

<https://doi.org/10.25207/1608-6228-2019-26-3-81-89>

# КРИСТАЛЛОГЕННЫЕ СВОЙСТВА СЫВОРОТКИ КРОВИ КРЫС ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ТРАВМЫ

А. К. Мартусевич<sup>1,\*</sup>, Л. К. Ковалева<sup>2</sup>, А. Г. Соловьева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский медицинский исследовательский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, пл. Минина, д. 10/1, г. Нижний Новгород, 603000, Россия

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. им. Митрофана Седина, д. 4, г. Краснодар, 350063, Россия

## Аннотация

**Цель:** изучение кристаллогенного и инициаторного потенциала биосред крыс в норме и при моделировании контактного термического воздействия.

**Материалы и методы.** Для достижения поставленной цели была применена собственная модель воспроизведения контактного термического ожога, включающая воздействие раскаленной пластиной на спину животного, при этом площадь поражения составляла 20% поверхности тела (глубина ожога — IIIАБ). Данная модель термической травмы воспроизведена у 30 крыс линии Вистар. Через 24 часа после моделирования ожога у животных производился забор крови, в отношении которого осуществлялась оценка кристаллогенных и иницирующих свойств. Спектр примененных в тезиграфическом тесте веществ был стандартным: 0,45; 0,9 и 3% растворы хлорида натрия и 0,1 Н растворы соляной кислоты и гидроксида натрия. Оценку результата собственной и иницированной кристаллизации биологической жидкости производили с использованием собственной системы полуколичественных показателей.

**Результаты.** Выявлено, что в микропрепаратах высушенной сыворотки крови крыс с термической травмой имеет место существенное угнетение собственной и иницированной различными базисными веществами кристаллизации по сравнению с интактными животными. Это проявляется в значительном снижении индекса структурности фазций (в кристаллоскопическом тесте), также основного тезиграфического коэффициента и коэффициента поясности. Патологический характер наблюдаемых сдвигов кристаллогенных свойств биологической жидкости подчеркивает резкое нарастание степени деструкции кристаллических элементов образцов крыс основной группы.

**Вывод.** Проведенные исследования позволили установить, что модельная термическая травма у крыс сопровождается существенными сдвигами кристаллостаза организма животного, проявляющимися в существенном изменении кристаллогенных и иницирующих свойств сыворотки крови.

**Ключевые слова:** термическая травма, сыворотка крови, кристаллизация биокристалломика

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Мартусевич А.К., Ковалева Л.К., Соловьева А.Г. Кристаллогенные свойства сыворотки крови крыс при моделировании термической травмы. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2019; 26(3): 81–89. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2019-26-3-81-89>

Поступила 02.04.2019

Принята после доработки 26.04.2019

Опубликована 26.06.2019

# CRYSTALLOGENIC PROPERTIES OF THE BLOOD SERUM OF RATS UNDER MODELING A THERMAL INJURY

Andrey K. Martusevich<sup>1,\*</sup>, Lida K. Kovaleva<sup>2</sup>, Anna G. Solovyeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Privolzhsky Research Medical University,  
Minina sq., 10/1, Nizhny Novgorod, 603000, Russia

<sup>2</sup>Kuban State Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation,  
Mitrofana Sedina str., 4, Krasnodar, 350063, Russia

## Abstract

**Aim.** To study the crystallogenic and initiating potential of biological fluids in rats under normal conditions and when modeling a contact thermal injury.

**Material and methods.** To this end, we used our own model of contact thermal burn. This experiment involved the impact of a hot plate on the back of the animal, with the lesion area amounting to 20% of the body surface (3rd degree burn). This model of thermal injury was reproduced in 30 Wistar rats. 24 hours after the burn experiment, the animals were subjected to blood tests. Subsequently, an evaluation of the blood crystallogenic and initiating properties was performed. The range of basic substances used in teziographic tests was rather conventional and included 0.45, 0.9 and 3% sodium chloride solutions, as well as 0.1 N hydrochloric acid and sodium hydroxide solutions. The results of own and initiated crystallization of biological fluids were evaluated using the authors' system of semi-quantitative indicators.

**Results.** It is found that, in comparison with intact animals, micro-preparations of dried blood serum from rats after thermal trauma demonstrate a significant inhibition of both own crystallization and that initiated by various basic substances. This phenomenon is manifested in a significant decrease in the index of structural facies (in a crystalloscopic test), the main teziographic coefficient and the belt coefficient. The pathological nature of the observed shifts in the crystallogenic properties of biological fluids emphasizes a sharp increase in the degree of destruction demonstrated by the crystalline elements of the blood samples of rats in the main group.

**Conclusion.** The conducted research shows that a model thermal injury in rats is accompanied by significant shifts in the crystallostasis of an animal organism, which are manifested in a significant change in the crystallogenic and initiating properties of the blood serum.

