

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СОСТОЯНИЯ ГОМЕОСТАЗА КРЫС ПО МОРФОЛОГИИ СЫВОРОТКИ КРОВИ НА ФОНЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАВМЫ ГЛАЗА И РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ЕЕ ТЕРАПИИ**

**Леонов В.В.<sup>1</sup>, Павлова О.Н.<sup>1</sup>, Гуленко О.Н.<sup>1</sup>, Москвитина П.М.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, e-mail: gulenko\_ol@mail.ru*

Морфологический анализ сыворотки крови открывает возможность для наиболее ранней диагностики патологического процесса, который возникает в организме на фоне механической травмы глаза из-за повреждений гематофтальмического барьера. Цель нашего исследования состояла в изучении динамики состояния гомеостаза крыс по морфологии сыворотки крови на фоне механической травмы глаза и различных способов ее терапии. Эксперимент был проведен на 120 беспородных самцах крыс. Животные были разделены на 4 группы по 30 крыс в каждой. Каждой крысе было нанесено проникающее ранение обоих глаз. Группа 1 не получала никакого лечения травмы глаза. Крысы группы 2 получали стандартное лечение травмы глаза, крысы группы 3 получали стандартное лечение и инъекции кверцетина внутривентриально, а крысы группы 4 получали только инъекции кверцетина. Системную организацию и маркеры патологии сыворотки крови у наблюдаемых экспериментальных животных исследовали в различные периоды проведения эксперимента методом клиновидной дегидратации. До механической травмы глаза фазы сыворотки крови крыс имели радиальную и частично радиальную структуру, что соответствовало физиологически устойчивому состоянию гомеостаза, но после нанесения механической травмы глаза у животных возникает воспалительный процесс и оксидативный стресс, морфологическими отражениями которых являются иррадиальные, циркулярные и двойные фазы, свидетельствующие о нарушении гомеостаза. Выводы: морфологическая картина сыворотки крови крыс отражает изменения взаимодействия ее различных компонентов, в частности нарушение белково-минеральных взаимодействий в результате воспалительного процесса и, как следствие, интенсификации процессов окисления. Совокупность стандартной терапии травмы глаза с инъекциями кверцетина наиболее эффективно восстанавливает гомеостаз, способствуя увеличению фаз сыворотки крови радиального и частично радиального типа и снижению количества иррадиальных, циркулярных и двойных фаз по сравнению с терапией только инъекциями кверцетина или стандартной терапией травмы глаза.

Ключевые слова: сыворотка крови, метод клиновидной дегидратации, кверцетин, фазы, механическая травма глаза.

## **STUDY OF THE DYNAMICS OF THE STATE OF HOMEOSTASIS OF RATS ON BLOOD SERUM MORPHOLOGY AGAINST THE BACKGROUND OF MECHANICAL TRAUMA OF THE EYE AND DIFFERENT METHODS OF ITS THERAPY**

**Leonov V.V.<sup>1</sup>, Pavlova O.N.<sup>1</sup>, Gulenko O.N.<sup>1</sup>, Moskvitina P.M.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>FGBOU VO "Samara State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Samara, e-mail: gulenko\_ol@mail.ru*

Morphological analysis of blood serum opens the possibility for the earliest diagnosis of the pathological process that occurs in the body against the background of mechanical trauma of the eye due to damage to the blood-ophthalmic barrier. The aim of our research was to study the dynamics of the state of homeostasis of rats according to the morphology of blood serum against the background of mechanical trauma of the eye and different methods of its therapy. The experiment was carried out on 120 mongrel male rats. The animals were divided into 4 groups of 30 rats in each group. Each rat was given a penetrating injury to both eyes. Group 1 did not receive any treatment for ocular injury. Group 2 rats received standard treatment for eye injury, group 3 rats received standard treatment and quercetin injections intraperitoneally, and group 4 rats received quercetin injections only. The systemic organization and pathology markers of blood serum in the observed experimental animals were investigated at different periods of the experiment using the wedge dehydration method. Before the mechanical trauma of the eye, the rat blood serum phases had radial and partial-radial structure, which corresponded to the physiologically stable state of homeostasis, but after the mechanical trauma of the eye the inflammatory process and oxidative stress appear in animals, morphological reflections of which are irradial, circular and double phases, indicating the disturbance of homeostasis. Conclusions: morphologic picture of rat blood serum reflects changes in the interaction of its various components, in particular, disruption of protein-mineral interactions as a result of inflammatory process, and, as a consequence, intensification of oxidation processes. The combination of standard

**therapy of eye trauma with quercetin injections most effectively restores homeostasis, contributing to an increase in serum phases of radial and partially-radial type and a decrease in the number of irradial, circular and double phases compared to therapy with quercetin injections alone or standard therapy of eye trauma.**

---

Keywords: blood serum, method of wedge dehydration, quercetin, facies, mechanical eye trauma.

