

<https://doi.org/10.57256/2949-0715-2025-4-2-64-70>



ПОРАЖЕНИЕ НАДПОЧЕЧНИКОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СУИЦИДАЛЬНЫХ ОТРАВЛЕНИЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Изатулин В.Г., Макарова О.А., Акудович Н.В., Шашкова О.Н.

Иркутский государственный медицинский университет, 664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Особое место среди химических отравлений занимают суицидальные отравления, которые совершаются на фоне предшествующей психотравмирующей ситуации. До настоящего времени не выяснено, как стрессовые состояния влияют на характер острого отравления, и каким образом реагируют на химическую агрессию надпочечники. Отсутствуют исследования, посвящённые изучению морфофункциональных изменений надпочечников при суицидах, вызванных различными химическими веществами. Понимание механизмов токсического воздействия может иметь значительные клинические и экспериментальные последствия для понимания адаптационных процессов в организме.

Цель работы. Изучить изменение структуры надпочечников крыс при моделировании суицидальных отравлений в эксперименте.

Материалы и методы. Эксперимент выполнен на 135 беспородных крысах-самцах. Отравление уксусной кислотой моделировали на двух группах животных: 1-я – предварительно подвергалась острому (6-часовому) стрессу; 2-я – хроническому (14-суточному) стрессу. В качестве токсиканта использовали 30%-й раствор уксусной кислоты, вводимый однократно в количестве 0,5 мл. Сроки наблюдения составляли от 1 до 15 суток. Уровень стресса и морфофункциональное состояние надпочечников определяли по содержанию кортикостерона, пролактина, гидроперекисей, липидов. Определяли вес железы, ширину, степень поражения и изменение структуры коркового вещества. Статистическая значимость различий между изучаемыми группами оценена с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни.

Результаты. Преморбидное состояние существенно изменило реакцию надпочечников на химическую агрессию. Острый стресс обуславливает увеличение массы надпочечников, понижает в кортикоцитах запасы пластического материала. Одновременно отмечается повышение содержания кортикостерона и пролактина в плазме крови. При отравлении уксусной кислотой после 14-суточного стресса наблюдается выраженное поражение коры надпочечников.

Выводы. Глубина поражения надпочечников при суицидальных отравлениях напрямую ассоциируется с преморбидным стрессовым состоянием. Наибольшие структурные изменения в коре надпочечников отмечаются при сочетании отравления с хроническим преморбидным стрессом. Острый преморбидный стресс, предшествующий суицидальному отравлению, способствует повышению резистентности организма к токсиканту.

Ключевые слова: суицид, отравление уксусной кислотой, поражение надпочечников

Для цитирования: Изатулин В.Г., Макарова О.А., Акудович Н.В., Шашкова О.Н. Поражение надпочечников при моделировании суицидальных отравлений в эксперименте. *Байкальский медицинский журнал*. 2025; 4(2): 64-70. <https://doi.org/10.57256/2949-0715-2025-4-2-64-70>

DAMAGE TO THE ADRENAL GLANDS IN THE SIMULATION OF SUICIDE POISONING IN EXPERIMENT

Vladimir G. Izatulin, Olga A. Makarova, Natalya V. Akudovich, Olga N. Shashkova

Irkutsk State Medical University, 664003, Irkutsk, Krasnogo Vosstaniya str., 1, Russian Federation

ABSTRACT

Background. Suicidal poisonings occupy a special place among chemical poisonings, which occurs against the background of a previous psychotraumatic situation. To date, it has not been clarified how stress conditions affect the nature of acute poisoning, and how the adrenal glands react to chemical aggression. There are no studies devoted to the study of morphofunctional changes of the adrenal glands in suicides caused by various chemicals. Understanding the mechanisms of toxic effects can have significant clinical and experimental implications for understanding adaptive processes in the body.

The aim of the work. To study changes in the structure of the adrenal glands of rats during experimental modeling of suicidal poisoning.

Materials and methods. The experiment was performed on 135 outbred male rats. Acetic acid poisoning was modeled on two groups of animals. Group 1 was previously subjected to acute (6-hour) stress, Group 2 – to chronic (14-day) stress. A 30 % solution of acetic acid was used as a toxicant, which was administered once in an amount of 0.5 mL. The observation period ranged from 1 to 15 days. The stress level and morphofunctional state of the adrenal glands were determined by the content of corticosterone, prolactin, hydroperoxides and lipids. The weight of the gland, the width of the cortical substance and its zones, the degree of damage and the change in the structure of the cortical substance were determined. The statistical significance of the differences between the studied groups was assessed using the nonparametric Mann – Whitney test.

