25 %, 75%)		
1-й этап	34,2 (31,6; 36,95)	39,9 (37,9; 43,0)	< 0,001
2-й этап	24,6 (22,3; 25,9)	29,2 (27,9; 30,0)	< 0,001
3-й этап	26,6 (24,6; 27,2)	28,3 (27,0; 30,1)	< 0,001
4-й этап	28,4 (27,45; 29,75)	29,7 (27,1; 31,0)	0,23
5-й этап	30,6 (29,5; 33,7)	32,6 (30; 33,8)	0,43
6-й этап	33,4 (31,5; 36,4)	34,7 (31,3; 36,9)	0,56
7-й этап	33,5 (31,3; 35,6)	34,9 (31,8; 36,5)	0,17

График изменения концентрации Hb в 1-й и 2-й подгруппах пациентов отражен на рисунке 2.

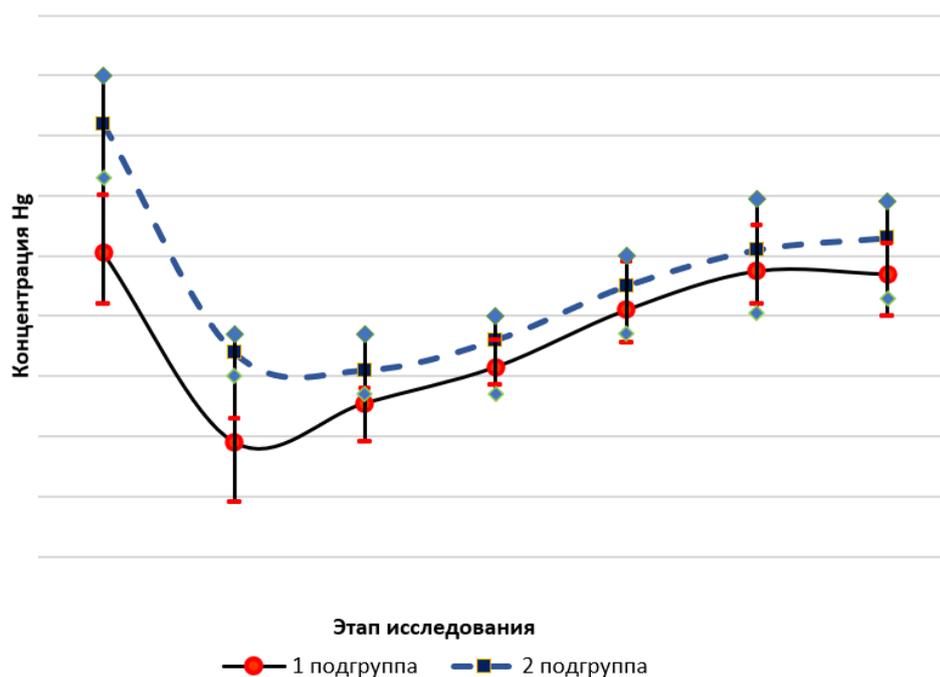


Рисунок 2. Изменение концентрации Hb в 1-й и 2-й подгруппах пациентов
 Figure 2. Graphic change in Hb concentration in patient subgroups 1 and 2

Пациенты в 1-й и 2-й подгруппах имеют статистически достоверные отличия исходной концентрации гемоглобина и гематокрита на интраоперационном этапе лечения.

В 1-й подгруппе пациентов интраоперационно отмечается выраженная гемодилюция, статистически достоверно отличающаяся от аналогичного показателя во 2-й подгруппе ($p < 0,05$).

В подгруппе пациентов, нуждающихся в переливании эритроцитарной массы, на этапе работы АИК отмечается снижение гемоглобина на 28,5 % (31,5 ед.) ($p < 0,05$), гематокрита — 28,1 % (9,6 ед.) ($p < 0,05$) от исходных предоперационных значений.

С 4-го по 7-й этап оперативного лечения статистически достоверных отличий концентраций Hb и Ht не выявлено ($p > 0,05$).

Концентрация гемоглобина через 15–16 ч после операции (7-й этап) во 2-й подгруппе превышает значения в 1-й на 5,6 % (6 ед.) ($p > 0,05$).

Полученные результаты отражают состояние гемоглобина и гематокрита в предоперационном, интраоперационном и раннем послеоперационном периодах.

