

Крийт В.Е.¹, Сладкова Ю.Н.¹, Санников М.В.², Пятибрат А.О.²

Оценка влияния высокой температуры воздуха на поведенческую активность и физическую работоспособность животных (в модели на крысах)

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова» Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 194044, Санкт-Петербург, Россия

Введение. Профессия пожарных относится к экстремальным видам деятельности. К опасным факторам пожара относятся пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, а также снижение видимости в дыму. Высокая температура воздуха при пожаротушении является одним из основных неблагоприятных физических факторов, оказывающих воздействие на организм пожарных.

Материалы и методы. Исследование выполнено на 124 беспородных белых крысах-самцах 3-месячного возраста массой 250–300 г, разделённых произвольно на 2 группы: 1-я группа (62 крысы) подвергалась однократной гипертермической нагрузке, 2-я группа (62 крысы) подвергалась ежедневной гипертермической нагрузке в течение 14 дней. Изучение поведенческой активности и физической работоспособности животных проводилось после однократной и длительной гипертермической нагрузки с применением следующих методик: «Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт», тест Порсолта, «Бег на тредбане». Тесты проводили два раза: первый раз — до воздействия (фоновые значения), второй — после, с интервалами между тестированиями не менее 2 нед. Результаты, полученные после гипертермического воздействия, сравнивали с фоновыми значениями.

Результаты. Полученные данные свидетельствуют, что высокая температура окружающей среды вызывает у животных изменение показателей поведенческих реакций, выражающееся повышением уровня тревожности, снижением двигательной и исследовательской активности, развитием депрессивноподобных состояний, а также снижение физической выносливости.

Заключение. Экспериментальная модель экстремального теплового воздействия на животных показала возникновение и сохранение изменений показателей поведенческой активности и физической работоспособности животных. Данные, полученные в результате проведённого эксперимента, могут быть использованы для изучения отдалённых последствий воздействия повышенных температур на организм пожарных.

Ключевые слова: пожаротушение; пожарный; опасные факторы пожара; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; крысы; поведенческие реакции

Для цитирования: Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Санников М.В., Пятибрат А.О. Оценка влияния высокой температуры воздуха на поведенческую активность и физическую работоспособность животных (в модели на крысах). *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (8): 782–786. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-782-786>

Для корреспонденции: Крийт Владимир Евгеньевич, канд. хим. наук, руководитель отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург. E-mail: kriyt@s-znc.ru

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Заключение комитета по биомедицинской этике: исследование одобрено локальным этическим комитетом ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, проведено в соответствии с Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS N 123), директивой Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22.09.2010 г. о защите животных, использующихся для научных целей.

Участие авторов: Крийт В.Е. — концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, статистическая обработка, написание текста; Сладкова Ю.Н. — сбор материала и обработка данных, написание текста; Санников М.В. — редактирование; Пятибрат А.О. — сбор материала и обработка данных, статистическая обработка. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Поступила 30.03.2021 / Принята к печати 09.07.2021 / Опубликована 31.08.2021

Vladimir E. Kriyt¹, Yuliya N. Sladkova¹, Maksim V. Sannikov², Aleksandr O. Pyatibrat²

Evaluation of the effect of high air temperature on the behavioural activity and physical performance of animals (in a rat model)

¹North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation;

²Nikiforov Russian Centre for Emergency and Radiation Medicine, Saint-Petersburg, 194044, Russian Federation

Introduction. The profession of firefighters belongs to extreme activities. Fire hazards include flames, sparks, heat flow, elevated ambient temperatures, increased concentrations of toxic combustion and thermal decomposition products, decreased oxygen concentrations, and reduced visibility in smoke. High air temperature during fire extinguishing is one of the main adverse physical factors affecting firefighters' bodies.

Material and methods. The study was carried out on 124 outbred white male 3-month rats weighing 250–300 g, divided randomly into two groups: the first group (62 rats) underwent single hyperthermia. The second group (62 rats) experienced daily hyperthermia for 14 days. The study of the behavioural activity of animals was carried out after single and prolonged hyperthermia using the following methods: “Open field”, “Elevated cruciform maze”, Porsolt's test, running on a treadmill. The tests were performed two times: the first time - before exposure, the second - after, with intervals between tests of at least two weeks.