Структура биологических жидкостей несет в себе большой пласт диагностической информации о состоянии различных органов и систем организма. Формирование клеточных и неклеточных структур тела человека определяется принципом самоорганизации живой материи, и важную роль в этом процессе играют гены. Координированное действие процессов самоорганизации и процессов генетической организации формирует клетку [1; 2].

На фоне патологических процессов в организме структура клетки может изменяться, но для этого необходим значительный объем патологической деформации. Это время, на которое отодвигаются возможности ранней диагностики с помощью гистологических, патологических и биохимических исследований. При этом возможность ранней диагностики при клинических исследованиях отодвигается еще на более продолжительное время, которое требуется для значительных изменений не только в отдельных клетках, но и в отдельных органах, системах и организме в целом [3; 4].

Структурные составляющие неклеточных тканей не имеют командного центра, и взаимосвязи – результат «чистой» самоорганизации, то есть внутреннего стимула молекулярных структур к специфической самосборке. А это значит, что использование метода морфологического анализа сыворотки крови позволит незамедлительно отследить даже самые начальные патологические изменения молекулярных структур без латентного периода, необходимого для изменений на клеточном, органном и системном уровнях организации живой материи [5; 6].

Следовательно, морфологический анализ сыворотки крови открывает возможность для наиболее ранней диагностики патологического процесса, который возникает в организме на фоне механической травмы глаза из-за повреждений гематоофтальмического барьера [7; 8].

Гематоофтальмический барьер – один из механизмов резистентности, служащий для защиты организма и предотвращающий нарушение гомеостаза при воздействии на организм факторов, способных нарушить это равновесие. Он отвечает за регуляцию поступления в глаз и выведение из него различных веществ, свойственных нормальному и патологическому метаболизму, а также выполняет иммунную функцию, препятствуя проникновению микроорганизмов, антител и лейкоцитов. Эндотелиальные клетки микроциркуляторного русла глаза являются основным элементом гематоофтальмического барьера, и проникновение веществ из крови в ткани и клетки глаза и обратно происходит через плотные клеточные мембраны эндотелия [9].

Механическая травма глаза нарушает целостность гематофтальмического барьера и индуцирует оксидативный стресс на фоне общего воспалительного процесса при нарушениях клеточных структур. Дополнительным фактором, усугубляющим этот процесс, является кислород, необходимый для клеточного дыхания. В организме всегда протекают окислительные процессы, индуцируемые свободными радикалами, и это необходимо для обмена веществ, дыхания, иммунных реакций, но все это уравнивается процессами восстановления благодаря эндогенным и экзогенным антиоксидантам. При воспалении происходит повышение количества свободных радикалов и процессы окисления превышают восстановительные реакции, что приводит к усиленному разрушению не только травмированных клеточных структур, но и целостных, и это нарушает нормальную жизнедеятельность всего организма [10].

В настоящее время терапия механической травмы глаза при небольших адаптированных прободных ранах роговицы или склеры включает применение местно антибактериальных препаратов в виде инстилляций глазных капель фармакологических групп аминогликозидов или фторхинолонов. При более обширных повреждениях фиброзной капсулы глаза и интраокулярных структур стандартно рекомендуется применять субконъюнктивальные инъекции антибиотиков (амикацин, гентамицин) совместно со стероидными средствами и системное внутривенное введение антибактериальных средств широкого спектра действия. Противовоспалительная терапия стандартно проводится с использованием глюкокортикостероидов (дексаметазон, метилпреднизолон) и нестероидных противовоспалительных средств (индометацин, диклофенак). И в дополнение к стандартному лечению в настоящее время предлагается проводить антиоксидантную терапию с целью компенсации оксидативного стресса, неизбежно сопровождающего механическую травму глаза, путем перорального или внутримышечного введения [9].

Таким образом, **цель** исследования состояла в изучении динамики состояния гомеостаза крыс по морфологии сыворотки крови на фоне механической травмы глаза и различных способов ее терапии.

**Материалы и методы исследования.** Эксперимент был проведен на 120 беспородных самцах крыс шестимесячного возраста, с массой от 220 до 240 г. Животные были разделены на 4 группы по 30 крыс в каждой. Каждой крысе было нанесено проникающее ранение обоих глаз. Группа 1 не получала никакого лечения травмы глаза. Крысы группы 2 получали стандартное лечение травмы глаза, крысы группы 3 получали стандартное лечение и инъекции кверцетина внутривенно, а крысы группы 4 получали только инъекции кверцетина. Подробное описание методики проведения эксперимента можно найти в ранее опубликованной работе [11].

Системную организацию и маркеры патологии сыворотки крови у наблюдаемых экспериментальных животных исследовали в различные периоды проведения эксперимента: 0, 1, 3, 5, 7 и 14-е сутки после механической травмы глаза, методом клиновидной дегидратации, разработанным С.Н. Шатохиной и В.Н. Шабалиным [12; 13].