**Keywords:** thermal trauma, blood serum, crystallization, biocrystallogics

**Conflict of interest:** authors declare no conflicts of interests.

**For citation:** Martusevich A.K., Kovaleva L.K., Solovyeva A.G. Crystallogenic Properties of the Blood Serum of Rats Under Modeling a Thermal Injury. *Kubanskii Nauchnyi Meditsinskii Vestnik*. 2019; 26(3): 81–89. (In Russ., English abstract). DOI: [10.25207 / 1608-6228-2019-26-3-81-89](https://doi.org/10.25207/1608-6228-2019-26-3-81-89)

Submitted 02.04.2019

Revised 26.04.2019

Published 26.06.2019

## Введение

Современная комбустиология требует наличия четких представлений о патогенетических, саногенетических и адаптивных механизмах организма, активирующихся при значимом термическом воздействии [1, 2]. Их исследование, в свою очередь, невозможно без создания максимально адекватных экспериментальных моделей ожоговой и холодовой травмы [1–3]. Важным аспектом рассматриваемой проблемы является поиск но-

вых диагностических подходов, позволяющих интегрально оценивать состояние биообъекта, в том числе животного, подвергшегося термической травме [1, 3], однако подобные тесты диагностики состояния метаболизма немногочисленны и базируются преимущественно на оценке состояния про- и антиоксидантной систем [4]. Поскольку диагностическое значение данных методов существенно ограничено, представляется целесообразным исследование информативности других методов.

Также в настоящее время широкое распространение получают биокристаллоскопические исследования, относительно которых показана ценность в диагностике патологических состояний у человека [5–9], тогда как у животных данные работы единичны [10, 11]. С другой стороны, сейчас практически отсутствуют четкие количественные сведения о характере кристаллогенеза биосред здоровых лабораторных животных, в частности, крыс. Поэтому целью данного исследования явилось изучение кристаллогенного и инициаторного потенциала биосред крыс в норме и при моделировании контактного термического воздействия.

### Материалы и методы исследования

Эксперимент выполнен на 50 крысах линии Вистар, разделенных на контрольную группу ( $n=20$ ; без манипуляций) и основную ( $n=30$ ), животным которой под комбинированным наркозом моделировали контактный термический ожог спины по собственной методике (площадь поражения составляла 20% поверхности тела (глубина ожога — IIIАБ) [12]. Через 24 часа после моделирования ожога у животных производился забор крови, в отношении которого осуществлялась оценка кристаллогенных и иницирующих свойств. Спектр примененных в тезиграфическом тесте веществ был стандартным: 0,45; 0,9 и 3% растворы хлорида натрия и 0,1 N растворы соляной кислоты и гидроксида натрия. Оценку результата собственной и иницированной кристаллизации биологической жидкости производили с использованием собственной системы полуколичественных показателей, основными среди которых являлись [3, 12]:

1) для кристаллоскопического теста — кристаллизуемость (Кр), индекс структурности (ИС), степень деструкции фации (СДФ) и выраженность краевой зоны образца (Кз);

2) для тезиграфического теста — основной тезиграфический коэффициент (Q), коэффициент поясности (P), параметры СДФ и Кз.

Содержание и уход за животными осуществлялся в соответствии со статьей 11-й Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Международные рекомендации по проведению биомедицинских исследований с использованием животных», приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 23 августа 2010 г. № 708 н «Об утверждении Правил лабораторной практики» и соблюдении норм «Европейской конвенции по защите позвоночных животных», которые используются в экспериментальных и других научных целях.

Полученные данные были обработаны статистически в программном пакете Statistica 10.0. Нормальность распределения значений параметров оценивали с использованием критерия Шапиро — Уилка. Для дальнейших расчетов использовали методы непараметрической статистики: критерий Краскела — Уоллеса с поправкой на множественность методом Бенджамини — Кригера — Иекутиели (BKУ) с ожидаемой долей ложных отклонений до 5%. Критический уровень значимости ( $p$ -value) при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05.

### Результаты и обсуждение

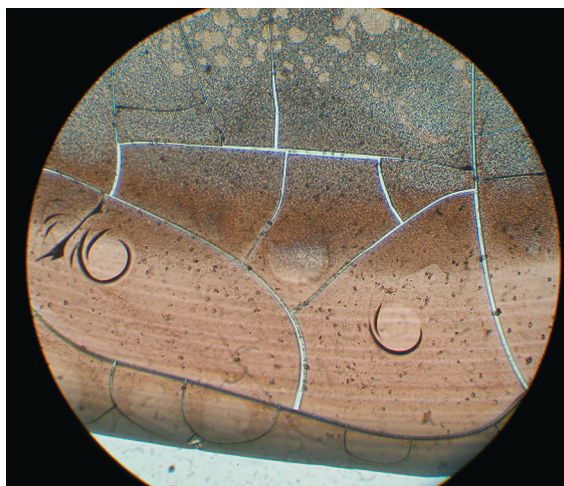
Первичное докритериальное визуальное исследование характера свободного и иницированного кристаллообразования биосубстратов позволило установить, что термическое воздействие существенно трансформирует кристаллогенез биожидкостей, а следовательно, их состав и особенности кристаллопротеома.