Наиболее значительные изменения зарегистрированных параметров были получены в интраоперационном периоде во время ИК.

В базах данных PubMed имеются публикации ряда исследований, в которых изучается концентрация гемоглобина и гематокрита на раз-

ных этапах пребывания пациента в больничной организации. При этом корреляции периперационной кровопотери и величины гемодилюции авторы не изучали.

Пак Н. Л. и соавт. оценивали состояние системы гомеостаза у 60 пациентов с ИБС после операции реваскуляризации миокарда, выполненной в условиях ИК и на работающем сердце [11]. Авторы отмечают снижение гемоглобина на 30–35 %, гематокрита — на 28–32 % от исходных значений на первые сутки после операции, а также на протяжении всего периода наблюдения (10 суток после операции). Показатели, представленные авторами в данной статье, несколько выше полученных нами: снижение гемоглобина на 11,3 %, гематокрита — на 9,5 %.

Рафаели И. Р. и соавт. отмечали в своей работе снижение гематокрита во время кардиохирургического вмешательства, в группах с ИК снижение данного показателя составило 34,8–35,1 % [12]. Степень снижения гематокрита в исследовании данных авторов превышает ее значение, полученное нами (снижение Ht на 28,1 %).

Группа исследователей под руководством Ю. С. Полушина в своем исследовании отмечает снижение уровня Hb ниже 90 г/л и снижение уровня Ht ниже 25 % во время работы АИК [13], что совпадает с результатами измерения уровня концентрации Hb и Ht, полученными нами.

Hogervorst E. и соавторы в своем исследовании отмечают снижение концентраций гемоглобина до 70 г/л и гематокрита — на 50 % от исходных — до 20 % [14]. Показатели концентрации гемоглобина и гематокрита, приведенные авторами, оказались несколько ниже полученных нами в ходе исследования.

Заключение

Во время хирургического вмешательства на открытом сердце с ИК происходит снижение

гемоглобина от исходного уровня 123,0 (110,0; 134,0) до 87,0 (79,0; 95,0), что составляет 29,3 %, гематокрита — с 37,7 (34,2; 40,9) до 27,1 (24,9; 29,3), что составляет 28,1 %.

Имеется слабая отрицательная корреляция концентрации гемоглобина на 35–40-й минуте ИК и объема периперационной кровопотери ($R = -0,24$, $p < 0,05$).