Для получения сыворотки крови производился забор крови у крыс, которую помещали в сухую и чистую пробирку объемом 5 мл. Затем кровь центрифугировали в течение 30 минут со скоростью 1000 оборотов в минуту. Каплю сыворотки крови объемом 20 мкл наносили на предметное стекло. Капля высыхала при температуре 20-25 °С, при относительной влажности 65-70% и при минимальной подвижности окружающего воздуха. Процесс высыхания занимал 18-24 часа. После высыхания капля превращается в пленку, которая носит название фации [13]. Для анализа структурообразующих элементов высушенной капли использовался стереомикроскоп MZ-12 фирмы Leica в обычном свете, темном поле и частично и полностью поляризованном свете. Исследованию подвергались натуральные образцы высушенных капель сыворотки крови (фаций) и их фотографии, полученные при различных увеличениях в диапазоне от x25 до x160 [14].

Для интегральной оценки состояния гомеостаза у экспериментальных животных проводили сопоставление морфологической картины исходной и суточной фаций сыворотки крови [15].

Исследование выполнено в соответствии с правилами лабораторной практики в Российской Федерации: с Директивой Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 г. о защите животных, используемых для научных целей, с Федеральным законом от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 27.12.2019) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Полученный цифровой материал подвергали статистической обработке с помощью пакета программ Statistica Application 10.0.1011 путем непараметрического статистического анализа с целью установления достоверности различий в изучаемых группах с использованием критерия Манна - Уитни.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Динамика состояния гомеостаза по системной организации сыворотки крови у экспериментальных животных представлена в таблице 1. Согласно методике, выделяют 4 основных типа состояния гомеостаза:

- физиологически устойчивое – значительных различий между структурами исходной и суточной фации сыворотки крови нет, обе фации имеют гармоничное строение;

- физиологически неустойчивое – патологические изменения имеются в структуре исходной фации, но исчезают в суточной;

- патологически неустойчивое – патологические изменения отсутствуют в исходной фации, но определяются в суточной фации;

- патологическое устойчивое – структурная организация исходной и суточной фаций имеет патологические параметры.

Динамика состояния гомеостаза по системной организации сыворотки крови у экспериментальных животных приведена в таблице.

Динамика состояния гомеостаза по системной организации сыворотки крови  
у экспериментальных животных

Типы структуропостроения фации	Сутки эксперимента	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа
		Количество особей, %			
Физиологическое устойчивое	0-е сутки	73,3±2,34	76,7±2,97	70,0±2,54	73,3±2,65
		20,0±0,71	16,7±0,63	13,3±0,48	16,7±0,49
		6,7±0,22	3,3±0,11	10,0±0,37	10,0±0,35
		0	3,3±0,12	6,7±0,17	0
Физиологическое неустойчивое	1-е сутки	43,3±1,65 <sup>1</sup> p <sub>1</sub> =0,000001	53,3±1,93 <sup>1,2</sup> p <sub>1</sub> =0,000342 p <sub>2</sub> =0,000011	53,3±2,09 <sup>1,2</sup> p <sub>1</sub> =0,000251 p <sub>2</sub> =0,000001	46,7±1,78 <sup>1</sup> p <sub>1</sub> =0,000421
		30,0±1,121	23,3±0,84 <sup>1,2</sup> p <sub>1</sub> =0,000001 p <sub>2</sub> =0,004121	20,0±0,75 <sup>1,2</sup> p <sub>1</sub> =0,000001 p <sub>2</sub> =0,003331	20,0±0,88 <sup>1,2</sup> p <sub>1</sub> =0,004111 p <sub>2</sub> =0,003220
		20,0±0,86 <sup>1</sup> p <sub>1</sub> =0,015112	10,0±0,41 <sup>1,2</sup> p <sub>1</sub> =0,023621 p <sub>2</sub> =0,000001	20,0±0,93 <sup>1</sup> p <sub>1</sub> =0,021422	30,0±1,19 <sup>1,2</sup> p <sub>1</sub> =0,000001 p <sub>2</sub> =0,025114
		6,7±0,19	13,4±0,48 <sup>1,2</sup> p <sub>1</sub> =0,000271 p <sub>2</sub> =0,023111	6,7±0,21	3,3±0,11 <sup>2</sup> p <sub>2</sub> =0,000001
Патологическое неустойчивое	3-и сутки	16,7±0,55 <sup>3</sup> p <sub>3</sub> =0,004511	33,3±1,17 <sup>3,2</sup> p <sub>3</sub> =0,000001 p <sub>2</sub> =0,034170	36,7±1,28 <sup>3,2</sup> p <sub>3</sub> =0,000547 p <sub>2</sub> =0,000001	23,4±0,91 <sup>3,2</sup> p <sub>3</sub> =0,003725 p <sub>2</sub> =0,000001
		20,0±0,96 <sup>3</sup> p <sub>3</sub> =0,000001	26,7±1,01 <sup>3,2</sup> p <sub>3</sub> =0,003781 p <sub>2</sub> =0,041151	26,6±1,26 <sup>3,2</sup> p <sub>3</sub> =0,037114 p <sub>2</sub> =0,000001	20,0±0,93
		43,3±1,89 <sup>3</sup> p <sub>3</sub> =0,000396	26,7±1,16 <sup>3,2</sup> p <sub>3</sub> =0,000381 p <sub>2</sub> =0,000021	30,0±1,24 <sup>3,2</sup> p <sub>3</sub> =0,003715 p <sub>2</sub> =0,000011	33,3±1,27 <sup>3,2</sup> p <sub>3</sub> =0,003712 p <sub>2</sub> =0,000291
		20,0±0,91 <sup>3</sup> p <sub>3</sub> =0,000284	13,3±0,48 <sup>3,2</sup> p <sub>3</sub> =0,000011 p <sub>2</sub> =0,000491	6,7±0,24 <sup>2</sup> p <sub>2</sub> =0,000411	23,3±1,14 <sup>3,2</sup> p <sub>3</sub> =0,000001 p <sub>2</sub> =0,000361

