

УДК: 616.61-008.6

Миоглобин в патогенезе острого повреждения почек при термических ожогах кожи

Коновалова А.А., Цепелев В.Л.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации
672000, Чита, ул. Горького, 39а

Острое повреждение почек (ОПП) является грозным осложнением термических ожогов кожи с большой площадью и глубиной поражения. В первые сутки после получения травмы трудно диагностировать субклиническую стадию острого повреждения почек. В связи с этим необходим поиск новых биомаркёров, которые могут указать на начавшееся почечное повреждение. В этом контексте интерес представляют гемопротеины, которые активно принимают участие в развитии острого повреждения почек при термической травме. В настоящее время существует недостаточно сведений об участии данных белков в патогенезе развития каждой из стадий ожоговой болезни.

Цель исследования – оценить динамику изменения уровня гемоглобина и миоглобина в сыворотке крови больных с термическими ожогами кожи в период шока, ожоговой токсемии и септикотоксемии.

Материалы и методы. В исследование включены 74 пациента с термическими ожогами кожи I-III степени с площадью поражения кожных покровов более 25%, из них не менее 15% глубокого ожога. Определение уровня креатинина в сыворотке крови проводили кинетическим методом Яффе. Исследование концентрации миоглобина, липокалина проводили методом мультиплексного анализа на проточном цитофлуориметре. Концентрация гемоглобина была определена на автоматическом гематологическом анализаторе URIT-5160.

Результаты. Установлено, что уровень миоглобина в период ожогового шока был выше в 64,9 раза, при течении ожоговой токсемии – в 53,5 раза и в период септикотоксемии – в 57,4 раза по отношению к группе контроля. При течении ожоговой болезни отмечено, что уровень гемоглобина в период ожогового шока увеличивался, затем в период ожоговой токсемии снижался и практически достиг значения группы контроля в период течения ожоговой септикотоксемии.

Выводы. Миоглобин может рассматриваться как ранний биомаркёр острого повреждения почек у больных с термическими ожогами кожи.

Ключевые слова: термические ожоги; острое повреждение почек; гемоглобин; миоглобин.

Для цитирования: Коновалова А.А., Цепелев В.Л. Миоглобин в патогенезе острого повреждения почек при термических ожогах кожи. *Патогенез*. 2025; 23(1): 49–54

DOI: 10.25557/2310-0435.2025.01.49-54

Для корреспонденции: Коновалова Алина Анатольевна, e-mail: kuzmina-aa@mail.ru

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО Читинская государственная медицинская академия Минздрава РФ в рамках утвержденного плана НИР.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 17.11.2024.

Hemoglobin and myoglobin in the pathogenesis of acute kidney injury in thermal skin burns

Konovalova A.A., Tsepelev V.L.

Chita State Medical Academy
Gorkogo Str. 39a, Chita 672000, Russian Federation

Acute kidney injury (AKI) is a formidable complication of thermal skin burns with a large area and depth of lesion. In the first day after injury, it is difficult to diagnose the subclinical stage of acute kidney injury. In this regard, it is necessary to search for new biomarkers that can indicate the onset of renal damage. In this context, hemoproteins are of interest, which are actively involved in the development of acute kidney injury in thermal trauma. Currently, there is insufficient information about the participation of these proteins in the pathogenesis of the development of each stage of burn disease.

The purpose of this study is to evaluate the dynamics of changes in the level of hemoglobin and myoglobin in the blood serum of patients with thermal skin burns during shock, burn toxemia and septicotoxemia.

Materials and methods. The study included 74 patients with thermal skin burns of I-III degree with a skin lesion area of more than 25%, of which at least 15% are deep burns. Serum creatinine levels were determined using the kinetic Jaffe method. The concentration of myoglobin and lipocalin was studied by multiplex analysis on a flow cytofluorimeter. The hemoglobin concentration was determined using the URIT-5160 automatic hematology analyzer.

Results. It was found that the myoglobin level was 64.9 times higher during burn shock, 53.5 times higher during burn toxemia and 57.4 times higher during septicotoxemia compared to the control group. During the course of burn disease, it was noted that the hemoglobin level increased during burn shock, then decreased during burn toxemia and almost reached the value of the control group during the course of burn septicotoxemia.