Results. The data obtained indicate that the high ambient temperature causes changes in the behavioural responses in animals, which is expressed by an increase in the level of anxiety, a decrease in motor and research activity, the development of depressive states, and a decrease in physical endurance.

Conclusion. An experimental model of extreme heat exposure on animals showed the emergence and persistence of changes in animals' behavioural activity and physical performance indicators. This experiment can be used to study the long-term effects of high temperatures on firefighters' bodies.

Keywords: firefighting; fireman; hazardous factors of fire; heat flow; elevated ambient temperature; rats; behavioural reactions

For citation: Kriyt V.E., Sladkova Yu.N., Sannikov M.V., Pyatibrat A.O. Evaluation of the effect of high air temperature on the behavioural activity and physical performance of animals (in a rat model). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100 (8): 782–786. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-782-786> (In Russ.)

For correspondence: Vladimir E. Kriyt, MD, PhD, head of the Department of Complex Hygienic Assessment of Physical Factors. North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation. E-mail: kriyt@s-znc.ru

Information about the authors:

Kriyt V.E., <https://orcid.org/0000-0002-1530-4598>

Sladkova Yu.N., <https://orcid.org/0000-0003-1745-2663>

Sannikov M.V., <https://orcid.org/0000-0003-3969-9501>

Pyatibrat A.O., <https://orcid.org/0000-0001-6285-1132>

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

The conclusion of the biomedical ethics committee: the study was approved by the local ethics committee of the North-West Public Health Research Center, Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-being Surveillance (Rosпотребнадзор), carried out under the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental or Other Scientific Purposes (ETS N 123), the directive of the European Parliament and Council of the European Union 2010/63/EU of 22.09.2010 on the protection of animals used for scientific purposes.

Contribution: Kriyt V.E. – the concept and design of the study, collection and processing of material, statistical processing, writing a text; Sladkova Yu.N. – collection and processing of material, writing a text; Sannikov M.V. – editing; Pyatibrat A.O. – collection and processing of material, statistical processing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Received: March 30, 2021 / Accepted: July 9, 2021 / Published: August 31, 2021

Введение

Данные, представленные Международной ассоциацией пожарных, свидетельствуют, что по степени опасности профессия пожарного занимает одно из ведущих мест в мире [1–4]. При выполнении профессиональных задач пожарные подвергаются воздействию комплекса неблагоприятных физических, химических, биологических и психофизиологических факторов, многие из которых обладают комбинированным и сочтанным действием [5–8]. При пожарах величины параметров вредных и опасных факторов многократно превышают нормативные уровни, и их снижение практически невозможно [9].

К опасным факторам пожара, воздействие которых приводит к травмам, отравлениям или гибели людей, а также к материальному ущербу, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ¹ относятся пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, а также снижение видимости в дыму. Критерием оценки в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91² является предельно допустимое значение опасного фактора пожара, при котором воздействие на человека в течение критической продолжительности пожара не приводит к травме, заболеванию или отклонению в состоянии здоровья в течение нормативно установленного времени. Так, в качестве предельно допустимого значения для таких опасных факторов пожара, как повышенная температура и тепловой поток, приняты значения 70 °C и 1400 Вт/м² соответственно³. Пожары всегда различны и индивидуальны, однако высокая температура воздуха при пожаротушении всегда является одним из основных неблагоприятных физических факторов, оказывающих воздействие на организм пожарных.

Результаты оценки гипертермического воздействия на животных, являющихся простейшей биомоделью человека, имеют важное значение в изучении экстремальных факторов пожара. Влияние экстремальных температур на лабораторных животных рассматривается как стрессовое воздействие, сопровождающееся перенапряжением адаптационных механизмов и истощением функциональных резервов различных систем организма [10–12]. Известно, что даже кратковременное пребывание в условиях высоких внешних температур приводит к метаболическим и функциональным изменениям на молекулярном, клеточном и тканевом уровнях многоклеточных организмов [13].