Пример кристаллограммы и тезиграмм сыворотки крови крыс по истечении первых суток посттермического периода представлен на рисунке 1. Очевидно, что морфологические сдвиги касаются всех фаций биосубстрата (рис. 1).

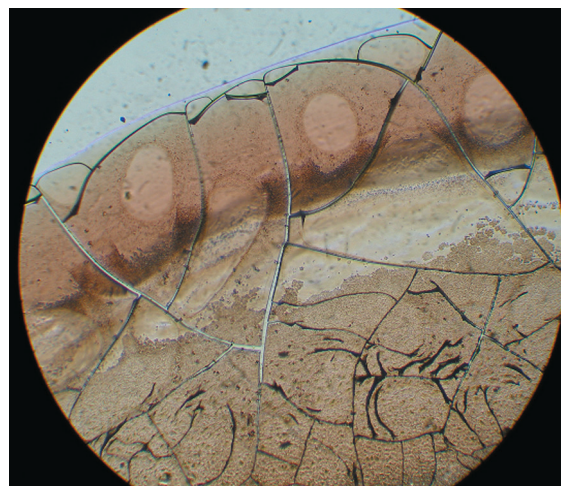
Более подробная оценка сдвигов собственного и иницированного кристаллогенеза биосубстратов возможна при критериальном визуаметрическом анализе микропрепаратов. Показано, что острый посттермический период характеризуется существенным преобразованием кристаллогенного и инициаторного потенциала сыворотки крови крыс.

Так, анализ свободного кристаллогенеза изучаемого биоматериала позволил установить, что через сутки с момента воздействия в кристаллограммах биосреды отмечается появление значимого количества одиночно-кристаллических элементов (рис. 2), что, в свою очередь, находит отражение в снижении индекса структурности и пропорциональном нарастании кристаллизуемости образца по сравнению с уровнем показателей, характерным для здоровых особей ( $p<0,05$ ). Подобные изменения кристаллогенных свойств сыворотки крови животных, в соответствии с нашей концепцией, обусловлены выраженным смещением кристаллопротеома в сторону менее структурированных компонентов (преимущественно белков и нанокристаллов), что, в свою очередь, может быть следствием ожоговой интоксикации, наступающей у животных быстрее, чем у человека.

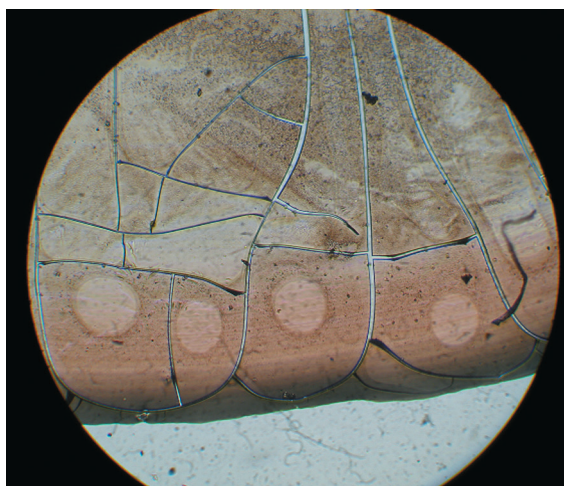
В то же время в образцах дегидратированной крови крыс опытной группы обнаруживается



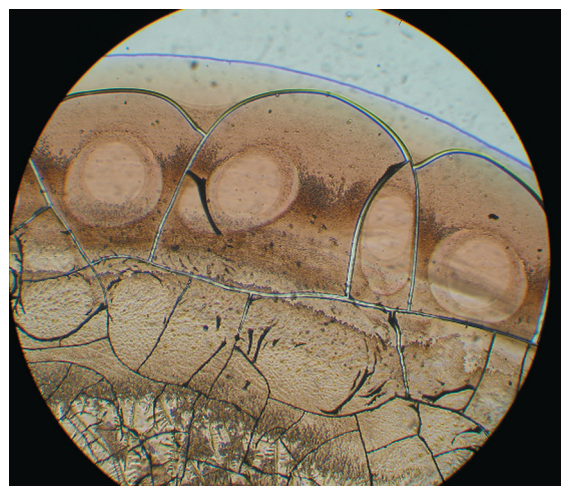
Собственная кристаллизация  
Own crystallization



