

**ПОВЫШЕНИЕ ДЕТОКСИКАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ЗАМЕСТИТЕЛЬНОЙ ПОЧЕЧНОЙ ТЕРАПИИ ПРИ
ЛЕЧЕНИИ РАНЕНЫХ И ПОСТРАДАВШИХ С ТЯЖЕЛЫМ
МИОГЛОБИН-ИНДУЦИРОВАННЫМ ОСТРЫМ ПОВРЕЖДЕНИЕМ
ПОЧЕК**

Бельских А.Н., Марухов А.В., Ветряков О.В., Захаров М.В., Чубченко Н.В.

*Федеральное государственное бюджетное военное образовательное
учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М.*

Кирова» Министерства обороны Российской Федерации

194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

Резюме

Введение. Рабдомиолиз, является одной из наиболее распространенных причин возникновения острого повреждения почек (ОПП) у раненых и пострадавших с боевой хирургической травмой. Одним из действенных способов улучшения результатов лечения пациентов с тяжелым рабдомиолизом, осложненным развитием ОПП, является применение заместительной почечной терапии, позволяющей обеспечить удаление из внутренней среды организма широкого спектра низко- и среднемолекулярных факторов эндогенной интоксикации, в том числе миоглобина. Стандартные массообменные устройства обладают весьма ограниченными возможностями по элиминации миоглобина из системного кровотока, что требует поиска путей повышения детоксикационного потенциала.

Цель исследования. Оценить детоксикационную эффективность применения массообменных устройств с повышенным адсорбционным потенциалом при проведении заместительной почечной терапии раненым и пострадавшим с миоглобин-индуцированным ОПП.

Материалы и методы. При проведении одноцентрового проспективного обсервационного исследования был выполнен сравнительный анализ показателей детоксикационной эффективности использования стандартных

массообменных устройств и гемофильтров/диализаторов с повышенными адсорбционными свойствами при лечении 43 пациентов с боевой хирургической травмой, осложненной развитием рабдомиолиза и острого повреждения почек, находившихся на лечении в клиниках Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова в период 2022-2025 гг. Проведена оценка и сопоставление экстракорпорального клиренса миоглобина и степени снижения его концентрации в крови на фоне выполнения заместительной почечной терапии с применением разных массообменных устройств.

Результаты. Результаты исследования клиренса миоглобина продемонстрировали, что его значения в группе применения стандартных массообменных устройств (1 группа) при проведении интермиттирующих гемодиализа и гемодиافильтрации составили, соответственно, 22 (20; 26) и 43 (41,5; 46,5) мл/мин, что оказалось значительно ниже по сравнению с группой использования диализаторов/гемофильтров, обладающих повышенными адсорбционными свойствами (2 группа) – 42 (33,5; 46) и 57 (51; 67) мл/мин. Также достоверные различия выявлены при сравнительном анализе между группами показателей степени снижения концентрации миоглобина в крови за время выполнения сеанса заместительной почечной терапии, значения которых составили 34 (31; 37)% и 48 (46; 51,5)%, соответственно, для гемодиализа и гемодиافильтрации в 1 группе, во 2 группе – 46,5 (41,25; 51)% и 69 (61; 72)%.

Заключение. Результаты исследования продемонстрировали существенно более высокие показатели клиренса и степени снижения уровня сывороточного миоглобина при применении диализаторов/гемофильтров с мембранами, обладающими адсорбционными свойствами. Более активная элиминация миоглобина из крови за счет увеличения детоксикационного потенциала ЗПТ создает предпосылки для снижения патогенетических возможностей данного фактора эндогенной интоксикации, что может сопровождаться улучшением результатов интенсивной терапии.

Ключевые слова: боевая хирургическая травма; рабдомиолиз; гемодиافильтрация; гемодиализ; миоглобин

Для корреспонденции: Марухов Артем Владимирович,
maruxov84@mail.ru, тел. +79215635633

**ENHANCING THE DETOXIFICATION EFFICACY OF RENAL
REPLACEMENT THERAPY IN THE TREATMENT OF THE WOUNDED
AND INJURED WITH SEVERE MYOGLOBIN-INDUCED ACUTE KIDNEY
INJURY**

Belskikh A.N., Marukhov A.V., Vetryakov O.V., Zakharov M.V., Chubchenko N.V.
Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education "S.M.
Kirov Military Medical Academy" of the Ministry of Defense of the Russian
Federation

6, Akademika Lebedeva St., Saint Petersburg, Russia, 194044

Abstract

Introduction. Rhabdomyolysis is one of the most common causes of acute kidney injury (AKI) in the wounded and injured with combat surgical trauma. One effective approach to improving treatment outcomes in patients with severe rhabdomyolysis complicated by AKI is the use of renal replacement therapy (RRT), which enables the removal of a wide range of low- and medium-molecular-weight endogenous intoxication factors, including myoglobin, from the internal environment of the body. Standard mass-exchange devices have very limited capacity for myoglobin elimination from the systemic circulation, necessitating the search for ways to enhance their detoxification potential.