Список литературы / References

- Шкет А.П., Глыбовская Т.В., Крутов В.Г., Островский Ю.П. Непосредственные результаты хирургического лечения аневризм грудной аорты с реимплантацией аортального клапана по Дэвиду. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2016;20(2):12-16. DOI: <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2016-2-12-16>
Shket AP, Glybovskaya TV, Krutov VG, Ostrovsky YuP. Immediate results of surgical treatment of thoracic aortic aneurysms with aortic valve reimplantation according to David. *Circulatory pathology and cardiac surgery*. 2016;20(2):12-16. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2016-2-12-16>
- Аверина Т.Б. Искусственное кровообращение. *Анналы хирургии*. 2013;(2):5-12. [дата обращения 2023 июнь 18]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennoe-krovoobraschenie>
Averina TB. Artificial blood circulation. *Annals of surgery*. 2013;(2):5-12. [date of access 2024 March 20]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennoe-krovoobraschenie> (In Russ.).
- Локшин Л.С., Лурье Г.О., Дементьева И.И. Искусственное и вспомогательное кровообращение в сердечно-сосудистой хирургии. Москва; 2002.
Lokshin LS, Lurie GO, Dementieva II. Artificial and assisted circulation in cardiovascular surgery. Moscow; 2002. (In Russ.).
- Хенсли Ф.А. мл., Мартин Д.Е., Грэвли Г.П. Практическая кардиоанестезиология. Пер. с англ. Хоменко Е., Дьячков А. МИА; 2008. С. 801-869.
Hensley FA Jr, Martin DE, Gravley GP. Practical cardiac anesthesia. Per. from English Khomenko E, Dyachkov A. MIA; 2008, p. 801-869. (In Russ.).
- Shander A, Moskowitz D, Rihwani TS. The Safety and Efficacy of "Bloodless" Cardiac Surgery. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2005;9(1):53-63. DOI: <https://doi.org/10.1177/108925320500900106>
- Джорджия Р.К., Рахимуллин И.М., Хамзин Р.Р. Применение кровесберегающих технологий у кардиохирургических больных, оперированных в условиях искусственного кровообращения. *Казанский медицинский журнал*. 2012;(2). [дата обращения 2023 июнь 18]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-krovesberegayuschih-tehnologiy-u-kardiohirurgicheskikh-bolnyh-operirovannyh-v-usloviyah-iskusstvennogo-krovoobrascheniya>
Georgikia RK, Rahimullin IM, Khamzin RR. The use of blood-saving technologies in cardiac surgery patients operated on under artificial circulation. *Kazan Medical Journal*. 2012;(2). [date of access 2024 March 20]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-krovesberegayuschih-tehnologiy-u-kardiohirurgicheskikh-bolnyh-operirovannyh-v-usloviyah-iskusstvennogo-krovoobrascheniya> (In Russ.).
- Спирidonov С.В., Одинцов В.О., Щетинко Н.Н., Мозгова Е.А., Гринчук И.И., Островский Ю.П. Аортальные аллографты в мировой кардиохирургии: исторические аспекты внедрения в клиническую практику и обзор результатов использования. *Медицинский журнал*. 2015;(1):55-67. [дата обращения 2023 июнь 18]. Режим доступа: <https://rep.bsmu.by/handle/BSMU/3777>
Spiridonov SV, Odintsov VO, Shchetinko NN, Mozgova EA, Grinchuk II, Ostrovsky YuP. Aortic allografts in world cardiac surgery: Historical aspects of implementation in clinical practice and review of results of use. *Medical Journal*. 2015;(1):55-67. [date of access 2024 March 20]. Available from: <https://rep.bsmu.by/handle/BSMU/3777> (In Russ.).
- Мухамедова У.М., Карпенко М.А., Баутин А.Е. Состояние системы гемостаза у больных ишемической болезнью сердца в интра и послеоперационном периоде аортокоронарного шунтирования. *Вестник Авиценны*. 2009;41(4):106-113.
Mukhamedova UM, Karpenko MA, Bautin AE. The state of the hemostasis system in patients with coronary heart disease in the intra and postoperative period of coronary artery bypass grafting. *Avicenna's Bulletin*. 2009;41(4):106-113. (In Russ.).
- Nadler SB, Hidalgo JH, Bloch T. Prediction of blood volume in normal human adults. *Surgery*. 1962;51(2):224-232.
- Курашов М.С., Марочков А.В., Воронков П.А. Определение объема кровопотери у кардиохирургических пациентов гравиметрическим методом и методом гемоглобинового баланса. *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2022;21(6):57-63. DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2022.6.57>
Kurashov MS, Marochkov AV, Voronkov PA. Determination of the volume of blood loss in cardiac surgery patients using the gravimetric method and the hemoglobin balance method. *Bulletin of Vitebsk State Medical University*. 2022;21(6):57-63. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2022.6.57>
- Пак Н.Л., Голухова Е.З., Самсонова Н.Н., Мерзляков В.Ю., Климович Л.Г., Рябинина М.Н., Кубова М.С. Состояние системы гемостаза у больных ишемической болезнью сердца после операции реваскуляризации миокарда, выполненной в условиях искусственного кровообращения и на работающем сердце. *Креативная кардиология*. 2011;(2):60-70. [дата обращения 2023 июнь 18]. Режим доступа: https://cardiology-journal.com/catalog/detail.php?SECTION_ID=965&ID=17602
Pak NL, Golukhova YeZ, Samsonova NN, Merzlyakov VYu, Klimovich LG, Ryabinina MN, Kubova MCh. The state of the hemostasis system in patients with coronary heart disease after operation of myocardial revascularization performed under conditions of artificial circulation and on a working heart. *Kreativnaya kardiologiya*. 2011;(2):60-70. [date of access 2024 March 20]. Available from: https://cardiology-journal.com/catalog/detail.php?SECTION_ID=965&ID=17602 (In Russ.).
- Рафаели И.Р., Кучкина Н.В., Степанов А.В., Панков А.Н., Савелов Е.А., Барац Л.С., Киряев А.А. Эффективность применения транексамовой кислоты для профилактики «нехирургического» кровотечения после коронарного шунтирования. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2018;11(5):28-32. DOI: <https://doi.org/10.17116/kardio20181105128>
Rafaeli IR, Kuchkina NV, Stepanov AV, Pankov AN, Savyolov EA, Barats LS, Kiryaev AA. The efficacy of tranexamic

acid for prevention of “nonsurgical” bleeding after coronary artery bypass grafting. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*. 2018;11(5):28-32. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.17116/kardio20181105128>