Физиологическое устойчивое	5-е сутки	$3,3 \pm 0,12^4$ $p_4=0,000001$	$23,3 \pm 0,84^{4,2}$ $p_4=0,000001$ $p_2=0,000351$	$26,7 \pm 1,26^{4,2}$ $p_4=0,000463$ $p_2=0,000113$	$23,3 \pm 0,74^2$ $p_2=0,000442$
Физиологическое неустойчивое		$13,3 \pm 0,47^4$ $p_4=0,000411$	$26,7 \pm 1,04^2$ $p_2=0,000001$	$40,0 \pm 1,49^{4,2}$ $p_4=0,000001$ $p_2=0,002674$	$10,0 \pm 0,41^{4,2}$ $p_4=0,000187$ $p_2=0,000001$
Патологическое неустойчивое		$53,4 \pm 1,97^4$ $p_4=0,003712$	$33,3 \pm 1,56^{4,2}$ $p_4=0,000415$ $p_2=0,000001$	$23,3 \pm 0,86^{4,2}$ $p_4=0,000031$ $p_2=0,000275$	$43,4 \pm 1,54^{4,2}$ $p_4=0,000001$ $p_2=0,002447$
Патологическое устойчивое		$30,0 \pm 1,39^4$ $p_4=0,000415$	$16,7 \pm 0,66^{4,2}$ $p_4=0,002917$ $p_2=0,000022$	$10,0 \pm 0,39^{4,2}$ $p_4=0,000333$ $p_2=0,000014$	$23,3 \pm 0,93^2$ $p_2=0,000001$
Физиологическое устойчивое	7-е сутки	0	$10,0 \pm 0,41^{5,2}$ $p_5=0,000001$ $p_2=0,000381$	$20,0 \pm 0,75^{5,2}$ $p_5=0,000032$ $p_2=0,000455$	$10,0 \pm 0,35^{5,2}$ $p_5=0,000266$ $p_2=0,000014$
Физиологическое неустойчивое		$10,0 \pm 0,48^5$ $p_5=0,000001$	$23,3 \pm 0,97^{5,2}$ $p_5=0,000291$ $p_2=0,000001$	$26,7 \pm 1,04^{5,2}$ $p_5=0,000001$ $p_2=0,000001$	$3,3 \pm 0,13^{5,2}$ $p_5=0,000024$ $p_2=0,000173$
Патологическое неустойчивое		$46,7 \pm 1,82^5$ $p_5=0,000251$	$40,0 \pm 1,48^{5,2}$ $p_5=0,000251$ $p_2=0,000047$	$36,7 \pm 1,39^{5,2}$ $p_5=0,000146$ $p_2=0,000001$	$53,3 \pm 2,07^{5,2}$ $p_5=0,000183$ $p_2=0,000022$
Патологическое устойчивое		$43,3 \pm 1,69^5$ $p_5=0,000391$	$26,7 \pm 1,19^{5,2}$ $p_5=0,000013$ $p_2=0,000379$	$16,6 \pm 0,63^{5,2}$ $p_5=0,000417$ $p_2=0,000001$	$33,4 \pm 1,29^{5,2}$ $p_5=0,000439$ $p_2=0,000133$
Физиологическое устойчивое	14-е сутки	0	$26,7 \pm 1,06^{6,2}$ $p_6=0,000328$ $p_2=0,000001$	$40,0 \pm 1,59^{6,2}$ $p_6=0,003222$ $p_2=0,000011$	$20,0 \pm 0,79^{6,2}$ $p_6=0,004121$ $p_2=0,000001$
Физиологическое неустойчивое		0	$36,6 \pm 1,42^{6,2}$ $p_6=0,000159$ $p_2=0,000024$	$50,0 \pm 1,78^{6,2}$ $p_6=0,000012$ $p_2=0,000322$	$33,3 \pm 1,17^{6,2}$ $p_6=0,000001$ $p_2=0,004337$
Патологическое неустойчивое		$43,3 \pm 1,79$	$30,0 \pm 1,17^{6,2}$ $p_6=0,002147$ $p_2=0,000385$	$6,7 \pm 0,29^{6,2}$ $p_6=0,000418$ $p_2=0,000367$	$30,0 \pm 1,26^{6,2}$ $p_6=0,000371$ $p_2=0,000081$
Патологическое устойчивое		$56,7 \pm 1,98^6$ $p_6=0,000022$	$6,7 \pm 0,26^{6,2}$ $p_6=0,000001$ $p_2=0,000034$	$3,3 \pm 0,11^{6,2}$ $p_6=0,000001$ $p_2=0,000461$	$16,7 \pm 0,64^{6,2}$ $p_6=0,000001$ $p_2=0,000497$