Гипертермическое воздействие на организм подопытных животных изучается как по изменениям общего состояния животных (изучение поведенческих реакций животных), так и по реакциям со стороны системы крови, играющей существенную роль в формировании адаптивного ответа на воздействие фактора.

Материалы и методы

Исследование выполнено на 124 беспородных белых крысах-самцах 3-месячного возраста массой 250–300 г, содержащихся в стандартных условиях вивария со свободным доступом к воде и находящимся на обычном пищевом рационе. Крысы были произвольно разделены на 2 группы: 1-я группа (62 крысы) подвергалась однократной гипертермической нагрузке, 2-я группа (62 крысы) подвергалась ежедневной гипертермической нагрузке в течение 14 дней. Экспериментальное моделирование воздушной гипертермии проводили в термокамере с внутренними габаритными размерами 1 × 1 × 1,5 м, с принудительной вентиляцией, со стеклянным окном для наблюдения за животными. Процедуру экстремального термического воздействия выполняли при температуре воздуха +42 °C по 45 мин в день. До и после гипертермических воздействий проводили оценку изменений кислотно-основного состояния, показателей биохимического и клинического анализа крови, клеточного и гуморального иммунитета, регистрировали поведенческие показатели, а также показатели времени выполнения физической нагрузки до состояния полного отказа. Результаты исследования изменений поведенческой активности и физической работоспособности животных получены с помощью следующих методик: «Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт», тест Порсолта и «Бег на тредбане» [14–17]. Тесты проводили 2 раза: первый раз – до воздействия, второй – после, интервалы между тестированиями составляли не менее 2 нед, так как при таком интервале предыдущее тестирование не сказывается на результатах последующих тестов. В фоновом периоде достоверных различий в группах не наблюдали, и они были объединены в одну. Все процедуры с животными выполняли с соблюдением принципов Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (Страсбург, 18 марта 1986 года)⁴ и Директивы Европейского парламента и Совета Европейского союза⁵.

¹ Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

² ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

³ Приказ МЧС РФ от 30.06.2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

⁴ European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and scientific purposes. Strasbourg, 18.III.1986. European Treaty Series. № 123 (Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS N 123)).

⁵ Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22.09.2010 г. о защите животных, используемых для научных целей.

Экспериментальные результаты, полученные в ходе исследования, подвергали статистической обработке в программах для персональных ЭВМ (Excel, Statistica 6, SPSS 11.5). Отдельные группы предварительно сравнивали с использованием непараметрического теста Крускала–Уоллиса, а затем значимость различий уточняли с помощью теста Манна–Уитни. Выбор тех или иных методов статистического анализа проводился с учётом конкретных решаемых задач.

Результаты

После гипертермического воздействия поведение животных анализировали с использованием тестов на двигательную и исследовательскую активность, тревожность, депрессивность и физическую выносливость. Некоторые из полученных результатов представлены в таблице.

Результаты проведённых исследований двигательной и исследовательской активности, тревожности, депрессивности и физической выносливости животных, $M \pm m$

The results of the conducted studies of motor and research activity, anxiety, depression and physical endurance of animals, $M \pm m$