13. Полушин Ю.С., Соколов Д.В., Молчан Н.С., Акмалова Р.В. Влияние искусственного кровообращения на развитие острого повреждения почек после операций на открытом сердце. *Нефрология*. 2020;24(4):37-45.

DOI: <https://doi.org/10.36485/1561-6274-2020-24-4-37-45>

Polushin YS, Sokolov DV, Molchan NS, Akmalova RV. The influence of cardiopulmonary bypass on the development of acute kidney injury after open heart surgery. *Nephrology (Saint-Petersburg)*. 2020;24(4):37-45. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.36485/1561-6274-2020-24-4-37-45>

14. Hogervorst E, Rosseel P, van der Bom J, et al. Tolerance of intraoperative hemoglobin decrease during cardiac surgery. *Transfusion*. 2014;54(10 Pt 2):2696-2704.

DOI: <https://doi.org/10.1111/trf.12654>

Информация об авторах / Information about the authors

Курашов Михаил Сергеевич, врач-кардиохирург отделения кардиохирургии Центра сердечно-сосудистой хирургии, УЗ «Могилевская областная клиническая больница», Могилев, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8983-2513>

e-mail: kurashov.m@gmail.com

Кулик Анатолий Степанович, главный врач, УЗ «Могилевская областная клиническая больница», Могилев, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6663-3802>

e-mail: info@uzmob.by

Леванович Вадим Николаевич, врач-кардиохирург (заведующий) отделения кардиохирургии, руководитель Центра сердечно-сосудистой хирургии, УЗ «Могилевская областная клиническая больница», Могилев, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7702-1965>

e-mail: levanvad@yandex.ru

Мотовилов Денис Владимирович, врач-кардиохирург отделения кардиохирургии Центра сердечно-сосудистой хирургии, УЗ «Могилевская областная клиническая больница», Могилев, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9059-0617>

e-mail: Dgina5@rambler.ru

Марочков Алексей Викторович, д.м.н., профессор, профессор филиала кафедр анестезиологии и реаниматологии с курсом ФПК и ПК и госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК, УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», Витебск, Беларусь; врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, УЗ «Могилевская областная клиническая больница», Могилев, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5092-8315>

Mikhail S. Kurashov, Cardiac Surgeon, Department of Cardiac Surgery, Center for Cardiovascular Surgery, Mogilev Regional Clinical Hospital, Mogilev, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8983-2513>

e-mail: kurashov.m@gmail.com

Anatol S. Kulik, Chief Physician of Mogilev Regional Clinical Hospital, Mogilev, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6663-3802>

e-mail: info@uzmob.by

Vadim N. Levanovich, Cardiac Surgeon (Head) of the cardiac surgery department, Head of the Center for Cardiovascular Surgery, Mogilev Regional Clinical Hospital, Mogilev, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7702-1965>

e-mail: levanvad@yandex.ru

Denis V. Motovilov, Cardiac Surgeon, Department of Cardiac Surgery, Center for Cardiovascular Surgery, Mogilev Regional Clinical Hospital, Mogilev, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9059-0617>

e-mail: Dgina5@rambler.ru

Alexey V. Marochkov, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Branch Department of Anesthesiology and Resuscitation with course of Advanced Training and Staff Retraining, and Hospital surgery with course of Advanced Training and Staff Retraining of Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Belarus; Anesthesiologist-resuscitator of the Department of anesthesiology and resuscitation, Mogilev Regional Clinical Hospital, Mogilev, Belarus.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5092-8315>

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Курашов Михаил Сергеевич

e-mail: kurashov.m@gmail.com

Mikhail S. Kurashov

e-mail: kurashov.m@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 28.01.2024

Поступила после рецензирования / Accepted 10.04.2024

Принята к публикации / Revised 27.05.2024