Objective. To evaluate the detoxification efficacy of mass-exchange devices with enhanced adsorptive potential during renal replacement therapy in the wounded and injured with myoglobin-induced AKI.

Materials and Methods. In a single-center prospective observational study, a comparative analysis of detoxification efficacy was performed between standard mass-exchange devices and hemofilters/dialyzers with enhanced adsorptive properties in the treatment of 43 patients with combat surgical trauma complicated by rhabdomyolysis and AKI. The patients were treated at the clinics of the S.M. Kirov Military Medical

Academy between 2022 and 2025. The extracorporeal clearance of myoglobin and the degree of its blood concentration reduction during RRT sessions were assessed and compared between different mass-exchange devices.

Results. Myoglobin clearance values in the group receiving standard mass-exchange devices (Group 1) during intermittent hemodialysis and hemodiafiltration were 22 (20; 26) and 43 (41.5; 46.5) mL/min, respectively, which were significantly lower compared to the group receiving dialyzers/hemofilters with enhanced adsorptive properties (Group 2): 42 (33.5; 46) and 57 (51; 67) mL/min, respectively. Significant differences were also found between the groups in the degree of myoglobin blood concentration reduction during a single RRT session. For hemodialysis and hemodiafiltration, these values were 34 (31; 37) % and 48 (46; 51.5) %, respectively, in Group 1, and 46.5 (41.25; 51) % and 69 (61; 72) %, respectively, in Group 2.

Conclusion. The study results demonstrate significantly higher myoglobin clearance and serum myoglobin reduction rates when using dialyzers/hemofilters with adsorptive membranes. More effective myoglobin elimination from the blood by enhancing the detoxification potential of RRT creates prerequisites for reducing the pathogenetic impact of this endogenous intoxication factor, which may be accompanied by improved intensive care outcomes.

Keywords: combat surgical trauma, rhabdomyolysis, hemodiafiltration, hemodialysis, myoglobin

Введение

По данным отечественных и зарубежных авторов рабдомиолиз, характеризующийся высвобождением в системный кровоток миоглобина и других эндогенных нефротоксичных агентов, является одной из наиболее распространенных причин возникновения острого повреждения почек (ОПП) у раненых и пострадавших с боевой хирургической травмой (БХТ) в условиях современного военного конфликта, что обусловлено значительной распространенностью минно-взрывной ранений, нередко сопровождающимися массивным повреждением мягких тканей, а также синдромом ишемии-

реперфузии, наиболее характерном для случаев чрезмерно продолжительной экспозиции кровоостанавливающего жгута при ранениях конечностей. При этом развитие миоглобин-индуцированного почечного повреждения сопровождается существенным увеличением сроков и ухудшением исходов лечения раненых и пострадавших [1-6].

Одним из действенных способов улучшения результатов интенсивной терапии пациентов с тяжелым рабдомиолизом, осложненным развитием ОПП, является применение методов экстракорпоральной детоксикации (ЭКД). Наиболее распространенной методикой является заместительная почечная терапия (ЗПТ), позволяющая не только осуществить коррекцию нарушений водно-электролитного баланса и кислотно-основного состояния, но и обеспечить удаление из внутренней среды организма широкого спектра низко- и среднемолекулярных факторов эндогенной интоксикации, в том числе миоглобина, являющегося одним из ведущих патогенетически значимых агентов, обуславливающих развитие ОПП при рабдомиолизе [7-9]. Однако стандартные массообменные устройства (МОУ) для проведения ЗПТ обладают весьма ограниченными возможностями по элиминации миоглобина из системного кровотока, что требует поиска путей повышения детоксикационного потенциала. В качестве возможных способов увеличения степени удаления миоглобина при ЗПТ ряд авторов рассматривают применение МОУ со сверхвысокой проницаемостью мембран и включение адсорбционных устройств в экстракорпоральный контур [10-12]. К одному из методов потенциального повышения экстракорпорального клиренса миоглобина и других среднемолекулярных агентов относят применение диализаторов/гемофильтров с повышенными адсорбционными свойствами. Несмотря на встречающиеся в современной литературе мнения о перспективности применения указанного метода увеличения эффективности удаления миоглобина из системного кровотока при лечении пациентов с тяжелым миоглобин-индуцированным ОПП, к настоящему времени нет данных о влиянии его применения на детоксикационную эффективность ЗПТ [11, 12].

Цель исследования: оценить детоксикационную эффективность применения МОУ с повышенным адсорбционным потенциалом при проведении заместительной почечной терапии раненым и пострадавшим с миоглобин-индуцированным ОПП.