Conclusions. Myoglobin can be considered as an early biomarker of acute kidney injury in patients with thermal skin burns.

Keywords: thermal burns; acute kidney injury; hemoglobin; myoglobin.

For citation: Konovalova A.A., Tsepelev V.L. [Hemoglobin and myoglobin in the pathogenesis of acute kidney injury in thermal skin burns]. *Patogenez [Pathogenesis]*. 2025; 23(1): 49–54 (in Russian)

DOI: 10.25557/2310-0435.2025.01.49-54

For correspondence: Konovalova Alina Anatol'evna, e-mail: kuzmina-aa@mail.ru

Funding. The work was carried out with the financial support of the Chita State Medical Academy of the Ministry of Health of the Russian Federation within the framework of the approved research plan.

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

Received: 17.11.2024.

Введение

В структуре травматизма термические ожоги кожи занимают одно из лидирующих мест [1]. Несмотря на совершенствование интенсивной терапии у пациентов с термическими ожогами, летальность остается на высоком уровне. У трети пациентов первоочередной причиной смерти является острое повреждение почек (ОПП) [2, 3]. Часто ОПП носит субклинический характер и подходы к диагностике по уровню креатинина, скорости клубочковой фильтрации (СКФ) и диурезу могут не в полной мере отражать степень поражения почек [4]. Концентрация креатинина начинает увеличиваться при снижении СКФ на 30–40% от исходного уровня, а гистологически – это гибель более половины нефронов почек [5]. Возраст, пол, раса, вес, рост, применения лекарственных препаратов – всё это может влиять на тенденцию изменения уровня креатинина в сыворотке крови [4, 5]. У пациентов с термическими ожогами кожи факторов изменения уровня креатинина больше в связи с гипергидратацией, проведением гормональной терапии, стадийным течением ожоговой болезни, присоединением вторичной микробной флоры и, в том числе, снижением мышечной массы [4].

В последние годы появились работы, в которых исследован миоглобин и его роль в патогенезе острого повреждения почек при краш-синдроме и воздействии высокобелковых спортивных добавок [6, 7]. При ожогах III степени поражается мышечная ткань, соответственно, чем больше площадь повреждения мышц, тем выше высвобождение миоглобина в сосудистое русло. При обширных и глубоких травмах мягких тканей также повышается концентрация гемоглобина, который высвобождается из эритроцитов во время гемолиза, что приводит к обструкции почечных канальцев. Данные факты могут вызывать развитие ОПП. Между тем, миоглобин при термической травме исследован недостаточно [4, 5]. Патогенетические механизмы острого повреждения почек в разные периоды ожоговой болезни также недостаточно изучены [3].

При этом стоит отметить, что определение уровня миоглобина может быть удобным экспресс-методом, прогнозирующим начало ОПП.

Цель исследования – оценить динамику изменения уровня гемоглобина и миоглобина в сыворотке крови больных с термическими ожогами кожи в период шока, ожоговой токсемии и септикотоксемии.

Материалы и методы исследования

Под нашим наблюдением находилось 74 пациента с тяжелыми термическими ожогами кожи I–III степени с площадью поражения кожных покровов 33 (30; 45) %,

из них не менее 15% глубокого ожога. Все пациенты были госпитализированы после получения травмы в реанимационное отделение с течением II–III степени ожогового шока, и проходили лечение в ГУЗ «Краевая клиническая больница» и ГУЗ «Городская клиническая больница №1» г. Читы в период с 2021 по 2024 гг.

Все пациенты (или их представители) были проинформированы о проведении исследования, и дали добровольные информированные согласия по форме, одобренной этическим комитетом ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Минздрава России от 10.11.2021 г.

Критерии исключения из исследования: хронические заболевания почек, мочекаменная болезнь, сахарный диабет, онкологические заболевания, возраст старше 70 и младше 15 лет.