Results. The premorbid state significantly changed the adrenal glands response to chemical aggression. Acute stress causes an increase in the adrenal glands mass; it lowers the reserves of plastic material in corticocytes. At the same time, there is an increase in the content of corticosterone and prolactin in blood plasma. Acetic acid poisoning after 14 days of stress causes severe damage to the adrenal cortex.

Conclusion. The depth of damage to the adrenal glands in suicidal poisoning is directly associated with premorbid stress. The greatest structural changes in the adrenal cortex are observed when poisoning is combined with chronic premorbid stress. Acute premorbid stress preceding suicidal poisoning increases the body's resistance to the toxicant.

Key words: *suicide, acetic acid poisoning, adrenal damage*

For citation: Izatulin V.G., Makarova O.A., Akudovich N.V., Shashkova O.N. Damage to the adrenal glands in the simulation of suicide poisoning in experiment. *Baikal Medical Journal*. 2025; 4(2): 64-70. <https://doi.org/10.57256/2949-0715-2025-4-2-64-70>

ВВЕДЕНИЕ

По данным Всемирной организации здравоохранения, уровень суицидов значительно возрос за последние десятилетия, что требует внимания к его причинам и последствиям [1]. Суицидальные отравления – один из распространённых методов самоповреждения, и понимание биологических механизмов, которые могут подтолкнуть человека к такому шагу, становится крайне важным.

Химические отравления в научной литературе описаны достаточно подробно, но тем не менее в настоящее время их изучение не потеряло своей актуальности. Особое место среди них занимают суицидальные отравления.

Так, если случайные отравления совершаются, как правило, на фоне неизменённого психоэмоционального состояния, то суицидальным отравлениям обычно предшествует острый или хронический стресс [2–5]. Суициды в состоянии аффекта наблюдаются, как правило, после острого непродолжительного стресса. В другом случае приём токсиканта возможен после продолжительного психоэмоционального состояния. Согласно учению о стрессе, очевидно, что в первом варианте отравление реализуется в стадию тревоги, а во втором – в стадию истощения стресс-реакции [6, 7].

Общеизвестно, что органы эндокринной системы принимают активное участие в формировании реакции организма на воздействие любого экстремального фактора. Ведущую роль в этом ответе играют надпочечники [8–12]. Адреналовые железы за счёт своей высокой лабильности осуществляют экстренную морфофункциональную перестройку органа. За счёт этого происходит активация секреции адаптивных гормонов, которые необходимы для восстановления нарушенного гомеостаза.

Последнее обстоятельство даёт основание предположить, что исходное состояние надпочечников и их адекватный ответ на химическую агрессию в значительной мере могут повлиять как на течение отравления, так и на исход процесса в целом [13].

На основании вышеизложенного была определена **цель исследования**: изучить изменение структуры надпочечников крыс при моделировании суицидальных отравлений в эксперименте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальное исследование выполнено на 135 беспородных крысах самцах, на которых моделировали отравление уксусной кислотой. Используемые в эксперименте модели отравления были максимально приближены к клиническим вариантам суицидальных отравлений у людей. Масса животных составляла $152,0 \pm 9,1$ г. Животные в эксперименте были распределены на две группы: 1-я группа – 65 крыс (острый стресс с последующей затравкой уксусной

кислотой); 2-я группа – 65 крыс (хронический стресс с последующей затравкой уксусной кислотой). Группа интактных животных состояла из 5 особей. Экспериментальная работа выполнена согласно директиве 2010/63/EU Европейского Парламента и Совета Европейского Союза от 22 сентября 2010 г. по защите животных, использующихся для научных целей. Перед затравкой животные, согласно группе эксперимента, подвергались воздействию острого (6-часового) или хронического (14-суточного) стресса по методике Н.С. Kim и соавт. [14]. После у 5 животных в каждой группе определяли исходное (преморбидное) состояние надпочечников и содержание гормонов в крови. Остальных животных подвергали затравке уксусной кислотой. Токсикантом для затравки служила 30%-я уксусная кислота, которую вводили через катетер в желудок однократно в объёме 0,5 мл.