Материалы и методы

С целью определения наиболее эффективной методики проведения ЗПТ, обеспечивающей максимальные показатели элиминации миоглобина из системного кровотока, раненым и пострадавшим с ОПП, развившимся вследствие рабдомиолиза в результате полученной боевой травмы, было выполнено одноцентровое проспективное обсервационное исследование, призванное оценить наличие потенциальных преимуществ применения МОУ с адсорбционными свойствами мембраны по сравнению со стандартными высокопроницаемыми диализаторами/гемофильтрами. Учитывая отсутствие среди современных литературных источников релевантных данных об эффективности применения диализаторов с адсорбционными свойствами мембраны для удаления миоглобина у рассматриваемой категории пациентов, исследователи изучали и выполняли сравнительный анализ эффективности удаления миоглобина из системного кровотока при проведении ЗПТ с применением двух разновидностей МОУ у раненых и пострадавших с ОПП и рабдомиолизом, находившихся на лечении в клиниках Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова (ВМедА) в период с 2022 по 2025 гг.

В исследование были включены пациенты, соответствующие следующим критериям:

- наличие рабдомиолиза с ОПП в варианте анурии (темп диуреза менее 200 мл в сутки), требующего проведения ЗПТ;
- концентрация миоглобина в крови на момент начала ЗПТ составляла более 5000 нг/мл.

Критериями исключения являлись:

- возраст менее 18 лет;

- нестабильная гемодинамика, требующая вазопрессорной или инотропной поддержки.

Всего для участия в проспективном этапе исследования были отобраны 43 раненых и пострадавших мужского пола, возраст которых составлял 32 (27; 37) лет. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от МОУ, применяющегося для проведения ЗПТ. В первую группу были включены 21 раненый, при проведении ЗПТ которым применяли стандартные высокопроницаемые диализаторы/гемофильтры Elisio-21H (Nipro Medical Co., Япония) с мембранами из полиэфирсульфона и поливинилпирролидона, не обладающими значительными адсорбционными свойствами. Вторую группу составили 22 пациента, при лечении которых использовали ЗПТ с использованием МОУ с мембранами из полиметилметакрилата (ПММА) ВК-2,1U (Toray, Япония), которые потенциально позволяют увеличивать элиминацию ряда факторов эндогенной интоксикации низкой и средней молекулярной массы. Применение данных устройств теоретически может сопровождаться увеличением клиренсовых показателей выведения миоглобина из системного кровотока. Площадь поверхности мембраны обоих типов исследуемых устройств была одинаковой, составляя 2,1 м².

Все пациенты, включенные в исследование, в качестве метода ЗПТ получали интермиттирующие гемодиализ (ГД) или гемодиафильтрацию (ГДФ) в режиме постдилюции со стандартной продолжительностью 4 часа, достаточной для достижения расчетной дозы ЗПТ. Выбор конкретного МОУ и метода ЗПТ определялся врачом, проводящим ЭКД, в том числе исходя из наличия технической возможности их применения. Параметры ЗПТ также определялись выполняющим ее врачом, исходя из клинической ситуации и потребности каждого пациента. Во всех случаях операции ЭКД проводили с использованием аппаратов «искусственная почка» Dialog+ (B. Braun, ФРГ). Всем пациентам проводили мероприятия комплексного лечения, включавшего хирургические и реаниматологические компоненты, и обследования, соответствующего стандартам, принятым в ВМедА.

С целью определения динамики изменения концентрации миоглобина в крови и показателей его клиренса при проведении ЗПТ во время выполнения каждой операции осуществляли забор крови непосредственно перед ЗПТ, через 10 минут, 2 часа и 4 часа (в конце операции) после ее начала. В ходе выполнения ЗПТ образцы крови отбирали до МОУ (из порта магистральной заборной крови) и после МОУ (из порта магистральной возврата крови). Чтобы избежать эффекта концентрации крови в МОУ, ультрафильтрацию устанавливали на нулевое значение за 5 минут до взятия образцов для лабораторного исследования. Сразу после отбора крови ее отправляли в лабораторию для определения концентрации миоглобина. Эффективность удаления миоглобина в каждом случае определяли путем расчета показателя экстракорпорального клиренса миоглобина и уровня снижения в течение операции. Для расчета клиренса миоглобина применяли формулу:

$$Cl = Qb \times (1 - Hct) \times ((C_{pre} - C_{post}) / C_{pre})$$

где Cl – клиренс миоглобина, мл/мин; Qb – скорость потока крови в экстракорпоральном контуре, мл/мин; Hct – гематокрит; C_{pre} – концентрация миоглобина в крови до МОУ; C_{post} – концентрация миоглобина в крови после МОУ.

Величину клиренса миоглобина для каждой отдельной операции ЗПТ определяли, как среднее значение данных показателей для трех исследуемых временных точек. Показатель степени снижения концентрации миоглобина за время проведения операции определяли как разницу между его уровнем непосредственно до и сразу после выполнения операции, выраженная в процентах от исходной концентрации. После получения результатов проводили их статистическую обработку и сравнительный анализ между исследуемыми группами.