При сборе анамнеза у пациентов выявлено наличие ряда сопутствующих заболеваний, таких как контролируемая артериальная гипертензия (17,6% от общего числа пациентов), остеохондроз (10,8%), гастрит (9,5%), язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки (5,4%), полиноз, аллергия (8,1%), ожирение (21,7%). Возраст пациентов с термическими поражениями кожи составил 42 [21; 54] года; среди них было 47 (63,5%) мужчин и 27 (36,5%) женщин. Уровень смертности у больных составил 45,9%. Группу сравнения составили 35 здоровых людей, возраст которых 36 [28; 53] лет, в соотношении 60% (21) мужчин, 40% (14) женщин.

Определение указанных ниже параметров проводили в период ожогового шока (1–3-й сутки), ожоговой токсемии (7–10-е сутки), ожоговой септикотоксемии (18–21-е сутки) после получения термической травмы. Дополнительно в период ожогового шока уровень креатинина был измерен дважды: при поступлении и спустя 48 часов. Уровень данных показателей был измерен и у здоровых лиц однократно.

Согласно клиническим рекомендациям, проводилось исследование уровня креатинина в сыворотке крови кинетическим методом Яффе с пикриновой кислотой на аппарате AU-680. Объём суточного диуреза у пациентов определялся в дни сбора анализов. Также была оценена скорость клубочковой фильтрации (СКФ) по уровню креатинина по формуле Кокрофта-Голта.

Исследование уровня миоглобина и липокалина в сыворотке крови проводили методом мультиплексного анализа на проточном цитофлуориметре CytoFlex LX (Beckman Coulter, США) с использованием наборов Human Kidney Function Panel 1 и Vascular Inflammation Panel 1 Standard Cocktail (BioLegend, США). Анализ выполняли в программе BioLegend's LEGENDplex™ data analysis software v8.0 (BioLegend, США) согласно инструкции фирмы-производителя. Концентрация ге-

моглобина была определена на автоматическом гематологическом анализаторе URIT-5160.

Статистическую обработку выполняли с помощью пакета программ «IBM SPSS Statistics Version 25.0» (International Business Machines Corporation, USA). Нормальность распределения количественных признаков оценивали с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Учитывая, что распределение признаков было отличным от нормального во всех исследуемых группах, статистическую обработку полученных данных проводили непараметрическим методом Манна-Уитни с учетом поправки Бонферрони для сравнения исследуемой группы с группой контроля. Для парного сравнения периодов ожоговой болезни между собой использовали стандартизованную оценку Z-score [8]. Для определения корреляционных связей между исследуемыми параметрами использовали коэффициент Спирмена. Силу связи между исследуемыми параметрами определяли по шкале Чеддока [9]. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Выявлено, что у больных с термическими ожогами кожи в период ожогового шока уровень диуреза, снижался до 400 [350; 512] мл ($U = 0$; $p < 0,001$), в группе контроля объём суточной мочи составил 2000 [1950; 2100] мл. В период острой ожоговой токсемии и септикотоксемии суточное количество мочи увеличивалось, хотя и не достигало значений группы здоровых людей. Так, в период ожоговой токсемии уровень диуреза составил 1450 [1200; 2000] мл, что в 1,4 раза меньше, чем в группе контроля ($U = 508$, $p_{к-2} < 0,001$). В период ожоговой септикотоксемии суточное количество мочи составило 1700 [1150; 2000] мл, что в 1,2 раза меньше, чем в группе контроля ($U = 531$, $p = 0,009$).

При поступлении в стационар у пациентов с термической травмой концентрация креатинина превышала данный показатель группы контроля в 1,3 раза ($p < 0,001$), через 48 часов отмечали увеличение концентрации креатинина в 1,8 раза ($p < 0,001$) по сравнению с группой контроля и в 1,4 раза ($p < 0,001$) по отношению к исходным данным при поступлении больных в стационар. В период ожоговой токсемии и септикотоксемии уровень креатинина снижался, по сравнению с показателем, выявленным у больных через 2–3 суток после получения травмы в период ожогового шока, на 36% и на 39% ($p < 0,001$) соответственно (табл. 1).