Показатель Index	После однократной гипертермии After a single hyperthermia	На 2-е сутки после однократной гипертермии On the second day after a single hyperthermia	После продолжительной гипертермии After prolonged hyperthermia	На 2-е сутки после продолжительной гипертермии On the second day after prolonged hyperthermia	Фон (контроль) Background (the control)
<i>Методика «Открытое поле»</i> <i>The "Open field" method</i>					
Двигательная активность, количество Locomotor activity, quantity	141.6 ± 12.7*	162.3 ± 12.7	134.3 ± 15.4*	139.6 ± 11.8*	159.7 ± 12.3
Двигательная активность, с Locomotor activity, s	31.7 ± 12.3*	49.6 ± 9.7	27.8 ± 14.1*	36.2 ± 16.1*	52.3 ± 11.6
Время обследования территории, с Territory survey time, s	14.5 ± 3.1*	19.6 ± 2.4	11.7 ± 2.4*	12.5 ± 1.9*	24.2 ± 4.1
Время исследования «норок», с Research time "minks", s	9.2 ± 3.1*	18.9 ± 2.1	7.3 ± 2.7*	12.5 ± 2.8*	21.2 ± 6.7
Стойка с упором, с Stand with an emphasis, s	8.5 ± 2.9*	6.9 ± 2.3	9.7 ± 2.6*	8.9 ± 1.7*	6.3 ± 2.5
Вертикальная стойка, с Vertical stand, s	1.5 ± 0.6*	3.2 ± 0.7	1.3 ± 0.4*	1.6 ± 0.9*	3.6 ± 1.2
Фризинг, с Freezing, s	12.7 ± 2.4*	3.4 ± 2.7	9.2 ± 1.7*	8.6 ± 1.7*	2.4 ± 0.7
Груминг, с Grooming, s	11.6 ± 3.2*	19.3 ± 2.5	9.4 ± 2.8*	12.8 ± 2.9*	18.4 ± 1.9
<i>Методика «Крестообразный приподнятый лабиринт»</i> <i>The "Cruciform elevated maze" method</i>					
Время нахождения в «закрытом рукаве», с Time spent in the "closed sleeve", s	238.4 ± 18.6*	194.5 ± 13.7	249.7 ± 21.2*	226.5 ± 11.9	198.3 ± 15.4
Время нахождения в «Открытом рукаве», с Time spent in the "Open sleeve", s	56.2 ± 7.6*	115.6 ± 8.4	48.5 ± 8.4*	52.7 ± 9.2*	112.3 ± 9.7
Время нахождения на «Центральной площадке», с Time spent on the "Central site", s	17.1 ± 5.2	16.8 ± 2.8	18.4 ± 4.2	16.7 ± 3.1	15.7 ± 3.1
<i>Методика принудительного плавания «Порсолта»</i> <i>The Porsolt forced swimming method</i>					
Иммобилизация, с Immobilization, s	251.4 ± 28.6*	145.9 ± 26.5	242.9 ± 24.3*	256.9 ± 22.8*	139.6 ± 41.4
Активное плавание, с Active swimming, s	312.5 ± 31.1*	104.5 ± 28.1	323.6 ± 27.9*	308.5 ± 34.6*	96.3 ± 21.8
Пассивное плавание, с Passive swimming, s	206.6 ± 27.3*	298.5 ± 32.4	198.6 ± 31.8*	235.4 ± 39.2*	304.7 ± 41.2
<i>Методика «Бег на тредбане»</i> <i>The method "Treadmill running"</i>					
Время работы до отказа, мин Working time to failure, min	34.8 ± 3.4*	43.2 ± 4.1	21.4 ± 3.6*	29.1 ± 2.9*	47.2 ± 3.7

Примечание. * – различия по сравнению с фоновыми значениями (контроль), $p < 0,05$.

Note. * – differences compared to background values (control), $p < 0.05$.

Обсуждение

Классической моделью исследования поведения животных является тест «Открытое поле», основанный на конфликте инстинктивного стремления к исследованию нового окружения и стремлением минимизировать возможную опасность с его стороны. Исследовательское поведение и двигательная активность в «открытом поле» достоверно изменялись у крыс как после однократного, так и после длительного термического воздействия: в структуре поведения крыс время исследования территории и норок снижалось, отмечалось общее снижение двигательной активности, снижение времени вертикальной активности, и наоборот, достоверно увеличивалось время фризингов и стоек с упором, что свидетельствует о высоком уровне тревожности. На вторые сутки после однократного термического воздействия все показатели возвращались к исходным значениям. При длительном термическом воздействии все исследованные показатели были достоверно изменены относительно фоновых значений как сразу, так и на вторые сутки после окончания воздействия, что свидетельствует о нервно-эмоциональном напряжении у крыс.

В тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» анализировали уровень тревожности, фиксировали время пребывания в закрытых и открытых рукавах, на центральной площадке, число и время актов свешивания в открытых рукавах и выглядывания из закрытых рукавов. Анализ полученных в эксперименте данных показал, что животные, перенесшие как длительное, так и однократное термическое воздействие, проводили в закрытом рукаве лабиринта достоверно большее количество времени по сравнению с фоновыми значениями, при этом время нахождения животных на центральной площадке не изменялось. На вторые сутки после однократного термического воздействия время нахождения в открытом и закрытом рукавах возвращалось к исходным значениям. При многократном термическом воздействии время нахождения в закрытом рукаве на вторые сутки после окончания воздействия оставалось выше фонового значения и выше в сравнении с аналогичным периодом однократного термического воздействия, что свидетельствует о тревожности животных.

В тесте «принудительного плавания» (тест Порсолта) оценивали продолжительность активного (энергичные движения всеми лапами), пассивного (слабые гребки задними лапами, наиболее экономичные в предложенной ситуации) плавания

и иммобилизации (неподвижности). Увеличение длительности иммобилизации и изменение биоритмологической структуры плавания характеризовалось как «поведенческое отчаяние» и отражало депрессивный компонент поведения. Анализ данных, полученных в тесте Порсолта, подтвердил развитие депрессивноподобных состояний в результате перенесённой гипертермии. На это указывало достоверное ($p < 0,05$) увеличение времени иммобилизации как при однократном, так и при многократном термическом воздействии.

Физическую выносливость и работоспособность крыс оценивали с помощью тестовой установки «Бег на тредбане» [18]. Результаты, получаемые на моделях бега животных с использованием тредбанов, хорошо экстраполируются в силу высокой гомологичности механизмов, обеспечивающих бег у человека и лабораторных животных [19]. После перенесённой гипертермии у крыс достоверно снижалась выносливость, интерпретируемая по времени работы до отказа на тредбане, при этом она восстанавливалась на вторые сутки после однократной гипертермии и оставалась достоверно изменённой на вторые сутки после многократного гипертермического воздействия.

Заключение

Для оценки влияния вредных физических факторов на здоровье пожарных при пожаротушении создана модель гипертермического воздействия на животных и проведена оценка изменений показателей поведенческих реакций и физической работоспособности в двух группах крыс, подвергавшихся однократному и многократному воздействию. В обеих группах наблюдали значимые изменения показателей поведенческой активности и физической работоспособности, при этом в группе однократного термического воздействия эти показатели на вторые сутки практически полностью восстанавливались до исходных, а в группе многократного воздействия практически по всем показателям оставались достоверно изменёнными.

Экспериментальная модель многократного гипертермического воздействия на животных подтвердила формирование и сохранение изменений поведенческой активности и физической работоспособности. Результаты оценки гипертермического воздействия на животных, являющихся простейшей биомоделью человека, имеют важное значение в изучении экстремальных факторов пожара.