Данные, полученные в результате проведения исследования, заносили в таблицы Microsoft Excel. Статистическую обработку результатов исследования выполняли на персональном компьютере с использованием программы статистического анализа SPSS, версия 22.0 (SPSS Inc.). Полученные данные представлены как медиана, 25-ый и 75-ый процентиля. С целью проверки статистических гипотез в двух независимых группах применяли

непараметрический критерий Манна-Уитни. Сравнительный анализ в связанных выборках, в том числе изменений лабораторных и клинических показателей при наблюдении в динамике, осуществляли с помощью критерия Вилкоксона. За критический уровень статистической значимости принимали вероятность безошибочного прогноза равную 95% ($p=0,05$).

Представленное исследование проведено в соответствии с этическими принципами Хельсинской декларации. Данные пациентов были анонимизированы. Учитывая тяжесть травмы, обуславливающую нахождение пациентов в тяжелом и крайне тяжелом состоянии, получение письменного информированного согласия от раненых в большинстве случаев не представлялось возможным при начале исследования. Устное согласие было получено, как только это стало клинически возможно. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом.

Результаты исследования

Сравнительный анализ исходного уровня миоглобина, а также основных клинических и лабораторных показателей, отражающих состояние органов детоксикации, функциональный статус которых мог потенциально повлиять на естественный клиренс и уровень миоглобина в крови, показал отсутствие значимых различий в исследуемых группах (таблица 1).

Таблица 1.

Результаты сравнительного анализа, исходного уровня миоглобина и основных клинико-лабораторных показателей в исследуемых группах

Наименование параметра	1 группа	2 группа	Значимость различий (p)
Миоглобин, нг/мл	11512 (8060; 16010)	12444 (6934; 16836,5)	0,874
Шкала SOFA, баллы	6 (5; 8,5)	7 (5; 8,25)	0,640
Мочевина, ммоль/л	33,1 (27,6; 36,5)	31,2 (28,5; 37,5)	0,865
Креатинин, мкмоль/л	790 (635,5; 895,5)	776,5 (612; 944,5)	0,961
Билирубин, мкмоль/л	13 (9,5; 16,5)	14 (9; 22,5)	0,517

С целью исследования эффективности удаления миоглобина забор образцов крови для определения его концентрации выполняли при проведении 79 сеансов ЗПТ 43 пациентам с рабдомиолизом. Таким образом, в большинстве случаев, число мониторируемых операций ЭКД для каждого пациента составили одну или две процедуры ЗПТ, проводившееся в режимах интермиттирующих гемодиализа (иГД) и гемодиализа с гемодиализацией (иГДФ) с постдилюцией (рисунок 1).

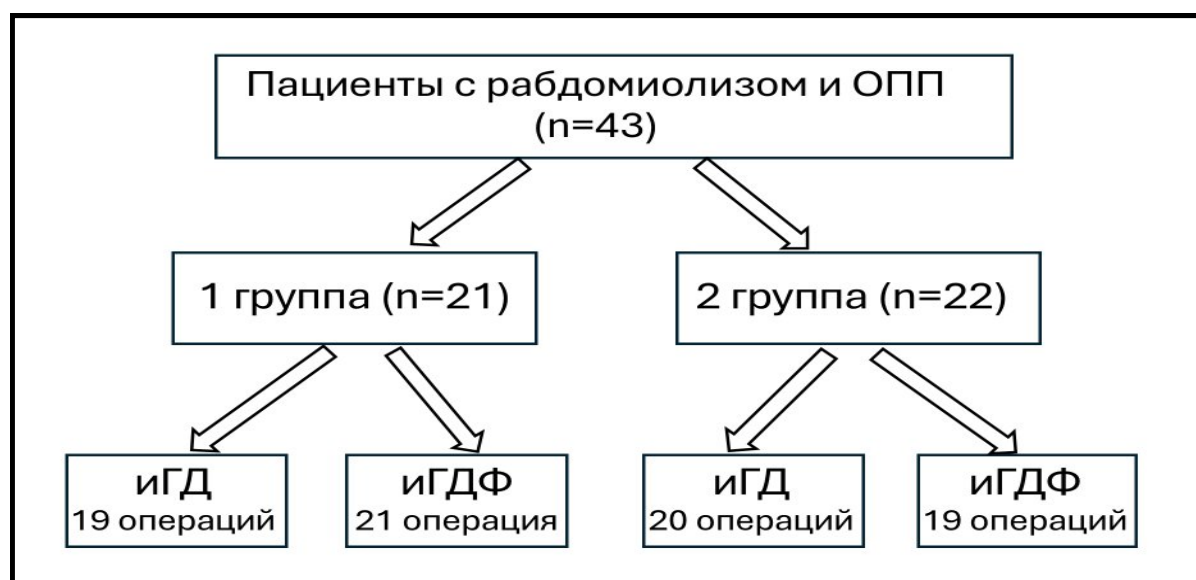


Рисунок 1. Число и структура мониторируемых сеансов ЗПТ в исследуемых группах пациентов с рабдомиолизом и ОПП

Параметры проведения операций ЗПТ, потенциально влияющие на их детоксикационную эффективность, не имели существенных различий между группами (таблица 2).