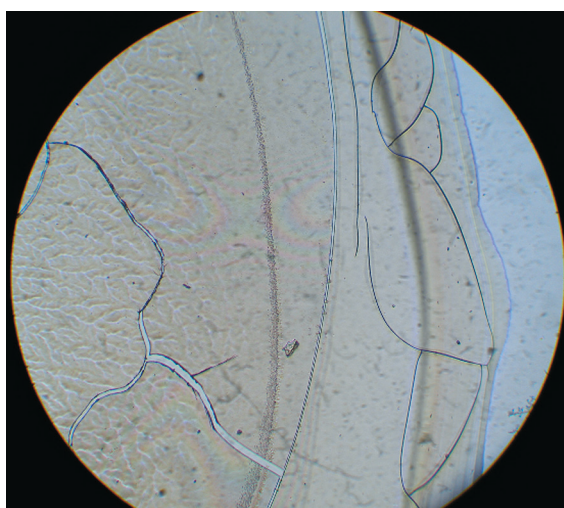
Тезиграфия с 0,45% NaCl  
Teziography with 0.45% NaCl



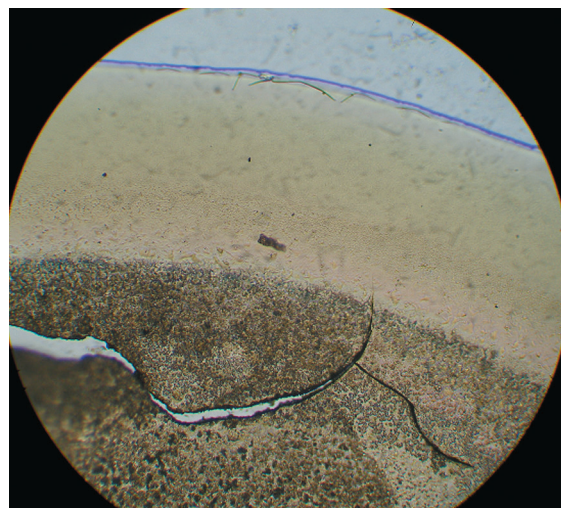
Тезиграфия с 0,9% NaCl  
Teziography with 0.9% NaCl



Тезиграфия с 3% NaCl  
Teziography with 3% NaCl



Тезиграфия с 0,1 N HCl  
Teziography with 0.1 N HCl



Тезиграфия с 0,1 N NaOH  
Teziography with 0.1 N NaOH

Рис. 1. Тезиокристаллоскопия сыворотки крови крыс с контактным ожогом (через 24 часа с момента нанесения ожога; ув.  $\times 56$ ).  
Fig. 1. Teziocrystalloscopy of blood serum in rats having experienced contact burn (24 h after the burn; magn.  $\times 56$ ).

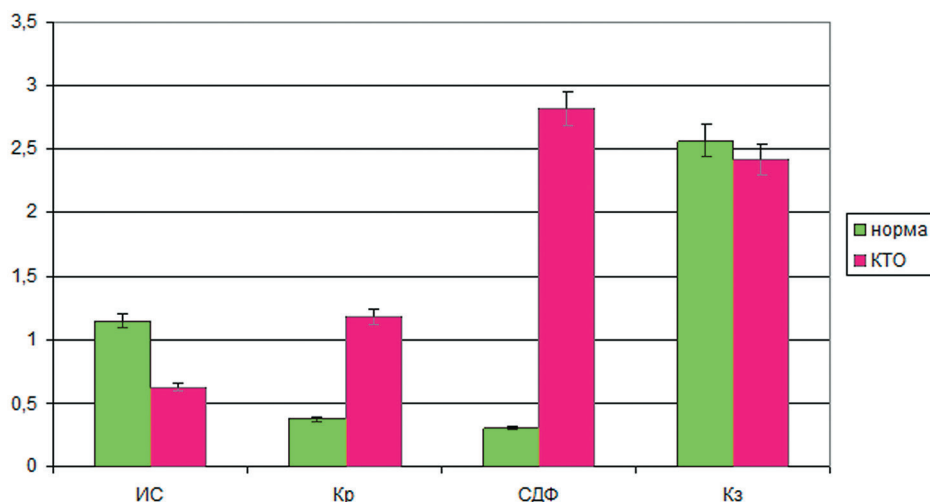


Рис. 2. Особенности собственного кристаллообразования сыворотки крови крыс в норме и при контактном ожоге.

Примечание: 1-е сутки наблюдения; \* — уровень статистической значимости различий  $p < 0,05$ .

Fig. 2. Features of own crystallization of the blood serum under normal conditions and after contact burn

Note: first day after trauma; \* — the level of statistical significance of differences  $p < 0,05$ .

крайне высокий уровень деструкции структурных элементов при неизменной ширине краевой белковой зоны, что косвенно свидетельствует о сохранности протеинового компонента биожидкости на фоне общей перестройки ее органоминерального состава, а также о патологическом характере преобразования кристаллопротеома сыворотки крови в условиях серьезной термической травмы.