При расчёте скорости клубочковой фильтрации выявлено, что в первые сутки после получения термического ожога кожи у больных, данный показатель был ниже в 1,3 раза по сравнению с группой контроля ($p < 0,001$). При динамическом наблюдении СКФ на 2–3-и сутки после получения травмы снижалась в 2 раза, при сравнении с группой контроля ($p < 0,001$), а также в 1,6 раз по отношению к исходными данным, полученным в 1-е сутки после термической травмы ($p < 0,001$). При дальнейшем

наблюдении в период ожоговой токсемии и септикотоксемии уровень СКФ возрастал, но не достигал значения группы контроля (табл. 1).

Уровень липокалина в сыворотке крови у больных с термическими ожогами кожи в период шока увеличился в 5,5 раза по отношению к группе контроля ($p < 0,001$). В период ожоговой токсемии и септикотоксемии данный показатель оставался на высоком уровне и превышал контрольные значения в 4,4 и 3,6 раза соответственно (табл. 1).

Уровень гемоглобина в сыворотке крови у больных с термическими ожогами кожи в период шока увеличился в 1,1 раза по отношению к группе контроля ($p = 0,01$). В период ожоговой токсемии показатель был ниже в 1,2 раза (табл. 2).

Установлено, что уровень миоглобина в период ожогового шока был выше в 64,9 раза ($p < 0,001$), при ожоговой токсемии – в 53,5 раза ($p < 0,001$) и в период септикотоксемии – в 57,4 раза по отношению к группе контроля ($p < 0,001$) (табл. 2).

При анализе полученных данных обращает на себя внимание то, что концентрация сывороточного липокалина и уровень миоглобина во все периоды ожоговой болезни показывают прямую высокую корреляционную связь ($r_s = 0,9$; $p < 0,001$). Также отмечено, что концентрация миоглобина и уровень диуреза в периоды ожогового шока и ожоговой токсемии имеют обратную заметную связь ($r_s = -0,5$; $p < 0,001$) и ($r_s = -0,6$; $p < 0,001$) соответственно.

Обсуждение

Треть пациентов с термическими поражениями кожи имеют острое повреждение почек. В настоящее время известно, что общепринятые критерии диагностики, такие как суточный диурез и уровень креатинина в сыворотке крови могут не отражать начавшееся острое повреждение почек [5]. В современных условиях выявлены ряд новых биомаркёров, наиболее изученный из них – это липокалин. Была доказана роль липокалина, как чувствительного предиктора развития ОПП после операций на сердечно-сосудистой системе, а затем отмечено, что достоверность данного маркера и его специфичность равны 95%. После чего ассоциацией нефрологов было принято решение о возможности использования липокалина для диагностики ОПП [10].

Наши исследования показали, что у пациентов с термическими ожогами кожи увеличивается уровень липокалина в 5,5 раз в период ожогового шока, что указывает на начавшееся острое повреждение почек. В почках липокалин синтезируется в трубчатых эпителиальных клетках проксимального и дистального канальцев нефрона. При остром повреждении последнего уровень липокалина в сыворотке крови увеличивается [4].

При длительном и массивном взаимодействии термического агента с кожей и мягкими тканями идут патохимические реакции, при которых происходит мас-

Таблица 1

Уровень креатинина, скорости клубочковой фильтрации и липокалина у больных с термическими ожогами кожи