Таблица 2.

Основные параметры ЗПТ при лечении пациентов, включенных в исследуемые группы (медиана, 25-й и 75-й процентиля)

Параметры ЗПТ	1 группа (иГД)	1 группа (иГДФ)	2 группа (иГД)	2 группа (иГДФ)
Скорость кровотока, мл/мин	230 (210; 250)	230 (210; 240)	235 (220; 260)	240 (220; 260)
Скорость подачи диализата, мл/мин	500 (500; 500)	500 (500; 500)	500 (500; 500)	500 (500; 500)
Скорость замещения, мл/мин	-	65 (60; 70)	-	60 (55; 70)
Продолжительность операции, мин	240 (240; 240)	240 (240; 240)	240 (240; 240)	240 (240; 240)
Объем ультрафильтрации, мл	1900 (1400; 2500)	2200 (1500; 2700)	2000(1500; 2500)	2000 (1500; 3000)

Результаты исследования показателя клиренса миоглобина продемонстрировали, что его значения в 1 группе при проведении иГД и иГДФ составили, соответственно, 22 (20; 26) и 43 (41,5; 46,5) мл/мин. Среди пациентов 2 группы клиренс миоглобина при выполнении иГД равнялся 42 (33,5; 46) мл/мин, при иГДФ - 57 (51; 67) мл/мин. Сравнительный анализ выявленных значений продемонстрировал наличие достоверных различий между рядом показателей (рисунок 2).

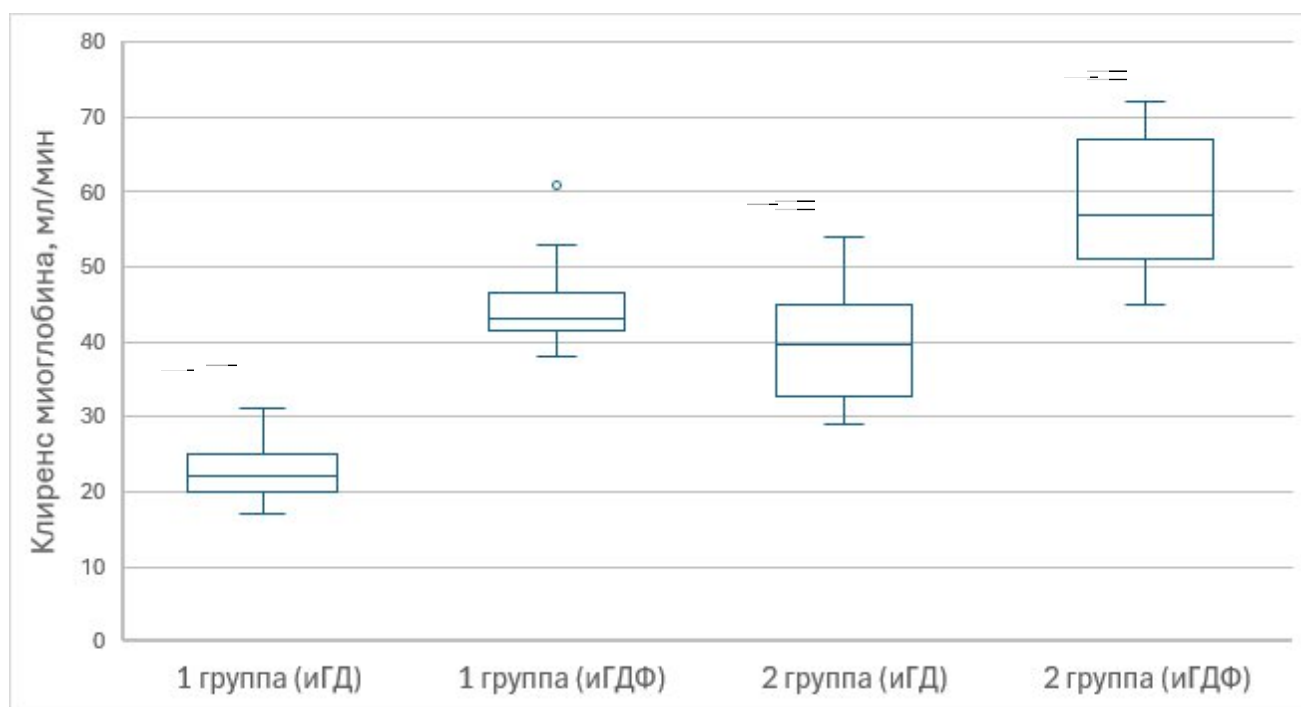


Рисунок 2. Результаты анализа клиренса миоглобина при проведении ЗПТ, у пациентов в исследуемых группах