Наблюдение за содержанием гормонов и морфофункциональным состоянием надпочечников осуществляли на 1-е, 3-е, 5-е, 7-е, 10-е и 15-е сутки эксперимента (по 10 животных на каждый срок). Эндокринный статус животных оценивали по содержанию в крови кортикостерона и пролактина, определяли содержание гидроперекисей липидов и малонового диальдегида (ГПЛ и МДА) [15].

Определяли массу животных, массу надпочечников, ширину корковой части надпочечников и его зон. Определяли содержание фосфолипидов и гликогена. Вычисляли относительные объёмы кровеносных сосудов, паренхимы и стромы, степень поражения коркового вещества и митотическую активность кортикоцитов.

Для обработки результатов исследования использовали компьютерные программы STATISTICA 10.1, Excel, Windows 2010. Выборки данных проверяли на наличие и отсутствие нормального распределения (частотная гистограмма, критерий Шапиро – Уилка). Результаты представлены медианой (Me) с указанием первого (Q_1) и третьего (Q_3) квартиля вариационного ряда. Статистическая значимость различий между изучаемыми группами оценена с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни. Статистически значимым считали уровень $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы эксперимента убедительно продемонстрировали, что преморбидный стресс существенно изменяет как морфофункциональное состояние надпочечников, так и уровень исследуемых гормонов.

Было установлено, что минимальный уровень кортикостерона в крови регистрируется после 14-суточного стресса – $23,8 \pm 0,6$ нмоль/л, а у животных после острого стресса он был выше в 2 раза – $48,7 \pm 0,82$ нмоль/л ($p < 0,05$).

Аналогичные результаты выявлены и при определении содержания пролактина, уровень которого у интактных животных составляет 22,4 нмоль/л. Но содержание этого гормона у животных исследуемых

групп различается более чем в 4 раза ($p < 0,05$). Если при 14-суточном стрессе уровень этого гормона был всего $28,4 \pm 1,4$ нмоль/л, то после кратковременного стресса он отмечался на уровне $116,3 \pm 2,7$ нмоль/л.

Надпочечники у животных в группах эксперимента различаются как по массе, так и по своему морфофункциональному состоянию. Масса надпочечников у интактных крыс составляет $70,3 \pm 2,3$ мг. После 6-часового стрессирования их масса увеличивалась на 14 %, тогда как после двухнедельного стресса она, напротив, уменьшилась на 18 % ($p < 0,05$).

Нарушения произошли и в гистоструктуре надпочечников. Существенно изменилась толщина коркового вещества. Относительно короткой преморбидный стресс (6 часов) приводит к гипертрофии коркового вещества, толщина которого достигает $764,5 \pm 3,9$ мкм. Хронический стресс сопровождается снижением его толщины до $664,6 \pm 5,3$ мкм (табл. 1).

Изменения микроструктуры в железах после острого стрессирования заключаются в следующем: существенно увеличиваются размеры кортикоцитов, более чем в 4 раза снижается их митотическая активность, в клетках уменьшается содержание веществ, необходимых для синтеза глюкокортикоидов. Гипертрофия коркового вещества надпочечников сопровождается изменением стромально-паренхиматозных взаимоотношений. Существенно увеличивается объём сосудистого русла при незначительном уменьшении удельной доли эндокриноцитов.

Более значительные изменения гистоструктуры и эндокринного статуса наблюдаются после хронического стресса в надпочечниках у крыс 2-й группы. Так, содержание исследуемых гормонов у них снижается ниже уровня интактных животных, а уровень ГПЛ и МДА повышается в 2,4 и 1,8 раза соответственно (табл. 2, 3). Масса животных и масса желёз уменьшаются на 10 и 18 % соответственно. Выраженная гипотрофия коры изменяет её сосудисто-паренхиматозные взаимоотношения: уменьшается доля сосудов, но одновременно увеличивается относительный объём стромы. Размеры кортикоцитов и объём ядер увеличиваются в 4,2 раза, но подавляется их митотическая активность. В клетках снижаются запасы пластического материала. При этом более 5 % кортикоцитов находятся в состоянии некробиоза.

Результаты эксперимента показали, что преморбидные состояния существенно изменили реакцию надпочечников на отравление. Установлено, что наиболее высокий уровень кортикостерона и пролактина при затравке регистрируется после шестичасового стресса. Содержание кортикостерона к концу первых суток увеличивается в 1,25, а пролактина – в 3,5 раза.