Путем критериального анализа результата кристаллоскопии сыворотки крови здоровых и обожженных крыс установлено, что нанесение модельного повреждения приводит к существенному снижению индекса структурности (в 1,83 раза;  $p < 0,05$ ), ассоциированному с выраженным ростом кристаллизуетности биосреды (в 3,19 раза;  $p < 0,05$ ), что свидетельствует о модулирующем влиянии ожоговой токсемии на кристаллогенные свойства биосубстрата, проявляющемся в ингибировании дендритного роста биокристаллов. Это, с одной стороны, косвенно указывает на неорганическую природу выделяемых токсинов (в дополнительно проведенных нами исследованиях были показаны особенности модуляции кристаллогенеза биоматериала в зависимости от химической структуры вводимой токсической субстанции), а с другой стороны, верифицирует факт частичного смещения кристаллопротеома в сторону деполимеризации (преобладающими являются нанокристаллы и кристалломицеллы).

В отношении инициаторного потенциала сыворотки крови животных при контактном ожоге необходимо отметить, что при термическом по-

ражении данный показатель также претерпевает значительные трансформации (рис. 3). Так, умеренное активирующее влияние на кристаллизацию изотонического раствора хлорида натрия, наблюдающееся относительно сыворотки крови здоровых крыс, при контактном ожоге нивелируется, о чем свидетельствует практически полное сближение уровней плотности кристаллических структур в контрольном и опытном образцах тезиграфического теста. Данная тенденция имеет непосредственную статистическую значимость ( $p < 0,05$ ), а также сонаправлена с регрессивной вариацией, отмеченной для коэффициента поясности, косвенно указывающей на преобразование состава биоматериала от исходного преобладания органических компонентов к перенасыщению биосистемы неорганическими веществами, в качестве которых в данном случае выступают токсины.

Аналогичная динамика зарегистрирована и для кристалличности тезиграфического образца изучаемого биосубстрата (рис. 3). Этот параметр, являющийся тезиграфическим аналогом кристаллоскопического индекса структурности, демонстрирует степень негэнтропии дегидратированной биосистемы на основании полуколичественной оценки сложности построения элементов фации. Поэтому снижение уровня данного показателя у обожженных животных в 2,58 раза ( $p < 0,05$ ) по сравнению со значениями, характерными для здоровых животных, в совокупности с предельным нарастанием степени деструкции элементов образца, свидетельствующим

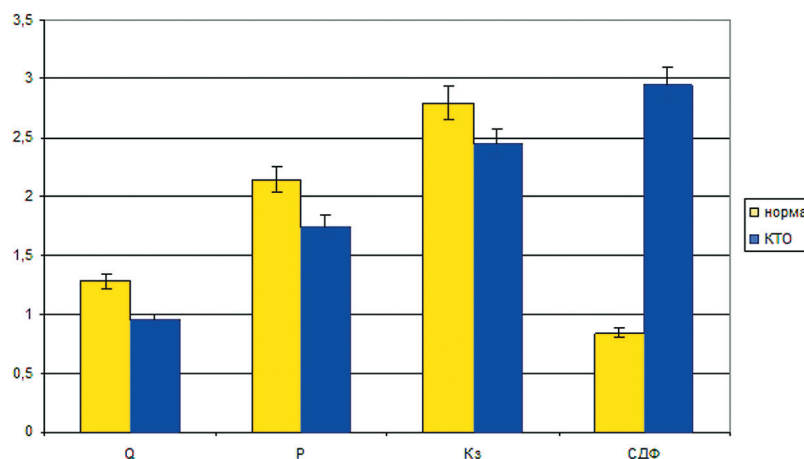


Рис. 3. Иницированный кристаллогенез сыворотки крови здоровых крыс и животных с контактным ожогом.

**Примечание:** базисное вещество — 0,9% раствор хлорида натрия; \* — уровень статистической значимости различий  $p < 0,05$ .

Fig. 3. Initiated crystallization of the blood serum in healthy rats and in those after thermal injury.

**Note:** basic substance — 0.9% sodium chloride solution; \* — the level of statistical significance of differences  $p < 0,05$ .

о крайне выраженном нарушении «правильности» кристаллогенеза сыворотки крови, дополнительно подтверждает отмеченную выше тенденцию к ингибированию дендритной кристаллизации.

Возникающая при термическом поражении гипопроотеинемия способствует незначительному уменьшению ширины краевой белковой зоны образца сыворотки крови животных опытной группы по сравнению со здоровыми крысами, но данная тенденция не достигает уровня статистической значимости ( $p > 0,05$ ) вследствие высокой вариабельности концентрации белка в субстрате в норме и особенно в постожоговом периоде. Последний аспект также способствует отсутствию значимых различий по большинству дополнительных параметров, за исключением степени равномерности распределения кристаллических и аморфных элементов по текстуре микропрепарата и четкости формирования границы фации ( $p > 0,05$ ).