Примечание: * – статистически значимые различия между операциями иГД и иГДФ в 1 группе (критерий Манна-Уитни, $p=9,15 \times 10^{-8}$), # – статистически значимые различия между операциями иГД и иГДФ во 2 группе (критерий Манна-Уитни, $p=0,0168$), ^ – статистически значимые различия между операциями иГД в 1 группе и иГДФ во 2 группе (критерий Манна-Уитни, $p=1,36 \times 10^{-7}$), + – статистически значимые различия между операциями иГД в 1 группе и во 2 группе (критерий Манна-Уитни, $p=0,0101$); ! – статистически значимые различия между операциями иГДФ в 1 группе и во 2 группе (критерий Манна-Уитни, $p=0,00147$)

Установлено, что достоверно более высокие значения клиренса миоглобина были характерны для ГДФ по сравнению с ГД для обеих групп, то есть независимо от вида применяемого МОУ, что вполне закономерно, учитывая большую дозу ЗПТ при проведении ГДФ на фоне эквивалентной продолжительности операций и одинаковой скорости подачи диализата. В данном случае повышение клиренса миоглобина при ГДФ связано с суммацией детоксикационного эффекта диффузионного и конвекционного механизмов массопереноса. При этом максимальные показатели клиренса миоглобина, среди сравниваемых видов операций, были характерны для ГДФ с применением гемофильтра/диализатора с мембраной, обладающей адсорбционными

свойствами. Применение данного метода, в том числе, позволило добиться значимо лучшей элиминации миоглобина, чем при использовании ГДФ со стандартным МОУ. Важным результатом исследования также стала достоверно более высокая детоксикационная эффективность проведения ГД во 2 группе по сравнению с операциями ГД в 1 группе, выполненными на стандартных диализаторах. По показателю клиренса миоглобина эффективность ГД с применением МОУ, обладающих адсорбционными возможностями, оказалась сопоставима с ГДФ, проведенными с помощью стандартных высокопроницаемых гемофильтров ($p=0,490$). Представленные различия величины значений клиренса миоглобина в зависимости от режима ЗПТ и применяемых МОУ были подтверждены результатами сравнительного анализа уровня снижения концентрации миоглобина в крови за время проведения сеанса ЗПТ, значения которого составили 34 (31; 37)% и 48 (46; 51,5)%, соответственно, для ГД и ГДФ в 1 группе, а во 2 группе – 46,5 (41,25; 51)% и 69 (61; 72)% (рисунок 3).

Полученные результаты анализа эффективности удаления миоглобина при применении различных МОУ у пациентов с ОПП, развившемся на фоне рабдомиолиза, продемонстрировали существенно более высокие показатели элиминации данного фактора эндогенной интоксикации при использовании гемофильтров/диализаторов, мембраны которых обладают выраженными адсорбционными свойствами по отношению к агентам средней молекулярной массы. Представленные данные позволяют предположить возможность улучшения клинических результатов и исходов лечения миоглобин-индуцированного ОПП у раненых и пострадавших с БХТ при применении ЗПТ с указанными типами МОУ за счет более эффективного снижения выраженности патогенетического потенциала миоглобина, что, безусловно, требует подтверждения при проведении клинического исследования.