Показатель	Контроль (n = 35)	Больные с термическим ожогом кожи				Тестовая статистика	
		Ожоговый шок		Ожоговая токсемия (7-10 сутки) (n = 68)	Ожоговая септикококсемия (18-21 сутки) (n = 60)	Манна-Уитни	Z-score
		Первые сутки после травмы (n = 74)	2-3 сутки после травмы (n = 74)				
		1	1.1	2	3		
Креатинин, мкмоль/л	75 [71; 77]	96 [85; 103]	134 [124; 147]	86 [81; 90]	82 [74; 83]	U _{к-1} = 297 p _{к-1} < 0,001 U _{к-1,1} = 34 p _{к-1,1} < 0,001 U _{к-2} = 322 p _{к-2} < 0,001 U _{к-3} = 580 p _{к-3} < 0,001	Z _{1-1,1} = -7,1 p _{1-1,1} < 0,001 Z _{1-1,2} = -4,8 p _{1-1,2} < 0,001 Z ₁₋₂ = -5,7 p ₁₋₂ < 0,001 Z ₁₋₃ = -7,0 p ₁₋₃ < 0,001 Z _{1,1-2} = -7,0 p _{1,1-2} < 0,001 Z _{1,1-3} = -6,7 p _{1,1-3} < 0,001 Z ₂₋₃ = -4,6 p ₂₋₃ = 0,08
СКФ, мл/мин	103 [93; 112]	81 [67; 94]	51,5 [40; 64]	90 [75; 107]	99 [88; 115]	U _{к-1} = 426 p _{к-1} < 0,001 U _{к-1,1} = 25 p _{к-1,1} < 0,001 U _{к-2} = 742 p _{к-2} = 0,002 U _{к-3} = 922 p _{к-3} = 0,5	Z _{1-1,1} = -6,9 p _{1-1,1} < 0,001 Z _{1-1,2} = -4,6 p _{1-1,2} < 0,001 Z ₁₋₂ = -5,8 p ₁₋₂ < 0,001 Z ₁₋₃ = -7,0 p ₁₋₃ < 0,001 Z _{1,1-2} = -7,0 p _{1,1-2} < 0,001 Z _{1,1-3} = -6,6 p _{1,1-3} < 0,001 Z ₂₋₃ = -5,4 p ₂₋₃ = 0,7
Липокалин, нг/мл	136 [112; 166]	743 [529; 856]	598 [485; 835]	484 [335; 742]	U _{к-1} = 106 p _{к-1} < 0,001 U _{к-2} = 208 p _{к-2} < 0,001 U _{к-3} = 311 p _{к-3} = 0,09	Z ₁₋₂ = -2,6 p ₁₋₂ = 0,009 Z ₁₋₃ = -1,9 p ₁₋₃ = 0,06 Z ₂₋₃ = -2,1 p ₂₋₃ = 0,3	

Примечание: Критерии Манна-Уитни использовался для сравнения исследуемой группы с группой контроля; Z-score – для попарного сравнения периодов ожоговой болезни между собой.

Таблица 2

Концентрация гемоглобина и миоглобина в сыворотке крови у больных с термическими ожогами кожи

Исследуемый показатель	Контроль (n = 35)	Больные с термической травмой			Тестовая статистика	
		Ожоговый шок (1-3 сутки) (n = 70)	Ожоговая токсемия (7-10 сутки) (n = 68)	Ожоговая септико-токсемия (18-21 сутки) (n = 60)	Манна-Уитни	Z-score
Гемоглобин г/л	134 [126; 140]	160 [153; 170]	115 [97; 126]	124 [114; 149]	U _{к-1} = 35 p _{к-1} = 0,01 U _{к-2} = 586 p _{к-2} < 0,001 U _{к-3} = 856 p _{к-3} = 0,135	Z ₁₋₂ = -6,8 p ₁₋₂ < 0,001 Z ₁₋₃ = -6 p ₁₋₃ < 0,001 Z ₂₋₃ = -2,29 p ₂₋₃ = 0,02
Миоглобин мг/л	44 [35; 66]	2856 [1842; 4293]	2356 [1597; 3622]	2527 [1674; 3513]	U _{к-1} = 0 p _{к-1} < 0,001 U _{к-2} = 0 p _{к-2} < 0,001 U _{к-3} = 0 p _{к-3} < 0,001	Z ₁₋₂ = -3,1 p ₁₋₂ < 0,001 Z ₁₋₃ = -2,16 p ₁₋₃ = 0,03 Z ₂₋₃ = -0,66 p ₂₋₃ = 0,51

Примечание: Критерии Манна-Уитни использовался для сравнения исследуемой группы с группой контроля; Z-score – для попарного сравнения периодов ожоговой болезни между собой.

сивный некроз мышц, гемолиз эритроцитов, и продукты распада, такие как миоглобин и свободный гемоглобин, попадают в кровоток [11].