Соотношение наиболее информативных критериев тизиграфии изучаемой биосреды в норме и при модельном ожоге представлено на рисунке 3.

Анализ тизиграфической картины сыворотки крови крыс в условиях физиологического (по параметрам pH и осмолярности) макроокружения позволил подчеркнуть реактивность биоматериала, визуализируемую на основании сближения основного тизиграфического коэффициента с единицей (отсутствие значимого влияния на кристаллизацию

базисного соединения), а также выраженную тенденцию к хаотизации фации (увеличение степени ее деструкции) сыворотки крови крыс опытной группы по сравнению с контрольной (в 3,51 раза;  $p < 0,05$ ).

Изучение инициаторного профиля биосубстрата позволило установить (рис. 4, табл. 1), что при нанесении контактного термического воздействия модулирующая активность сыворотки крови крыс, оцениваемая, в частности, по уровню основного тизиграфического коэффициента, в условиях произвольной модуляции макроокружения биокристаллогенеза по параметрам осмолярности и pH существенно и статистически значимо изменяется ( $p < 0,05$ ). В частности, при направленных сдвигах осмолярности исследуемой биосреды крыс с модельной термической травмой происходит дестабилизация ее инициаторного потенциала, а при отклонении уровня pH от нейтрального наблюдается гиперреактивность биосистемы, проявляющаяся в нарастании иницирующих свойств последней относительно уровня здоровых животных ( $p < 0,05$ ).

В целом, кристаллогенные и иницирующие свойства сыворотки крови крыс при модельной ожоговой травме существенно трансформируются, что указывает на четко выраженную тенденцию к деполимеризации компонентов кристаллопротеома. Подобные сдвиги могут быть объяснены химической природой формирующихся фаций с одной стороны и патофизиологическими механизмами ожоговой болезни с дру-

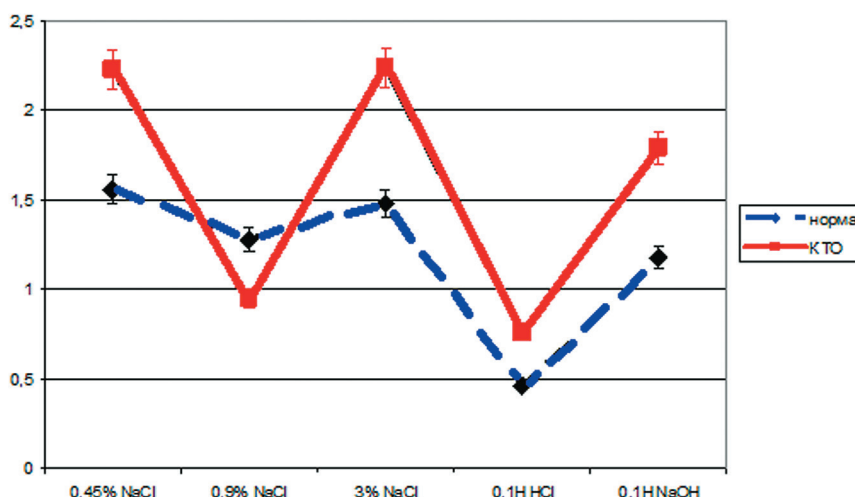


Рис. 4. Инициаторный профиль сыворотки крови здоровых крыс и животных с контактным ожогом относительно 5 базисных веществ.

Примечание: \* — уровень статистической значимости различий  $p < 0,05$ .

Fig. 4. Initiation profile of the blood serum in terms of basic substances for healthy rats and those having experienced thermal injury.

Note: \* — the level of statistical significance of differences  $p < 0,05$ .

Таблица 1. Инициаторный профиль сыворотки крови здоровых крыс и животных с контактным ожогом относительно 5 базисных веществ

Table 1. Initiation profile of the blood serum in terms of 5 basic substances for healthy rats and those having experienced thermal injury

Базисное вещество	Уровень основного тизиграфического коэффициента ( $M \pm m$ )	
	здоровые крысы — контрольная группа	крысы с ожогом — основная группа
0,45% раствор хлорида натрия	1,54 ± 0,12	2,20 ± 0,16*
0,9% раствор хлорида натрия	1,28 ± 0,10	0,95 ± 0,11*
3% раствор хлорида натрия	0,97 ± 0,09	2,23 ± 0,20*
0,1 Н раствор соляной кислоты	0,48 ± 0,11	0,81 ± 0,10*
0,1 Н раствор гидроксида натрия	1,19 ± 0,12	1,82 ± 0,15*

Примечание: \* — уровень статистической значимости различий  $p < 0,05$ .