ТАБЛИЦА 1

ТОЛЩИНА КОРЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ ИССЛЕДУЕМЫХ ГРУПП (мкм), КРИТЕРИЙ МАННА – УИТНИ; Me (Q1; Q3)

Экспериментальная группа	Группа интактных крыс	Исходный уровень (после стресса)	Сроки забора материала после затравки					
			1-е сутки	3-и сутки	5-е сутки	7-е сутки	10-е сутки	14-е сутки
1-я	708,6 (701,4; 708,8)	764,5 (761,2; 767,2)	762,8 (758,4; 767,2)	751,8 (749,8; 755,1)	737,2 (733,8; 741,0)	691,2 (688,3; 700,1)	658,5 (653,8; 661,8)	645,0 (642,8; 649,1)
2-я		674,6* (639,1; 678,4)	635,7* (631,5; 640,1)	656,6* (649,7; 660,7)	642,2* (638,9; 644,6)	620,7* (618,9; 626,4)	613,4* (609,2; 617,6)	587,0 (584,5; 592,7)

Примечание: * – статистически значимое отличие от показателей животных 1-й группы.

TABLE 1

THICKNESS OF THE ADRENAL CORTEX OF THE STUDY GROUPS (μm), MANN – WHITNEY CRITERION; Me (Q1; Q3)

ТАБЛИЦА 2

СОДЕРЖАНИЕ ГПЛ В НАДПОЧЕЧНИКАХ У ИССЛЕДУЕМЫХ ЖИВОТНЫХ (нмоль/г), КРИТЕРИЙ МАННА – УИТНИ, Me (Q1; Q3)

Экспериментальная группа	Группа интактных крыс	Исходный уровень (после стресса)	Сроки забора материала после затравки					
			1-е сутки	3-и сутки	5-е сутки	7-е сутки	10-е сутки	14-е сутки
1-я	25,1 (24,5; 25,7)	45,1 (44,3; 45,9)	47,5 (46,7; 48,3)	44,0 (43,3; 44,7)	37,1 (35,6; 38,6)	26,8 (25,6; 28,0)	26,1 (25,2; 27,0)	25,0 (24,3; 25,7)
2-я		58,8* (57,0; 60,6)	64,1* (62,0; 66,2)	86,9* (85,7; 88,1)	50,1* (48,8; 51,4)	37,3* (36,5; 38,1)	30,6 (29,9; 31,3)	26,2 (24,7; 27,7)

Примечание: * – достоверное отличие от показателей животных 1-й группы.

TABLE 2

CONTENT OF LIPID HYDROPEROXIDES IN THE ADRENAL GLANDS OF THE STUDIED ANIMALS (nmol/g), MANN – WHITNEY CRITERION, Me (Q1; Q3)

ТАБЛИЦА 3

СОДЕРЖАНИЕ МДА В НАДПОЧЕЧНИКАХ
У ИССЛЕДУЕМЫХ ЖИВОТНЫХ (нмоль/г), КРИТЕРИЙ
МАННА – УИТНИ, *Me* (Q1; Q3)

Экспериментальная группа	Группа интактных крыс	Исходный уровень (после стресса)	Сроки забора материала после затравки					
			1-е сутки	3-и сутки	5-е сутки	7-е сутки	10-е сутки	14-е сутки
1-я	6,1 (5,5; 6,7)	8,6 (8,0; 9,2)	9,2 (8,9; 9,6)	8,2 (7,5; 9,1)	6,3 (5,8; 6,8)	6,1 (6,7; 6,5)	6,0 (5,7; 6,3)	5,8 (5,4; 6,3)
2-я		10,6* (9,9; 11,3)	14,6* (13,6; 15,8)	12,7* (11,6; 13,8)	9,3* (8,0; 10,6)	8,1* (7,2; 9,0)	7,0 (6,4; 7,7)	6,5 (5,8; 7,2)

Примечание: * – достоверное отличие от показателей животных 1-й группы.

TABLE 3

MDA CONTENT IN THE ADRENAL GLANDS
OF THE STUDIED ANIMALS (nmol/g), MANN – WHITNEY
CRITERION, *Me* (Q1; Q3)

В то же время, у животных при отравлении уксусной кислотой после хронического стресса уровень гормонов в течение первых суток сохранялся невысоким. Вероятно, это обусловлено снижением возможностей как стресс-реализующих, так и стресс-лимитирующих систем в преморбидный период. У животных этой группы наблюдается значительная альтерация коркового вещества, о чём свидетельствует высокое содержание продуктов перекисного окисления липидов. Уровень МДА уже в первые сутки отравления повышается в 2,4 раза ($p < 0,05$) (табл. 3).