Примечание. В таблице различия достоверны при  $P < 0,05$ : 1 – по сравнению с показателями этой же группы на 0-е сутки опыта; 2 – по сравнению с показателями 1-й группы в указанные сутки опыта; 3 - по сравнению с показателями этой же группы на 1-е сутки опыта; 4 - по сравнению с показателями этой же группы на 3-и сутки опыта; 5 - по сравнению с показателями этой же группы на 5-е сутки опыта; 6 - по сравнению с показателями этой же группы на 7-е сутки опыта.

До механической травмы глаза животные всех экспериментальных групп в основном характеризовались физиологически устойчивым состоянием согласно системной организации сыворотки крови. Животные в физиологически неустойчивом состоянии гомеостаза зафиксированы в небольшом количестве в каждой группе, разброс данных составлял от 13,3 до 20,0%, а патологически неустойчивым состоянием характеризовались от 3,3 до 10,0% крыс. Также только среди крыс 2-й и 3-й групп у незначительного количества животных было зафиксировано патологически устойчивое состояние (3,3–6,7% животных).

На 1-е сутки после механической травмы глаза установлено изменение системной организации сыворотки крови в сторону увеличения животных с патологическим и физиологически неустойчивым состоянием. Так, среди животных 1-й группы на 1-е сутки опыта крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 40,9% от значения на 0-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии стало больше на 50,0%, в патологически неустойчивом состоянии – больше на 198,5%, и появились животные, которые характеризовались патологически устойчивым состоянием (6,7%). Среди животных 2-й группы на 1-е сутки было зафиксировано, что крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 30,5% от значения на 0-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии стало больше на 39,5%, в патологически неустойчивом состоянии – больше на 203,0%, а животных в патологически устойчивом состоянии стало больше на 306,1% по сравнению с нулевыми сутками. Среди животных 3-й группы на 1-е сутки было зафиксировано, что крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 23,9% от значения на 0-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии стало больше на 50,4%, в патологически неустойчивом состоянии – больше на 50,0%, а количество животных в патологически устойчивом состоянии было, как и в нулевые сутки, 6,7%. Среди животных 4-й группы на 1-е сутки опыта крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 36,3% от значения на 0-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии стало больше на 19,8%, в патологически неустойчивом состоянии – больше на 200,0%, и появились животные, которые характеризовались патологически устойчивым состоянием (3,3%).

Стоит отметить, что крыс в физиологически устойчивом состоянии на 1-е сутки опыта в группах с терапией различными способами травмы глаза было больше по сравнению с животными 1-й группы, в частности в группах 2 и 3 больше на 23,1%, а в группе 4 – больше на 7,9%. При этом животных в физиологически неустойчивом состоянии на 1-е сутки опыта во 2-й группе было меньше на 22,3%, в группах 3 и 4 – меньше на 33,3% по сравнению с животными без терапии механической травмы глаза. Животных в патологически неустойчивом состоянии на 1-е сутки опыта во 2-й группе было меньше на 50%, в 4-й группе – больше на 50%, чем в первой, а в третьей группе совпадало с показателями крыс без терапии травмы глаза. Животных в патологически устойчивом состоянии на 1-е сутки опыта во 2-й группе было больше на 100%, в 4-й группе – меньше на 50,7%, чем в первой, а в третьей группе совпадало с показателями крыс без терапии травмы глаза.