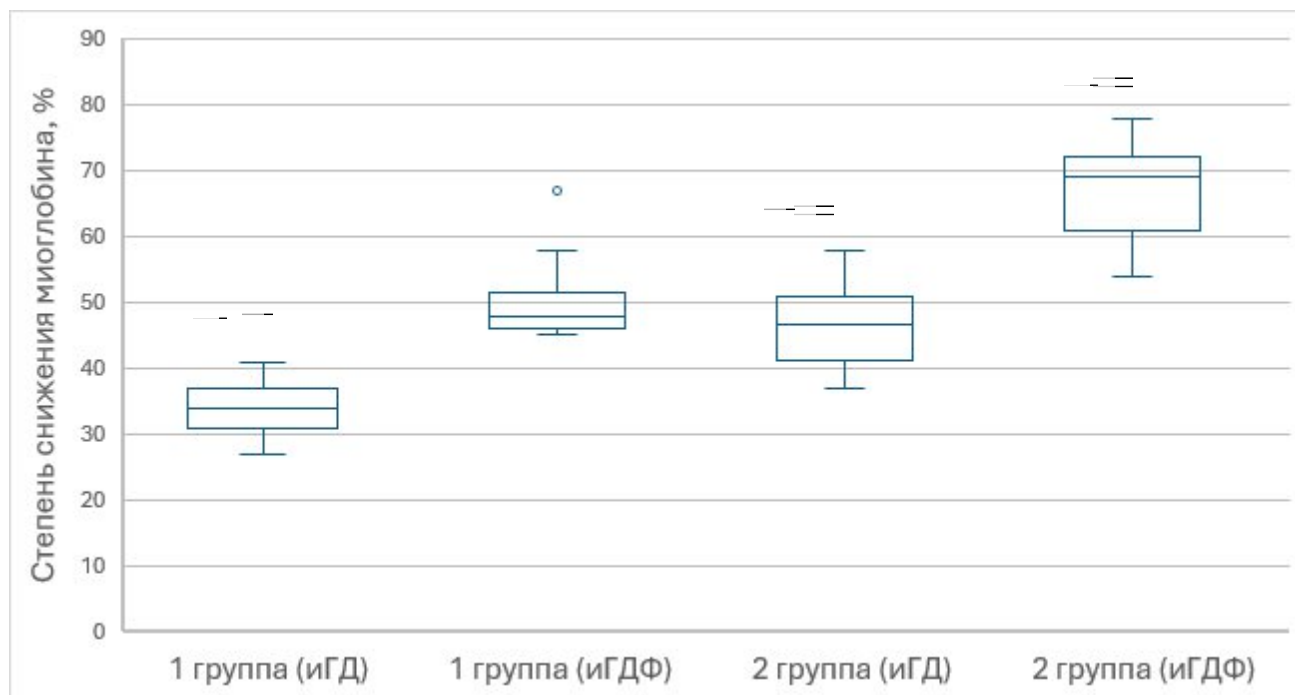


Рисунок 3. Результаты анализа уровня снижения концентрации миоглобина в крови при проведении ЗПТ у пациентов в исследуемых группах

Примечание: * – статистически значимые различия между операциями иГД и иГДФ в 1 группе (критерий Манна-Уитни, $p=0,45 \times 10^{-4}$), # – статистически значимые различия между операциями иГД и иГДФ во 2 группе (критерий Манна-Уитни, $p=0,13 \times 10^{-7}$), ^ – статистически значимые различия между операциями иГД в 1 группе и иГДФ во 2 группе (критерий Манна-Уитни, $p=0,89 \times 10^{-8}$), + – статистически значимые различия между операциями иГД в 1 группе и во 2 группе (критерий Манна-Уитни, $p=0,0023$); ! – статистически значимые различия между операциями иГДФ в 1 группе и во 2 группе (критерий Манна-Уитни, $p=0,14 \times 10^{-7}$)

Заключение

Результаты исследования, направленного на оценку детоксикационной эффективности операций ЗПТ с использованием двух разных видов МОУ в ходе лечения раненых и пострадавших с миоглобин-индуцированным ОПП, продемонстрировали существенно более высокие показатели клиренса и степени снижения уровня сывороточного миоглобина при применении диализаторов/гемофильтров с мембранами, обладающими адсорбционными свойствами. Более активная элиминация миоглобина из крови за счет увеличения детоксикационного потенциала ЗПТ на фоне сочетания адсорбции с диффузионным и конвекционным механизмами массопереносом создает предпосылки для снижения патогенетических возможностей данного фактора

эндогенной интоксикации, что может сопровождаться улучшением результатов интенсивной терапии в связи с уменьшением выраженности нефротоксического воздействия. Данная гипотеза, безусловно, требует подтверждения, основанного на результатах изучения клинических исходов применения ЗПТ с разными типами МОУ у раненых и пострадавших. Потенциальными эффектами от использования диализаторов/гемофильтров, обладающих высокими адсорбционными возможностями, могут быть снижение периода необходимого применения ЗПТ, вследствие более быстрого восстановления функции почек, и уменьшение сроков стационарного лечения раненых и пострадавших с рабдомиолизом, осложнившимся БХТ.

Список литературы

1. Касимов Р.Р., Просветов В.А., Самохвалов И.М. Структура боевой хирургической травмы и особенности оказания хирургической помощи в передовых медицинских группах в активную фазу боевых действий. *Военно-медицинский журнал*. 2024; 345(7): 4–12.
2. Ивченко Е.В., Овчинников Д.В. Основные научно-практические итоги изучения в Военно-медицинской академии боевой патологии периода Специальной военной операции. *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2024; 43(4): 457–469.
3. Самохвалов И.М., Крюков Е.В., Маркевич В.Ю. и др. Десять хирургических уроков начального этапа военной операции. *Военно-медицинский журнал*. 2023; 344(4): 4–10.
4. Бояринцев В.В., Кутепов Д.Е., Пасечник И.Н. *Рабдомиолиз. Междисциплинарный подход*. ГЭОТАР-Медиа. 2023: 136.
5. Соколов Н.К., Зиновьев Е.В., Дерий Э.К. и др. Патогенетическое лечение механо-ожогового шока, вызванного обширной ожоговой травмой и синдромом длительного сдавления (обзор литературы). *Российские биомедицинские исследования*. 2024; 9(3): 62–68.
6. Попов А.В., Фурсова Е.Н., Смирнов А.Н. Рабдомиолиз и острое почечное повреждение в клинической практике. Состояние проблемы (Обзор литературы).