Миоглобин и гемоглобин относятся к группе гемопротеинов. Основное отличие миоглобина от гемоглобина заключается в том, что миоглобин имеет способность к более быстрому связыванию с кислородом, чем гемоглобин. При нормальных условиях данной конкуренции не происходит, так как основное депо миоглобина — это скелетные и сердечная мышцы, в кровеносном русле циркулирует лишь незначительная его часть, а гемоглобин находится непосредственно в кровеносном русле [12]. Миоглобин в кровеносном русле связывается с плазменным глобулином, и, если концентрация миоглобина в сыворотке крови становится выше 1,5 мг/дл, то скорость метаболизма увеличивается, связывающая способность глобулина теряется и миоглобин начинает выводиться с мочой. Если уровень миоглобина моментально увеличивается, то при попадании в канальцы почки деформированный миоглобин начинает взаимодействовать с белками Тамма-Хорсфолла, с последующим образованием миоглобиновых слепков, которые обладают прямой нефротоксичностью и закупоривают почечные клубочки [13].

Кроме того, повреждение мышц, гемолиз эритроцитов способствуют выработке активных форм кислорода, что приводит к окислению оксида железа (II) до оксида железа (III), гидроксильного радикала [14].

Наши исследования выявили кратные увеличения миоглобина в сыворотке крови, максимальные значения были достигнуты в период ожогового шока. Также мы выявили патогенетическую взаимосвязь миоглобина и липокалина во все периоды ожоговой болезни. В период ожогового шока и токсемии выявлена взаимосвязь уровня миоглобина и диуреза, в связи с чем можно считать миоглобин потенциальными биомаркером острого повреждения почек у больных с термическими ожогами кожи. Уровень гемоглобина был связан с уровнем диуреза обратной высокой связью во все периоды ожоговой болезни. В период шока и ожоговой токсемии выявлена заметная обратная связь с СКФ. Данные факты можно объяснить тем, что снижение объёма циркулирующей крови влечёт за собой изменения уровня гемоглобина и изменения объёма мочи.

По результатам проведённых исследований мы считаем, что гемоглобин не может быть маркером, который показывает ОПП, так как к возникновению анемии может также приводить нарушение выработки поврежденной почки гормона эритропоэтина. Почка повреждается намного быстрее массивным выбросом миоглобина, нежели свободным гемоглобином, но участие гемоглобина в патогенезе возникновения ОПП при термических ожогах кожи не оспаривается.

Следует отметить, что при глубоких термических ожогах кожи, когда пациент находится в критическом состоянии, классические клинические методы диагностики не всегда отражают реальную степень почечного

повреждения. Массивный рабдомиолиз, активная инфузионная терапия, малобелковая диета, анемия, гормональные лекарственные вещества существенно меняют уровень креатинина [4]. При выявлении начавшегося субклинического острого повреждения почек целесообразно определять уровень липокалина и миоглобина в сыворотке крови. Ранняя диагностика острого повреждения почек помогает своевременно корректировать лечение, что увеличивает выживаемость пациентов с обширной термической травмой кожи.

Заключение

Уровень миоглобина может служить предиктором развития острого повреждения почек во все периоды ожоговой болезни. Динамика концентрации миоглобина имеет высокую степень корреляции с общепринятыми показателями — липокалином и объёмом суточного диуреза. Имея такие данные, клиницисты получают возможность ранней диагностики, профилактики и лечения острого повреждения почек.

Авторский вклад

Коновалова А.А. — 60% (анализ литературы по теме исследования, сбор данных, написание текста научной статьи, анализ и интерпретация данных, ответственность за целостность всех частей рукописи); Цепелев В.Л. — 40% (разработка концепции и дизайна исследования, научное и техническое редактирование, окончательное утверждение для публикации).