Также следует отметить и то, что в 1-й группе животных гипертрофия коркового вещества достигает своего пика на 1-е – 3-и сутки отравления, тогда как после хронического стресса она отмечается только на 3-и – 5-е сутки и менее выражена. Причём альтерация паренхимы надпочечников отмечается только у животных 2-й группы. На 1-е сутки объём поражения – на уровне 4,7 %, на 5-е сутки процесса он достигал 8,3 %.

У животных 1-й группы содержание гликогена в кортикоцитах к 1-м суткам отравления снижается в 1,3 раза, а к 7-м суткам в 4 раза. Но к завершению эксперимента (15-м суткам) его количество восстанавливается более чем наполовину.

У животных второй группы к 1-м суткам отравления запасы гликогена в клетках коры сокращаются в 11 раз, а на 3-и сутки гликоген не определяется вовсе. Подобная картина отмечается и по содержанию фосфолипидов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ гистологических изменений показал, что тяжесть поражения надпочечников при суицидальных отравлениях ассоциирована с преморбидным состоянием надпочечников. Это было показано и ранее на обширном материале в экспериментах. В этой связи выявлено, что при отравлениях на фоне хронического стрессирования отмечается не только более выраженная морфофункциональная перестройка надпочечников, о чём свидетельствует

изменение гормоногенеза, но и значимые поражения паренхимы органа.

Проецируя результаты проверенного эксперимента на клинические наблюдения суицидальных отравлений, можно отчасти объяснить возникающие различия в клиническом течении отравлений уксусной кислотой, а также в исходах патологического процесса.

Результаты эксперимента ещё раз убедительно показывают, что острый и хронический стрессы оказывают влияние на гипоталамо-гипофиз-надпочечниковую и адренергическую системы организма. Это приводит к изменению выброса стрессорных и стресслимитирующих гормонов, вызывая структурные изменения коры надпочечников. В ходе проведённого эксперимента установлены и существенные различия в исследуемых вариантах отравлений.

Исследование продемонстрировало значительные различия в поражении надпочечников в контексте суицидальных отравлений в зависимости от преморбидного стресса. Реакция коркового вещества надпочечников на кратковременный стресс, предшествующий отравлению, приводит к увеличению выброса глюкокортикоидов и пролактина, что в свою очередь способствует повышению резистентности животных к токсическим веществам. Результаты эксперимента подчёркивают важность учёта стереотипных стрессовых реакций при анализе механизмов токсического воздействия и могут иметь значительные клинические и экспериментальные последствия для понимания адаптационных процессов в организме.

Исследования показали, что хронический стресс в сочетании с отравлением уксусной кислотой ведёт к истощению запасов пластического материала в кортикоцитах. Это приводит к снижению синтеза глюкокортикоидов, что существенно снижает резистентность организма к экстремальным факторам, в том числе токсикантам. В результате наблюдается значительная токсико-стрессорная альтерация коркового вещества надпочечников. По данным работы B.S. McEwen [16], длительное воздействие стресса вызывает гипертрофию коркового вещества надпочечников, что сопровождается уве-

личением выброса кортизола. Однако при длительном стрессе наблюдается истощение резервов кортикостероидов, что согласуется с нашими выводами об истощении пластического материала в кортикоцитах. Наши данные также согласуются с результатами экспериментов на животных [17], где было показано, что хронический стресс приводит к снижению массы надпочечников на 10–15 % и снижению уровня кортизола на 25–30 %.

ВЫВОДЫ

Глубина поражения надпочечников при суицидальных отравлениях напрямую ассоциируется с преморбидным стрессовым состоянием. Наибольшие структурные изменения в коре надпочечников отмечаются при сочетании отравления с хроническим преморбидным стрессом: снижение его толщины до $664,6 \pm 5,3$ мкм; сокращение запасов гликогена в клетках коры в 11 раз; альтерация паренхимы до 8,3 %; повышение уровней ГПЛ и МДА (в 2,4 и 1,8 раза соответственно); уменьшение массы животных и желёз на 10 и 18 %.