Литература

- Александров С.С., Бобринев Е.В., Евдокимов В.И., Кондашов А.А., Сибирко В.И., Харин В.В. Показатели профессионального травматизма и смертности у сотрудников государственной противопожарной службы России (1996–2015 гг.). *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2018; (3): 5–25. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2018-0-3-05-25>
- Быкова В.Ю., Домрачев А.А., Домрачева О.А. Актуальность обеспечения безопасности профессиональной деятельности сотрудников оперативных подразделений МЧС России. *Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. 2015; (1–1): 16–8.
- Кольчева И.В., Несмеянова Н.Н., Соседова Л.М., Тараненко Н.А. Оценка профессионального риска развития болезней органов дыхания и кожи у пожарных. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2005; (2): 50–3.
- Кольчева И.В. Актуальные вопросы медицины труда пожарных (обзор литературы). *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2005; (8): 133–8.
- Васильев А.В. Проблемы оценки сочетанного влияния шума и других физических факторов на здоровье человека. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2012; 14(6): 158–65.
- Рукавишников В.С., Кольчева И.В. Медицина труда пожарных: итоги и перспективы исследований. *Медицина труда и промышленная экология*. 2007; (6): 1–5.
- Рукавишников В.С., Кольчева И.В., Дорогова В.Б., Бударина Л.А. Некоторые подходы к мониторингу условий труда и состояния здоровья пожарных. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2005; (2): 7–14.
- Шафран Л.М., Нехорошкова Ю.В. Комплексная гигиеническая оценка условий труда и трудового процесса пожарных-спасателей. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(1): 77–82.
- Смиловенко О.О., Курлович И.Г. Повышение безопасности труда пожарного-спасателя. *Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси*. 2017; 1(4): 459–67.
- Бибик Е.Ю., Мелещенко А.В. Реадаптационные изменения морфогенеза надпочечных желез после хронического гипертермического воздействия. *Морфологический альманах имени В.Г. Ковешникова*. 2018; 16(2): 9–13.
- Николаев В.Ю., Шахматов И.И., Киселев В.И., Вдовин В.М. Система гемостаза у крыс при различных режимах однократной гипертермической нагрузки. *Современные проблемы науки и образования*. 2014; (4): 509.
- Николаев В.Ю., Шахматов И.И., Киселев В.И., Москаленко С.В. Система гемостаза у крыс при долговременной гипертермической нагрузке. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2015; 35(2): 43–6.
- Зайцев С.А., Пахомова Ю.В., Самсонов А.В., Сазонов В.С., Астафьева К.А. К вопросу изучения гематолимфатических соотношений параметров обмена липидов у лабораторных животных при общей управляемой гипертермии. *Медицина и образование в Сибири*. 2008; (5): 7.
- Иронова С.Ш. Влияние высокой температуры на выбор разноразмерной пищи у белых крыс. *Наука и инновация*. 2020; (1): 115–21.
- Ковалев Г.И., Васильева Е.В., Салимов Р.М. Сравнение поведения мышей в тестах открытого поля, закрытого и приподнятого крестообразных лабиринтов с помощью факторного анализа. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. 2019; 69(1): 123–30. <https://doi.org/10.1134/S0044467719010064>

16. Анфилова М.Г., Додонова С.А., Алферова М.Е., Тенькова А.Н., Ворвуль А.О., Музалева Ю.А. и соавт. Изучение особенностей проведения теста Порсолта и его модификаций при доклинических исследованиях антидепрессантных и адаптогенных средств. В кн.: *Материалы девятой международной дистанционной научной конференции, посвящённой 83-летию Курского государственного медицинского университета*. Курск; 2018: 7–12.
17. Чайка А.В., Коношенко Е.В., Хусаинов Д.Р., Шахматова В.И., Можаровская И.А., Черетаев И.В. Тест Порсолта как лонгитюдный метод оценки динамики эмоционального состояния крыс в модели хронического непредсказуемого умеренного стресса. *Учёные записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2018; 4(2): 133–47.
18. Дашенко А.В. Регистрация показателей физической выносливости биообъектов при беге на тредбане и плавании с отягощением с помощью компьютерного безмаркерного видеотрекинга. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2014; 10(4): 766–71.
19. Иванов Д.Г., Александровская Н.В., Афонькина Е.А., Ерошкин П.В., Семенов А.Н., Бусыгин Д.В. Адаптационные изменения у крыс при ежедневном выполнении физической нагрузки в методике «Бег на тредбане». *Биомедицина*. 2017; (2): 4–22.