Note: \* — the level of statistical significance of differences  $p < 0,05$ .

гой. Известно, что одними из основных звеньев патогенеза ожоговой болезни являются выброс в кровь больших количеств токсических субстанций, в большинстве своем относящихся к белкам и полипептидам, а также сопряженная с этим диспротеинемия [1, 3]. Это обстоятельство непосредственно влияет на состояние органической компоненты биологической жидкости, выступающей в качестве специфической матрицы для образующихся в процессе дегидратации органо-минеральных агрегатов [3, 6, 9, 11]. Нарушение естественной структуры последних, ассоциированное с диспротеинемией, и может рассматриваться как потенциальный механизм преобразования кристаллостаза сыворотки крови при экспериментальной термической травме. Данные явления находят максимальное отражение

в уменьшении линейных размеров формирующихся кристаллических элементов, динамике степени деструкции фаций и выраженности краевой зоны в них.

### Закключение

Таким образом, модельная термическая травма у крыс сопровождается существенными сдвигами кристаллостаза организма животного, проявляющимися в существенном изменении кристаллогенных и иницирующих свойств сыворотки крови. Патологический характер наблюдаемых сдвигов кристаллогенных свойств биологической жидкости подчеркивает резкое нарастание степени деструкции кристаллических элементов образцов крыс основной группы.

## Список литературы

1. Михин И.В., Кухтенко Ю.В. *Ожоги и отморожения*. Волгоград: Изд-во ВолГМУ; 2012. 87 с.
2. Salibian A.A., Rosario A.T.D., Severo L.A.M., et al. Current concepts on burn wound conversion—A review of recent advances in understanding the secondary progressions of burns. *Burns*. 2016; 42(5): 1025–1035. DOI: 10.1016/j.burns.2015.11.007
3. Мартусевич А.К., Перетягин С.П., Погодин И.Е. Метаболические аспекты ожогового эндотоксикоза. *Патологическая физиология и экспериментальная терапия*. 2009; 1: 30–32.
4. Перетягин С.П., Стручков А.А., Мартусевич А.К., Костина О.В., Лузан А.С. Применение озона как средства детоксикации в раннем периоде ожоговой болезни. *Скорая медицинская помощь*. 2011; 12(3): 39–43.
5. Shatokhina S.N., Aleksandrin V.V., Shatokhina I.S., et al. A Marker of Cerebral Ischemia in Solid State Structures of Blood Serum. *Bull Exp Biol Med*. 2018; 164(3): 366–370. DOI: 10.1007/s10517-018-3991-3
6. Shatokhina S.N., Aleksandrin V.V., Kubatiev A.A., Shabalin V.N. Blood serum structures integrated assessment of pathophysiological changes in experimental cerebral ischemia. *Patol. Fiziol. Eksp. Ter.* 2016; 60(4): 168–173.
7. Kokornaczyk M.O., Trebbi G., Dinelli G., et al. Droplet evaporation method as a new potential approach for highlighting the effectiveness of ultra high dilutions. *Complement Ther. Med.* 2014; 22(2): 333–440. DOI: 10.1016/j.ctim.2014.02.005
8. Kokornaczyk M.O., Baumgartner S., Betti L. Polycrystalline structures formed in evaporating droplets as a parameter to test the action of Zincum metallicum 30c in a wheat seed model. *Homeopathy*. 2016; 105(2): 173–179. DOI: 10.1016/j.homp.2015.10.002
9. Яхно Т.А. Кристаллизация хлорида натрия из высыхающих капель белково-солевых растворов с разным содержанием белка. *Журнал технической физики*. 2015; 85(11): 30–37. DOI: 10.1134/s1063784215110262
10. Супильников А.А., Шатохина С.Н., Нуждин Е.В., Девяткин А.А., Биктагирова И.Р., Шабалин В.Н., Дробышев С.В., Юхимец С.Н. Изучение закономерностей распределения химических элементов в твердофазных структурах сыворотки крови человека и экспериментальных животных по данным рентгеноспектрального микроанализа. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье*. 2016; 4(24): 84–94.
11. Kokornaczyk M.O., Dinelli G., Marotti I., et al. Self-organized crystallization patterns from evaporating droplets of common wheat grain leakages as a potential tool for quality analysis. *Scientific World Journal*. 2011; 11: 1712–1725. DOI: 10.1100/2011/937149
12. Мартусевич А.К., Соловьева А.Г., Мартусевич А.А., Перетягин П.В. Особенности функционально-метаболической адаптации организма в условиях травматического стресса. *Медицинский альманах*. 2012; 5(24): 175–178.