Список литературы

1. Масляков В.В., Сидельников С.А., Барачевский Ю.Е., Куркин К.Г., Пименова А.А., Полиданов М.А., Поликарпов Д.А., Барулина М.А. Массовое одновременное поступление пострадавших в чрезвычайных ситуациях в лечебные медицинские организации: организационные проблемы и возможные пути их решения *Медицина катастроф*. 2023; 2: 51–55. DOI: 10.33266/2070-1004-2023-2-51-55
2. *Нефрология. Клинические рекомендации* / под ред. Е.М. Шиловой, А.В. Смирнова, Н.Л. Козловской. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 816 с.
3. Коваль М.Г., Сорокина Е.Ю., Ташков С.В. Нарушения функции почек в остром периоде ожоговой болезни и их прогностическое значение *Медицина неотложных состояний*. 2019; 7(102): 52–55. DOI: 10.22141/2224-0586.7.102.2019.180358
4. Khandelwal A., Satariano M., Doshi K., Aggarwal P., Avasarala V., Sood A., Bansal S., Neyra J.A., Raina R. Management and outcomes of acute kidney injury due to burns: a literature review. *J. Burn. Care Res*. 2023; 45(3): 323–337. DOI: 10.1093/jbcr/irad121
5. Малярчиков А.В., Шаповалов К.Г., Лукьянов С.А., Терешков П.П., Казанцева Л.С. Острое почечное повреждение у больных пневмониями на фоне гриппа А/Н1N1. *Acta Biomedica Scientifica*. 2021; 6(3): 53–59. DOI: 10.29413/ABS.2021-6.3.5
6. Samuel H.U., Balasubramanian T., Thirumavalavan S., Vasudevan C., Kumar R. S., Murugesan V., Abraham A. Rhabdomyolysis with myoglobin-induced acute kidney injury: A case series of four cases. *Indian J. Pathol. Microbiol*. 2021; 64(2): 382–384. DOI: 10.4103/IJPM.IJPM_89_20
7. Altaf F., Bhatt V., Venkatram S., Diaz-Fuentes G. Crushing Muscles: A Case Study on Rhabdomyolysis, Renal Failure, and Compartment Syndrome Triggered by Pre-Workout Supplement Abuse. *Cureus*. 2024; 16(4): 23–51. DOI: 10.7759/cureus.58775