На 3-и сутки после механической травмы глаза среди животных 1-й группы крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 61,4% от значения на 1-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии – меньше на 33,3%, а в патологически

неустойчивом состоянии – больше на 116,5%, и крыс в патологически устойчивом состоянии – больше на 198,5% по сравнению с первыми сутками опыта. Среди животных 2-й группы на 3-и сутки было зафиксировано, что крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 37,5% от значения на 1-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии стало больше на 14,6%, в патологически неустойчивом состоянии – больше на 167,0%, а количество животных в патологически устойчивом состоянии осталось прежним по сравнению с первыми сутками. Среди животных 3-й группы на 3-и сутки было зафиксировано, что крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 31,1% от значения на 1-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии стало больше на 33,0%, в патологически неустойчивом состоянии – больше на 50,0%, а количество животных в патологически устойчивом состоянии было таким же, как и на третьи сутки эксперимента. Среди животных 4-й группы на 3-и сутки опыта крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 49,9% от значения на 1-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии – осталось прежним, в патологически неустойчивом состоянии – больше на 11,0%, а в патологически устойчивом состоянии – больше на 606,1% по сравнению с 1-ми сутками эксперимента.

Крыс в физиологически устойчивом состоянии на 3-и сутки опыта в группах с терапией различными способами травмы глаза было больше по сравнению с животными 1-й группы, в частности во 2-й группе больше на 99,4%, в 3-й группе – больше на 119,8%, а в 4-й группе – больше на 40,1%. При этом животных в физиологически неустойчивом состоянии гомеостаза во 2-й группе было больше на 33,5%, в 3-й группе – больше на 33,0%, чем в 1-й группе, а в 4-й группе совпадало с показателями животных без терапии механической травмы глаза. Животных в патологически неустойчивом состоянии на 3-и сутки опыта во 2-й группе было меньше на 38,3%, в 3-й группе – меньше на 30,7%, а в 4-й группе – меньше на 23,1% по сравнению с крысами 1-й группы. Животных в патологически устойчивом состоянии на 3-и сутки опыта во 2-й группе было меньше на 33,5%, в 3-й группе – меньше на 66,5%, а в 4-й группе – больше на 16,5%, чем в первой группе.

На 5-е сутки после механической травмы глаза среди животных 1-й группы крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 80,2% от значения на 3-и сутки; в физиологически неустойчивом состоянии – меньше на 33,5%, а в патологически неустойчивом состоянии – больше на 23,3%, и крыс в патологически устойчивом состоянии – больше на 50,0% по сравнению с третьими сутками опыта. Среди животных 2-й группы на 5-е сутки было зафиксировано, что крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 30,0% от значения на 3-и сутки; в физиологически неустойчивом состоянии – осталось прежним, в патологически неустойчивом состоянии – больше на 24,7%, а



количество животных в патологически устойчивом состоянии увеличилось на 25,5% по сравнению с третьими сутками опыта. Среди животных 3-й группы на 5-е сутки было зафиксировано, что крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 27,2% от значения на 3-и сутки; в физиологически неустойчивом состоянии стало больше на 50,4%, в патологически неустойчивом состоянии – меньше на 22,3%, а количество животных в патологически устойчивом состоянии увеличилось на 49,3% по сравнению с 3-ми сутками эксперимента. Среди животных 4-й группы на 5-е сутки опыта количество крыс в физиологически устойчивом и патологически устойчивом состояниях гомеостаза осталось прежним по сравнению с 3-ми сутками эксперимента, в физиологически неустойчивом состоянии – стало меньше на 50,0%, а в патологически неустойчивом состоянии – больше на 30,3% по сравнению с 3-ми сутками эксперимента.

Таким образом, крыс в физиологически устойчивом состоянии на 5-е сутки опыта в группах с терапией различными способами травмы глаза было больше по сравнению с животными 1-й группы, в частности во 2-й и 4-й группах больше на 606,1%, а в 3-й группе – больше на 709,1%. При этом животных в физиологически неустойчивом состоянии гомеостаза во 2-й группе было больше на 100,8%, в 3-й группе – больше на 200,8%, а в 4-й группе – меньше на 24,8% по сравнению с показателями животных без терапии механической травмы глаза. Животных в патологически неустойчивом состоянии на 5-е сутки опыта во 2-й группе было меньше на 37,6%, в 3-й группе – меньше на 56,4%, а в 4-й группе – меньше на 18,7% по сравнению с крысами 1-й группы. Животных в патологически устойчивом состоянии на 5-е сутки опыта во 2-й группе было меньше на 44,3%, в 3-й группе – меньше на 66,7%, а в 4-й группе – меньше на 22,3%, чем в первой группе.