References

1. Aleksanin S.S., Bobrinev E.V., Evdokimov V.I., Kondashov A.A., Sibirko V.I., Kharin V.V. Indicators of occupational traumatism and mortality in employees of Russian State fire service (1996–2015). *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2018; (3): 5–25. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2018-0-3-05-25> (in Russian)
2. Bykova V.Yu., Domrachev A.A., Domracheva O.A. The relevance of ensuring the safety of professional activities of employees of operational divisions of the Emergencies Ministry of Russia. *Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsiy*. 2015; (1–1): 16–8. (in Russian)
3. Kolycheva I.V., Nesmeyanova N.N., Sosedova L.M., Taranenko N.A. Occupational risk assessment of respiratory and cutaneous disease development in the fire fighters. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2005; (2): 50–3. (in Russian)
4. Kolycheva I.V. Urgent issues of labour medicine in the fire fighters (literature survey). *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2005; (8): 133–8. (in Russian)
5. Vasil'ev A.V. Problems of estimation of joint influence of noise and other physical factors on the human's health. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2012; 14(6): 158–65. (in Russian)
6. Rukavishnikov V.S., Kolycheva I.V. Industrial hygiene for firemen: results and prospects of research. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2007; (6): 1–5. (in Russian)
7. Rukavishnikov V.S., Kolycheva I.V., Dorogova V.B., Budarina L.A. Some approaches to monitoring of work conditions and health state in the fire fighters. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2005; (2): 7–14. (in Russian)
8. Shafran L.M., Nekhoroshkova Yu.V. Hygienic evaluation of working conditions and working process of fire rescue employees. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(1): 77–82. (in Russian)
9. Smilovenko O.O., Kurlovich I.G. Increasing of the occupational safety of fire-fighter-rescuer. *Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashchity MChS Belarusi*. 2017; 1(4): 459–67. (in Russian)
10. Bibik E.Yu., Meleshchenko A.V. Re-adaptation changes of morphogenesis of adrenal glands after chronic hyperthermic action. *Morfologicheskij al'manakh imeni V.G. Koveshnikova*. 2018; 16(2): 9–13. (in Russian)
11. Nikolaev V.Yu., Shakhmatov I.I., Kiselev V.I., Vdovin V.M. Rat's hemostasis system in different modes of the single hyperthermal load. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014; (4): 509. (in Russian)
12. Nikolaev V.Yu., Shakhmatov I.I., Kiselev V.I., Moskalenko S.V. The hemostatic system in rats at longtime hyperthermic load. *Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal*. 2015; 35(2): 43–6. (in Russian)
13. Zaytsev S.A., Pakhomova Yu.V., Samsonov A.V., Sazonov V.S., Astaf'eva K.A. Hematolympathic correlations of lipid metabolism in laboratory animals at controlled whole body hyperthermia. *Meditsina i obrazovanie v Sibiri*. 2008; (5): 7. (in Russian)
14. Ironova S.Sh. The influence of high temperature on the conditionally reflector choice of different food in white rats. *Nauka i innovatsiya*. 2020; (1): 115–21. (in Russian)
15. Kovalev G.I., Vasil'eva E.V., Salimov R.M. Comparison of the behavior of mice in open field, closed and elevated cruciform maze tests using factor analysis. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*. 2019; 69(1): 123–30. <https://doi.org/10.1134/S0044467719010064> (in Russian)
16. Anfilova M.G., Dodonova S.A., Alferova M.E., Ten'kova A.N., Vorvul' A.O., Muzaleva Yu.A., et al. Studying the features of the Porsolt test and its modifications in preclinical studies of antidepressant and adaptogenic agents. In: *Collection of Materials of the Ninth International Remote Scientific Conference Dedicated to the 83rd Anniversary of Kursk State Medical University [Materialy devyatoy mezhdunarodnoy distantsionnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchennoy 83-letiyu Kurskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta]*. Kurск; 2018: 7–12. (in Russian)
17. Чайка А.В., Коношенко Е.В., Хусаинов Д.Р., Шахматова В.И., Можаровская И.А., Черетаев И.В. Пorsolt test as a longitudinal method for assessing the dynamics of the emotional state of rats in a model of chronic unpredictable moderate stress. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya*. 2018; 4(2): 133–47. (in Russian)
18. Datsenko A.V. Register indicators of physical endurance of biological objects when running a treadmill and swimming with weights using computer video markerless tracking. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal*. 2014; 10(4): 766–71. (in Russian)
19. Ivanov D.G., Aleksandrovskaya N.V., Afon'kina E.A., Eroshkin P.V., Semenov A.N., Busygin D.V. Adaptive changes in rats under everyday physical load in «The run on treadmill» method. *Biomeditsina*. 2017; (2): 4–22. (in Russian)