Медлайн.ру. 2024; 25 (2): 485-504. URL: <https://medline.ru/public/art/tom25/art26.html> (дата обращения 27.06.2026)

7. Aslan M., Bilgi D.Ö. Management of Kidney Injury in Critically Ill Patients with Earthquake-Induced Crush Syndrome: A Case Series of 18 Patients. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*. 2024; 28(2): 314–320.
8. Meng Y., Zhou M.X., Wu C.B. et al. Continuous Venovenous Hemodiafiltration Versus Standard Medical Therapy for the Prevention of Rhabdomyolysis-Induced Acute Kidney Injury: A Retrospective Cohort Study. *BMC Nephrology*. 2023; 24(1): 215.
9. Sever M.S., Vanholder R., Lameire N. Acute Kidney Injury in Active Wars and Other Man-Made Disasters. *Seminars in Nephrology*. 2020; 40(4): 341–353.
10. Forni L., Aucella F., Bottari G. et al. Hemoadsorption Therapy for Myoglobin Removal in Rhabdomyolysis: Consensus of the Hemoadsorption in Rhabdomyolysis Task Force BMC. *Nephrology*. 2024; 25(1): 247.
11. Jerman A., Andonova M., Persic V. et al. Extracorporeal Removal of Myoglobin in Patients with Rhabdomyolysis and Acute Kidney Injury: Comparison of High and Medium Cut-Off Membrane and an Adsorber Cartridge. *Blood Purification*. 2022; 51(11): 907–911.
12. Albrecht F., Schunk S., Fuchs M. et al. Rapid and Effective Elimination of Myoglobin with CytoSorb® Hemoadsorber in Patients with Severe Rhabdomyolysis. *Blood Purification*. 2024; 53(2): 88–95.

References

1. Kasimov R.R., Prosvetov V.A., Samokhvalov I.M. Structure of combat surgical trauma and features of surgical care in advanced medical groups in the active phase of hostilities. *Military medical journal*. 2024; 345(7): 4–12 (in Russian).
2. Ivchenko E.V., Ovchinnikov D.V. The main scientific and practical research results at the Military medical academy of combat pathology during special military operations. *Russian military medical academy reports*. 2024; 43(4): 457–469 (in Russian).

3. Samokhvalov I.M., Kryukov E.V., Markevich V.Yu. et al. Ten surgical lessons of the initial stage of a military operation. *Military medical journal*. 2023; 344(4): 4–10 (in Russian).
4. Boyarintsev V.V., Kutepov D.E., Pasechnik I.N. *Rabdomioleysis. Interdisciplinary approach*. GEOTAR-Media. 2023: 136 (in Russian).
5. Sokolov N.K., Zinoviev E.V., Derii E.K. et al. Pathogenetic treatment of mechanical burn shock caused by extensive burn injury and long-term compression syndrome (literature review). *Russian biomedical research*. 2024; 9(3): 62–68 (in Russian).
6. Popov A.V., Fursova E.N., Smirnov A.N. Rhabdomyolysis and acute kidney damage in clinical practice. Status of the problem. Literature review. *Medline.ru*. 2024; 25 (2): 485-504. URL: <https://medline.ru/public/art/tom25/art26.html> (in Russian).
7. Aslan M., Bilgi D.Ö. Management of Kidney Injury in Critically Ill Patients with Earthquake-Induced Crush Syndrome: A Case Series of 18 Patients. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*. 2024; 28(2): 314–320.
8. Meng Y., Zhou M.X., Wu C.B. et al. Continuous Venovenous Hemodiafiltration Versus Standard Medical Therapy for the Prevention of Rhabdomyolysis-Induced Acute Kidney Injury: A Retrospective Cohort Study. *BMC Nephrology*. 2023; 24(1): 215.
9. Sever M.S., Vanholder R., Lameire N. Acute Kidney Injury in Active Wars and Other Man-Made Disasters. *Seminars in Nephrology*. 2020; 40(4): 341–353.
10. Forni L., Aucella F., Bottari G. et al. Hemoadsorption Therapy for Myoglobin Removal in Rhabdomyolysis: Consensus of the Hemoadsorption in Rhabdomyolysis Task Force. *BMC Nephrology*. 2024; 25(1): 247.
11. Jerman A., Andonova M., Persic V. et al. Extracorporeal Removal of Myoglobin in Patients with Rhabdomyolysis and Acute Kidney Injury: Comparison of High and Medium Cut-Off Membrane and an Adsorber Cartridge. *Blood Purification*. 2022; 51(11): 907–911.

12. Albrecht F., Schunk S., Fuchs M. et al. Rapid and Effective Elimination of Myoglobin with CytoSorb® Hemoadsorber in Patients with Severe Rhabdomyolysis. *Blood Purification*. 2024; 53(2): 88–95.