На 7-е сутки после механической травмы глаза среди животных 1-й группы крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза не наблюдалось; в физиологически неустойчивом состоянии из было меньше на 24,8% по сравнению с 5-ми сутками опыта, в патологически неустойчивом состоянии также было меньше на 12,5%, а крыс в патологически устойчивом состоянии стало больше на 44,3% по сравнению с пятыми сутками опыта. Среди животных 2-й группы на 7-е сутки было зафиксировано, что крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 57,1% от значения на 5-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии – стало меньше на 12,7%, в патологически неустойчивом состоянии – больше на 20,1%, а количество животных в патологически устойчивом состоянии увеличилось на 59,9% по сравнению с пятыми сутками опыта. Среди животных 3-й группы на 7-е сутки было зафиксировано, что крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 25,1% от значения на 5-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии стало меньше на 33,3%, в патологически

неустойчивом состоянии – больше на 57,5%, а количество животных в патологически устойчивом состоянии увеличилось на 66,0% по сравнению с 5-ми сутками эксперимента. Среди животных 4-й группы на 7-е сутки опыта крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало меньше на 57,1% от значения на 5-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии стало меньше на 67,0%, в патологически неустойчивом состоянии – больше на 22,8%, а количество животных в патологически устойчивом состоянии увеличилось на 43,3% по сравнению с 5-ми сутками эксперимента.

Таким образом, крыс в физиологически устойчивом состоянии на 7-е сутки опыта в группах с терапией различными способами травмы глаза было больше по сравнению с животными 1-й группы, в частности во 2-й и 4-й группах больше на 10,0%, а в 3-й группе – больше на 20,0%. При этом животных в физиологически неустойчивом состоянии гомеостаза во 2-й группе было больше на 133,0%, в 3-й группе – больше на 167,0%, а в 4-й группе – меньше на 67,0% по сравнению с показателями животных без терапии механической травмы глаза. Животных в патологически неустойчивом состоянии на 7-е сутки опыта во 2-й группе было меньше на 14,3%, в 3-й группе – меньше на 21,4%, а в 4-й группе – больше на 14,1% по сравнению с крысами 1-й группы. Животных в патологически устойчивом состоянии на 7-е сутки опыта во 2-й группе было меньше на 38,3%, в 3-й группе – меньше на 61,7%, а в 4-й группе – меньше на 22,9%, чем в первой группе.

На 14-е сутки после механической травмы глаза среди животных 1 группы крыс в физиологически устойчивом и неустойчивом состояниях гомеостаза не наблюдалось; в патологически неустойчивом состоянии животных также было меньше на 7,3%, а крыс в патологически устойчивом состоянии стало больше на 30,9% по сравнению с седьмыми сутками опыта. Среди животных 2-й группы на 14-е сутки было зафиксировано, что крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало больше на 167,0% от значения на 7-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии – стало больше на 57,1%, в патологически неустойчивом состоянии – меньше на 25,0%, а количество животных в патологически устойчивом состоянии уменьшилось на 74,9% по сравнению с седьмыми сутками опыта. Среди животных 3-й группы на 14-е сутки было зафиксировано, что крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало больше на 100% от значения на 7-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии стало больше на 82,3%, в патологически неустойчивом состоянии – меньше на 81,7%, а количество животных в патологически устойчивом состоянии уменьшилось на 80,1% по сравнению с 7-ми сутками эксперимента. Среди животных 4-й группы на 14-е сутки опыта крыс в физиологически устойчивом состоянии гомеостаза стало больше на 100,0% от значения на 7-е сутки; в физиологически неустойчивом состоянии стало больше на 909,1%, в патологически неустойчивом состоянии –

меньше на 43,7%, а количество животных в патологически устойчивом состоянии уменьшилось на 50,0% по сравнению с 7-ми сутками эксперимента.

Таким образом, крыс в физиологически устойчивом состоянии на 14-е сутки опыта в группах с терапией различными способами травмы глаза было больше по сравнению с животными 1-й группы, в частности во 2-й группе на 26,7%, в 3-й группе – на 40,0%, а в 4-й группе больше на 20,0%. При этом животных в физиологически неустойчивом состоянии гомеостаза во 2-й группе было больше на 36,6%, в 3-й группе – больше на 50,0%, а в 4-й группе – больше на 33,3% по сравнению с показателями животных без терапии механической травмы глаза. Животных в патологически неустойчивом состоянии на 14-е сутки опыта во 2-й группе было меньше на 30,7%, в 3-й группе – меньше на 84,5%, а в 4-й группе – меньше на 30,7% по сравнению с крысами 1-й группы. Животных в патологически устойчивом состоянии на 14-е сутки опыта во 2-й группе было меньше на 88,2%, в 3-й группе – меньше на 94,2%, а в 4-й группе – меньше на 70,5%, чем в первой группе.