## References

1. Mikhin I.V., Kukhtenko Yu.V. *Ozhogi i otmorozheniya*. Volgograd: Izd-vo VolGМУ; 2012. 87 p. (In Russ.).
2. Salibian A.A., Rosario A.T.D., Severo L.A.M., et al. Current concepts on burn wound conversion—A review of recent advances in understanding the secondary progressions of burns. *Burns*. 2016; 42(5): 1025–1035. DOI: 10.1016/j.burns.2015.11.007
3. Martusevich A.K., Peretyagin S.P., Pogodin I.E. Metabolic aspects of burn endotoxigenesis pathogenesis. *Patologicheskaya Fiziologiya i eksperimental'naya Terapiya*. 2009; 1: 30–32 (In Russ., English abstract).
4. Peretyagin S. P., Struchkov A.A., Martusevich A.K., Kostina O.V., Luzan A.S. Ozone therapy use in detoxication at early period of burn disease. *Skoraya Meditsinskaya Pomoshch'*. 2011; 12(3): 39–43 (In Russ.).
5. Shatokhina S.N., Aleksandrin V.V., Shatokhina I.S., et al. A Marker of Cerebral Ischemia in Solid State Structures of Blood Serum. *Bull Exp Biol Med*. 2018; 164(3): 366–370. DOI: 10.1007/s10517-018-3991-3
6. Shatokhina S.N., Aleksandrin V.V., Kubatiev A.A., Shabalin V.N. Blood serum structures integrated assessment of pathophysiological changes in experimental cerebral ischemia. *Patol. Fiziol. Eksp. Ter.* 2016; 60(4): 168–173.
7. Kokornaczyk M.O., Trebbi G., Dinelli G., et al. Droplet evaporation method as a new potential approach for highlighting the effectiveness of ultra high dilutions. *Complement Ther. Med.* 2014; 22(2): 333–440. DOI: 10.1016/j.ctim.2014.02.005
8. Kokornaczyk M.O., Baumgartner S., Betti L. Polycrystalline structures formed in evaporating droplets as a parameter to test the action of Zincum metallicum 30c in a wheat seed model. *Homeopathy*. 2016; 105(2): 173–179. DOI: 10.1016/j.homp.2015.10.002
9. Yakhno T.A. Sodium chloride crystallization from drying drops of albumin-salt solutions with different albumin concentrations. *Technical Physics*. 2015; 60(11): 1601–1608. DOI: 10.1134/s1063784215110262
10. Supilnikov A.A., Shatohina S.N., Nuzhdin E.V., Devyatkin A.A., Biktagirova I.R., Shabalin V.N., Drobyshev S.V., Yuhimets S.N. Study of regularities of distribution of chemical elements in solid structures of human and experimental animals serum according to x-ray microanalysis. *Vestnik meditsinskogo instituta "REAVIZ": Reabilitatsiya, Vrach i Zdorov'e*. 2016; 4(24): 84–94 (In Russ., English abstract).



11. Kokornaczyk M.O., Dinelli G., Marotti I., et al. Self-organized crystallization patterns from evaporating droplets of common wheat grain leakages as a potential tool for quality analysis. *Scientific World Journal*. 2011; 11: 1712–1725. DOI: 10.1100/2011/937149
12. Martusevich A.K., Solov'eva A.G., Martusevich A.A., Peretyagin P.V. The peculiarities of functional-metabolic adaptation of the organism in case of traumatic stress. *Meditinskii Al'manakh*. 2012; 5(24): 175–178 (In Russ., English abstract).

## Сведения об авторах / Information about the authors

---

**Мартусевич Андрей Кимович\*** — доктор биологических наук, руководитель лаборатории медицинской биофизики Университетской клиники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский медицинский исследовательский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Контактная информация: e-mail: [cryst-mart@yandex.ru](mailto:cryst-mart@yandex.ru); тел.: +7 (909) 144-91-82;

Верхневолжская наб., д. 18/1, г. Нижний Новгород, 603155, Россия.

**Ковалева Лида Константиновна** — кандидат биологических наук, ассистент кафедры гистологии с эмбриологией Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Соловьева Анна Геннадьевна** — кандидат биологических наук, руководитель лаборатории экспериментальной медицины Университетской клиники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Andrey K. Martusevich\*** — Dr. Sci. (Med.), Laboratory Head, Laboratory of Medical Biophysics, University Clinic, Privolzhsky Research Medical University.

Contact information: e-mail: [cryst-mart@yandex.ru](mailto:cryst-mart@yandex.ru); +7 (909)144-91-82;

Verkhnevolzhskaya nab., 18/1, Nizhny Novgorod, 603155, Russia.

**Lida K. Kovaleva** — Cand. Sci. (Biol.), Research Assistant, Department of Histology and Embryology, Kuban State Medical University.

**Anna G. Solovyeva** — Cand. Sci. (Biol.), Laboratory Head, Laboratory of Experimental Medicine, University Clinic, Kuban State Medical University.

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author