При кратковременном стрессе, предшествующем отравлению, масса надпочечников увеличивалась на 14 %, гипертрофия коры надпочечников достигала $764,5 \pm 3,9$ мкм. Альтерации паренхимы не наблюдалось, снижение уровня гликогена было незначительное. Таким образом, можно заключить, что острый преморбидный стресс, предшествующий суицидальному отравлению, способствует повышению резистентности организма к токсикантам, что и обуславливает незначительные поражения желёз.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Chrousos G.P. Stress and disorders of the stress system. *Nat Rev Endocrinol*. 2009; 5(7): 374-381. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2009.106>
2. Knezevic E., Nenic K., Milanovic V., Knezevic N.N. The role of cortisol in chronic stress, neurodegenerative diseases, and psychological disorders. *Cells*. 2023; 12(23): 2726. <https://doi.org/10.3390/cells12232726>
3. Джанболотов С.Т., Мукашев М.Ш. Взаимозависимые изменения кортизола в крови и пучковой зоны надпочечников при суицидальной смерти. *Судебная медицина: вопросы, проблема, экспертная практика*. 2020; 7(28): 95-103. [Dzhanbolotov S.T., Mukashev M.Sh. Interdependent changes in blood cortisol and zona fasciculata of the adrenal glands in suicidal death]. *Sudebnaya meditsina: voprosy, problema, ekspertnaya praktika*. 2020; 7(28): 95-103. (In Russ.).]
4. Ulrich-Lai Y.M., Figueiredo H.F., Ostrander M.M., Choi D.C., Engeland W.C., Herman J.P. Chronic stress induces adrenal hyperplasia and hypertrophy in a subregion-specific manner. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2006; 291(5): E965-E973. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00070.2006>
5. Зотов П.Б., Любов Е.Б., Герасименко В.И., Зотова Е.П., Петров И.М., Скрябин Е.Г. и др. Уксусная кислота среди средств суицидальных действий. *Суицидология*. 2020; 11(1): 160-181. [Zotov P.B., Lyubov E.B., Gerasimenko V.I., Zotova E.P., Petrov I.M., Scriabin E.G., et al. Acetic acid among the means of suicidal actions]. *Suicidology*. 2020; 11(1): 160-181. (In Russ.).] [https://doi.org/10.32878/suiciderus.20-11-01\(38\)-160-181](https://doi.org/10.32878/suiciderus.20-11-01(38)-160-181)
6. Днов К.В., Баурова Н.Н., Серегин Д.А. Социально-психологические особенности военнослужащих по призыву, склонных к суицидальному поведению. *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2020; 39(S3-4): 53-60. [Dnov K.V., Baurova N.N., Seregin D.A. Socio-psychological characteristics of conscripted servicemen who are prone to suicidal behavior. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2020; 39(S3-4): 53-60. (In Russ.).]
7. Yessimsiitova Z.B., Zharkova I.M., Tleubekkyzy P.L., Boxenova S.K., Kozhamzharova A.S., Ziyayeva G., et al. Pathohistological study of rat skin at chemical burn with acetic acid. *Farmaciâ Kazahstana*. 2022; 5(244): 100-105. <https://doi.org/10.53511/PHARMKAZ.2022.83.28.014>
8. Галютдинова А.Ф., Пономарева Д.Н., Тимшина Д.И. Гормоны надпочечников при острых и хронических стрессах. *Аллея науки*. 2021; 4(55): 58-61. [Galyautdinova A.F., Ponomareva D.N., Timshina D.I. Adrenal hormones in acute and chronic stress. *Alleya nauki*. 2021; 4(55): 58-61. (In Russ.).]
9. Кадирова Л.В. Морфологические параметры надпочечников при различных воздействиях. *Amaliy va Tibbiyot Fanlari Ilmiy Jurnal*. 2023; 2(5): 182-187. [Kadirova L.V. Morphological parameters of the adrenal glands under various influences. *Scientific Journal of Applied and Medical Sciences*. 2023; 2(5): 182-187. (In Russ.).]
10. Демидчик Л.А., Бейникова И.В., Муравлёва Л.Е., Молотов-Лучанский В.Б., Бакирова Р.Е., Ключев Д.А. и др. Окисленные белки в крови больных с острым отравлением уксусной кислотой. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018; (5): 82-86. [Demidchik L.A., Beinikova I.V., Muravleva L.E., Molotov-Luchanskiy V.B., Bakirova R.E., Klyuev D.A., et al. Oxidized proteins in the blood of patients with acute acetic acid poisoning. *International journal of applied and fundamental research*. 2018; (5): 82-86. (In Russ.).]
11. Smith S.M., Vale W.W. The role of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in neuroendocrine responses to stress. *Dialogues Clin Neurosci*. 2006; 8(4): 383-395. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2006.8.4/ssmith>
12. Acehan S., Satar S., Gulen M., Avci A. Evaluation of corrosive poisoning in adult patients. *Am J Emerg Med*. 2021; 39: 65-70. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.01.016>
13. Zefferino R., Di Gioia S., Conese M. Molecular links between endocrine, nervous and immune system during chronic stress. *Brain Behav*. 2021; 11(2): e01960. <https://doi.org/10.1002/brb3.1960>
14. Kim K.S., Han P.L. Optimization of chronic stress paradigms using anxiety- and depression-like behavioral parameters.