8. Мудров В.А. Алгоритмы статистического анализа количественных признаков в биомедицинских исследованиях с помощью пакета программ SPSS. *Забайкальский медицинский вестник*. 2020; 1: 140–150. DOI: 10.52485/19986173_2020_1_140
9. Мудров В.А. Алгоритмы корреляционного анализа данных в биомедицинских исследованиях с помощью пакета программ SPSS. *Забайкальский медицинский вестник*. 2020; 2: 169–176. DOI: 10.52485/19986173_2020_2_169
10. Legrand M., Clark A. T., Neyra J. A., Ostermann M. Acute kidney injury in patients with burns. *Nat. Rev. Nephrol.* 2024; 20(3): 188–200. DOI: 10.1038/s41581-023-00769-y
11. Michael T., Wilson Brandon J. The peroxidatic activities of Myoglobin and Hemoglobin, their pathological consequences and possible medical interventions. *Mol. Aspects Med.* 2022; 84: 101045. DOI: 10.1016/j.mam.2021.101045
12. Pan W., Han Y., Hu H. Association between hemoglobin and chronic kidney disease progression: a secondary analysis of a prospective cohort study in Japanese patients. *BMC Nephrol.* 2022; 23(1): 295. DOI: 10.1186/s12882-022-02920-6
13. Legrand M., Clark A.T., Neyra J.A., Ostermann M. Acute kidney injury in patients with burns. *Nat Rev.* 2024; 20: 188–200. DOI: 10.1038/s41581-023-00769-y
14. Nath M., Agarwal A. New insights into the role of heme oxygenase-1 in acute kidney injury. *Kidney Res. Clin. Pract.* 2020; 39(4): 387–401. DOI: 10.23876/j.krcp.20.091
4. Khandelwal A., Satariano M., Doshi K., Aggarwal P., Avasarala V., Sood A., Bansal S., Neyra J.A., Raina R. Management and outcomes of acute kidney injury due to burns: a literature review. *J. Burn. Care Res.* 2023; 45(3): 323–337. DOI: 10.1093/jbcr/irad121
5. Malyarchikov A.V., Shapovalov K.G., Lukyanov S.A., Tereshkov P.P., Kazantseva L.S. [Acute renal injury in patients with pneumonia against the background of influenza A/H1N1]. *Acta Biomedica Scientifica.* 2021; 6(3): 53–59. DOI: 10.29413/ABS.2021-6.3.5 (in Russian)
6. Samuel H.U., Balasubramanian T., Thirumavalavan S., Vasudevan C., Kumar R. S., Murugesan V., Abraham A. Rhabdomyolysis with myoglobin-induced acute kidney injury: A case series of four cases. *Indian J. Pathol. Microbiol.* 2021; 64(2): 382–384. DOI: 10.4103/IJPM.IJPM_89_20
7. Altaf F., Bhatt V., Venkatram S., Diaz-Fuentes G. Crushing Muscles: A Case Study on Rhabdomyolysis, Renal Failure, and Compartment Syndrome Triggered by Pre-Workout Supplement Abuse. *Cureus.* 2024; 16(4): 23–51. DOI: 10.7759/cureus.58775
8. Mudrov V.A. [Algorithms for statistical analysis of quantitative features in biomedical research using the SPSS software package]. *Zabaikal'skii meditsinskii vestnik [Transbaikal Medical Bulletin]*. 2020; 1: 140–150. DOI: 10.52485/19986173_2020_1_140 (in Russian)
9. Mudrov V.A. [Algorithms for correlation analysis of data in biomedical research using the SPSS software package]. *Zabaikal'skii meditsinskii vestnik [Transbaikal Medical Bulletin]*. 2020; 2: 169–176. DOI: 10.52485/19986173_2020_2_169 (in Russian)
10. Legrand M., Clark A. T., Neyra J. A., Ostermann M. Acute kidney injury in patients with burns. *Nat. Rev. Nephrol.* 2024; 20(3): 188–200. DOI: 10.1038/s41581-023-00769-y
11. Michael T., Wilson Brandon J. The peroxidatic activities of Myoglobin and Hemoglobin, their pathological consequences and possible medical interventions. *Mol. Aspects Med.* 2022; 84: 101045. DOI: 10.1016/j.mam.2021.101045
12. Pan W., Han Y., Hu H. Association between hemoglobin and chronic kidney disease progression: a secondary analysis of a prospective cohort study in Japanese patients. *BMC Nephrol.* 2022; 23(1): 295. DOI: 10.1186/s12882-022-02920-6
13. Legrand M., Clark A.T., Neyra J.A., Ostermann M. Acute kidney injury in patients with burns. *Nat Rev.* 2024; 20: 188–200. DOI: 10.1038/s41581-023-00769-y
14. Nath M., Agarwal A. New insights into the role of heme oxygenase-1 in acute kidney injury. *Kidney Res. Clin. Pract.* 2020; 39(4): 387–401. DOI: 10.23876/j.krcp.20.091

References

1. Maslyakov V.V., Sidelnikov S.A., Barachevsky Yu.E., Kurkin K.G., Pimenova A.A., Polidanov M.A., Polikarpov D.A., Barulina M.A. [Mass simultaneous admission of victims in emergency situations to medical treatment organizations: organizational problems and possible solutions]. *Meditsina katastrof [Disaster Medicine]*. 2023; 2: 51–55. DOI: 10.33266/2070-1004-2023-2-51-55 (in Russian)
2. *Nephrology. Clinical guidelines* / ed. by E.M. Shilov, A.V. Smirnov, N.L. Kozlovskaya. Moscow: GEOTAR-Media, 2016. 816 p. in Russian)
3. Koval M.G., Sorokina E.Yu., Tatsyuk S.V. [Impaired renal function in the acute period of burn disease and its prognostic value]. *Meditsina neotlozhnykh sostoyaniy [Emergency Medicine]*. 2019; 7(102): 52–55. DOI: 10.22141/2224-0586.7.102.2019.180358 (in Russian)

Сведения об авторах:

Коновалова Алина Анатольевна — ассистент кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации; <https://orcid.org/0009-0007-2565-0359>

Целелев Виктор Львович — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой госпитальной хирургии с курсом детской хирургии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации; <https://orcid.org/0000-0002-2166-5154>