До начала эксперимента у крыс преобладало физиологически устойчивое состояние и фации характеризовались следующим образом: основные трещины имели радиальную симметрию, а по периферии фации они соединялись между собой аркадными трещинами, а в центре их концы вливались друг в друга, также встречались фации частично радиального типа. Начиная с первых суток опыта, после нанесения механической травмы глаза у животных возникает воспалительный процесс и оксидативный стресс, морфологическими отражениями которых являются сбой процессов самоорганизации сыворотки крови при ее дегидратации, проявляющиеся возникновением иррадиальных, циркулярных и двойных фаций. Различные виды терапии способствуют восстановлению нарушенного гомеостаза и преобладанию радиальных и частично радиальных фаций у животных. Наиболее эффективно в отношении восстановления гомеостаза работает комплексная терапия травмы глаза с добавлением инъекций кверцетина.

Полученные результаты согласуются с данными литературы [1; 2] о том, что методом клиновидной дегидратации сыворотки крови можно установить морфологические маркеры, отражающие физиологическое состояние организма, и выявить самые начальные патологические изменения молекулярных структур [5; 8]. Исследования морфологии сыворотки крови крыс в эксперименте дают понимание динамики гомеостаза при механической травме глаза и различных способах ее коррекции и позволяют определить степень активности патологического процесса, выявить осложнения, прогнозировать риски дальнейшего развития патологии и контролировать результаты проводимой терапии [12; 13; 15].

## **Выводы**

Морфологическая картина сыворотки крови крыс отражает изменения взаимодействия ее различных компонентов, в частности нарушение белково-минеральных взаимодействий в результате воспалительного процесса, и, как следствие, интенсификации процессов окисления. Совокупность стандартной терапии травмы глаза с инъекциями кверцетина наиболее эффективно восстанавливает гомеостаз, способствуя увеличению фаций сыворотки крови радиального и частично радиального типа и снижению количества иррадиальных, циркулярных и двойных фаций по сравнению с терапией только инъекциями кверцетина или стандартной терапией травмы глаза.

### Список литературы

1. Захарова Г.П., Шабалин В.В., Донская О.С. Современные подходы к морфологическому исследованию биологических жидкостей // Российская оториноларингология. 2017. № 1 (86). С. 121-134.
2. Казакова Ю.М., Савостикова О.С. Диагностические возможности исследования кристаллической структуры биологических жидкостей при различных патологических состояниях организма // Медицинские новости. 2023. № 2. С. 21-24.
3. Фефилова М.А., Томарева Е.И., Евдокимова Д.В. Возможности кристаллографических методов в исследовании патологии человека (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. 2017. № 4. С. 198-208.
4. Борисова О.Н., Беляева Е.А., Митюшкина О.А. Фрактальные подходы к тезиографическим исследованиям (краткий обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. № 2. DOI: 10.12737/11946.
5. Зайцева О.Е., Шварев Г.Е. Биохимические и структурные маркеры биологических жидкостей больных опухолями яичников // Новая наука: теоретический и практический взгляд. 2016. № 11-2. С. 18-22.
6. Павлова О.Н., Гуленко О.Н., Коровина Е.С., Зайцев В.В. Интегральная оценка окислительно-восстановительных процессов в тканях печени крыс на фоне механической травмы глаза // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье. 2021. № 5 (53). С. 51-58.
7. Андюшкин А.И., Сапожников С.П., Карпунина А.В. Кристаллография биологических жидкостей (обзор литературы) // Вестник Чувашского Университета. 2013. № 3. С. 355-359.
8. Шабалин В.В., Шатохина С.Н. Реакция сыворотки крови на воздействие низкоинтенсивного лазерного излучения по структуре ее твердой фазы // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2016. Т. 161. № 6. С. 803-806.

9. Морозов В.И. Гематофтальмический барьер: структурно-функциональные особенности // Российский офтальмологический журнал. 2017. № 10 (4). С. 68–72.
10. Павлова О.Н., Гуленко О.Н., Каримова Р.Г., Гондарева Л.Н., Девяткин А.А., Борискин П.В., Тороповский А.Н., Леонов В.В. Исследование динамики активности каталазы в сердце и мышечной ткани крыс при механическом воздействии на гематофтальмический барьер // Генетика и разведение животных. 2020. № 3. С. 106-113.
11. Девяткин А.А., Борискин П.В., Гуленко О.Н., Каримова Р.Г., Леонов В.В., Павлова О.Н., Тороповский А.Н. Корреляция концентраций ферментов системы ПОЛ-АО в сыворотке крови и тканях печени крыс // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 7-2 (97). С. 15-20.
12. Захарова Г.П., Шабалин В.В., Донская О.С. Функциональная морфология как основа системного подхода к исследованию биологических жидкостей // РМЖ. 2017. № 6. С. 430-434.
13. Шатохина С.Н., Шабалин В.Н. Атлас структур неклочных тканей человека в норме и патологии. М.: Тверь: Триада, 2013. Т. 2. 238 с.
14. Разумова С.Н. Диагностические и прогностические критерии стоматологической патологии по морфологической картине ротовой жидкости у пациентов различных возрастных групп: дис. ... докт. мед. наук. Москва, 2007. 155 с.
15. Сувильников 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). С. 84-94.