J Neurosci Res. 2006; 83(3): 497-507. <https://doi.org/10.1002/jnr.20754>

15. Гаврилов В.В., Мишкорудная М.И. Спектрофотометрическое определение содержания гидроперекисей липидов в плазме крови. *Лабораторное дело.* 1983; (3): 33-36. [Gavrilov V.V., Mishkorudnaya M.I. Determination of diene conjugates in blood serum. *Laboratornoe Delo.* 1983; (3): 33-36. (In Russ.)].

Соответствие принципам этики

Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской конвенции.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования

Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Вклад авторов

Изатулин В.Г. – основной автор статьи, сбор информации, проведение экспериментов, описательная часть эксперимента. Макарова О.А. – совместное проведение эксперимента, описательная часть статьи, работа с литературным обзором. Акудович Н.В. – работа с литературой, статистика, оформление. Шашкова О.Н. – работа с литературным обзором.

Информация об авторах

Изатулин Владимир Григорьевич – д.м.н., профессор кафедры гистологии, эмбриологии, цитологии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4531-185X>

Макарова Ольга Александровна – к.б.н., доцент, заведующая кафедрой гистологии, эмбриологии, цитологии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4093-2502>

Акудович Наталья Витальевна – к.м.н., доцент кафедры симуляционных технологий и экстренной медицинской помощи, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2790-6681>

Шашкова Ольга Николаевна – д.м.н., доцент кафедры анатомии человека, оперативной хирургии и судебной медицины, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия).

Для переписки

Акудович Наталья Витальевна, meloman00@bk.ru

Получена 31.01.2025
Принята 10.04.2025
Опубликована 10.06.2025

16. McEwen B.S. Physiology and neurobiology of stress and adaptation: Central role of the brain. *Physiol Rev.* 2007; 87(3): 873-904. <https://doi.org/10.1152/physrev.00041.2006>

17. Herman J.P., McKlveen J.M., Ghosal S., Kopp B., Wulsin A., Makinson R., et al. Regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical stress response. *Compr Physiol.* 2016; 6(2): 603-621. <https://doi.org/10.1002/cphy.c150015>

Ethics approval

The study was approved by the local ethics committee. The approval and procedure for the protocol were obtained in accordance with the principles of the Helsinki Convention.

Conflict of interest

The authors declare no apparent or potential conflict of interest related to the publication of this article.

Funding source

The authors declare no external funding for the study and publication of the article.

Authors' contribution

Izatuln V.G. – main author of the article, data collection, experiments, descriptive part of the experiment.
Makarova O.A. – joint experiment, descriptive part of the article, work with the literature review.
Akudovich N.V. – work with the literature, statistics, design.
Shashkova O.N. – work with the literature review.

Information about the authors

Vladimir G. Izatuln – Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Histology, Embryology, Cytology, Irkutsk State Medical University (664003, Irkutsk, Krasnogo Vosstaniya str., 1, Russian Federation). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4531-185X>

Olga A. Makarova – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Head of the Department of Histology, Embryology, Cytology, Irkutsk State Medical University (664003, Irkutsk, Krasnogo Vosstaniya str., 1, Russian Federation). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4093-2502>

Natalya V. Akudovich – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Simulation Technologies and Emergency Medical Care, Irkutsk State Medical University (664003, Irkutsk, Krasnogo Vosstaniya str., 1, Russian Federation). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2790-6681>

Olga N. Shashkova – Dr. Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Human Anatomy, Operative Surgery and Forensic Medicine, Irkutsk State Medical University (664003, Irkutsk, Krasnogo Vosstaniya str., 1, Russian Federation).

Corresponding author

Natalia V. Akudovich, meloman00@bk.ru

Received 31.01.2025
Accepted 10.04.2025
Published 10.06.2025