

Дата публикации: 01.06.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_5
УДК 616.45-001.1/3:599.324.4.001.6

Publication date: 01.06.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_5
UDC 616.45-001.1/3:599.324.4.001.6

ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАГИРОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС НА МНОГОКОМПОНЕНТНЫЙ СТРЕСС

А.А. Гостюхина^{1,2}, Т.А. Замощина^{1,2,3}, А.В. Прокопова^{1,2}, К.В. Зайцев¹

¹Томский научно-исследовательский институт курортологии и физиотерапии, филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр медицинской реабилитации и курортологии Федерального медико-биологического агентства», г. Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

³Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия

Аннотация. Проведена оценка динамики работоспособности, психоэмоционального состояния и уровня кортикостерона в сыворотке крови лабораторных крыс с разной поведенческой активностью в тесте «открытое поле» (активно-поисковый, пассивно-оборонительный и промежуточный тип) после сочетанного воздействия световой депривации и физической нагрузки. Установлено, что разный тип поведения влияет как на исходную работоспособность до формирования световой депривации, так и её динамику в течение 5 дней после десинхронизации, а также постстрессорное психоэмоциональное состояние и уровень кортикостерона в сыворотке крови. Наиболее устойчивыми к стресс-факторам оказались лабораторные крысы с исходно активно-поисковым типом поведения.
Ключевые слова: плавательный тест, кортикостерон, открытое поле, типы поведения, экспериментальные воздействия, лабораторные крысы.

INDIVIDUAL AND TYPOLOGICAL FEATURES OF THE RESPONSE OF LABORATORY RATS TO MULTI-COMPONENT STRESS

A.A. Gostyukhina^{1,2}, T.A. Zamoshchina^{1,2,3}, A.V. Prokopova^{1,2}, K.V. Zajtsev¹

¹Tomsk Scientific Research Institute of Balneology and Physiotherapy, branch of the Federal Scientific and Clinical Center of Medical Rehabilitation and Balneology of the Federal Medical and Biological Agency of Russia, Tomsk, Russia

²Tomsk State University, Tomsk, Russia

³Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

Annotation. The study assessed the dynamics of working capacity, psycho-emotional state and corticosterone levels in the blood serum of laboratory rats with different behavioral activity in the open field test (active-searching, passive-defensive and intermediate type) after combined exposure to light deprivation and physical loads. We have discovered that different types of behavior affect the initial performance before the formation of light deprivation, the dynamics of performance within 5 days after desynchronization, as well as the post-stress psycho-emotional state and the corticosterone level in the blood serum. The most resistant to stress factors were laboratory rats with an initially active-searching type of behavior.

Keywords: swimming test, corticosterone, open field, behavior types, experimental exposures, laboratory rats.

Введение. Реактивность к стрессу, стрессоустойчивость, являются основным критерием приспособленности и жизнеспособности организма при изменении условий обитания, в экстремальных ситуациях и при других стрессорных воздействиях. В последние десятилетия широкое признание завоевала точка зрения, согласно

которой устойчивость организма к действию стресс-факторов определяется индивидуальным набором антистрессовых защитных механизмов [1]. Известно, что стратегия поведения адаптивна к определенным условиям среды и имеет свои нейрофизиологические особенности. Так, во время длительного стресса животные

с активно-поисковым типом поведения подвержены развитию сердечно-сосудистых и язвенных заболеваний, однако кратковременный стресс мобилизует их силы, повышая эффективность нервной и иммунной системы в большей степени, чем у животных с пассивно-оборонительным типом [2-4]. С точки зрения биологии, все представленные стратегии поведения эволюционно значимы, так как обеспечивают выживание животного в различных условиях среды, и при этом каждая стратегия имеет свои гормональные, биохимические и психологические особенности.

В литературе имеется описание влияния индивидуальных типологических свойств нервной системы, имеющих генетические основы, которые вызывают различные реакции организма на самые разнообразные стресс-факторы и характер адаптивирования [1, 3, 4].

Известно, что десинхронизация биоритмов и физическое переутомление являются мощными стрессирующими факторами [5-9]. Однако, на сегодняшний день нет работ, посвященных изучению влияния сочетанного, длительного воздействия этих двух факторов на организм лабораторных крыс с учетом разной поведенческой активности в тесте «открытое поле».

Исходя из вышесказанного, целью настоящей работы являлась оценка динамики работоспособности, психоэмоционального состояния и уровня кортикостерона в сыворотке крови лабораторных крыс с разной поведенческой активностью в тесте «открытое поле» после сочетанного воздействия световой депривации и физической нагрузки.

Методы и организация исследования. Эксперимент выполнен в весенний период года, на 56 половозрелых крысах-самцах стока “Wistar” массой 220-250 г, которых содержали в стандартных условиях вивария. Все процедуры с животными выполняли согласно правилам и рекомендациям гуманного обращения с животными, используемыми для экспериментальных и иных научных целей [9].

Исследование ориентировочно-исследовательского поведения выполняли по методике Буреш Я.И. (1991) [11]. Тест заключался в количественном измерении компонентов поведения животного, помещенного в новое открытое пространство (арену), выбраться из которого ему мешает огораживающая арену стенка. Не менее чем за 1 ч до тестирования исключали перегруппировку животных, кормление, взятие в руки и другие активные манипуляции. Эксперимент проходил в полной тишине без посторонних звуков. «Открытое поле» представляло собой хорошо освещенную круглую арену диаметром 1,2 м и высотой 45 см, пол которой размечен радиальными и круговыми линиями. Крысу выпускали в центральный сектор поля и регистрировали горизонтальную и вертикальную активность, груминг, количество заглядываний в отверстия, уровень дефекации [12-14]. Поведенческую активность животных оценивали количественно за 3 мин наблюдения в условных единицах.

На основе полученных результатов тестирования в «открытом поле», всех животных с помощью кластерного анализа разделяли на три группы: высокоактивные, низкоактивные и с промежуточным типом. Еще в работах П.В. Симонова (1987) [12] высокоактивный тип поведения обозначен как активно-поисковый, а низкоактивный – пассивно-оборонительный.

После чего, этих животных подвергали моделированию светового десинхроноза (ТТ режим) и физической нагрузки (принудительное плавание).

Ранее в наших работах было показано, что суживание светлой фазы суток до минимума в период весеннего равноденствия, конфликтуя с естественной программой роста освещенности, заложенной в геноме крыс, приводило к развитию более мощного десинхроноза, чем в группе животных, которых содержали в этот период на круглосуточном освещении [15]. В связи с этим в данном эксперименте животных подвергали только световой депривации (ТТ режим). При этом группой сравнения

являлись интактные животные, которых не подвергали никаким экспериментальным воздействиям.

Для индукции экспериментального десинхронизации животных помещали в условия круглосуточного полного затемнения 2-3 LX на 10 суток [16]. Кормление и уход за животными проводили исключительно при красном свете в разное время суток.

В качестве модели физической нагрузки использовали методику «принудительного плавания» крыс до полного утомления в собственной модификации [17]. Критерием полного утомления служили три безуспешные попытки крысы всплыть на поверхность, либо отказ от таких попыток и опускание на дно бассейна. О работоспособности животных судили по продолжительности плавания (в секундах). Плавательный тест проводили ежедневно в течение пяти дней подряд на всех исследуемых группах животных (кроме интактных крыс) параллельно в одно и то же время суток (с 10:00 до 11:00 часов утра) сразу после помещения животных из депривированных условий в условия естественного освещения, в аквариуме прямоугольной формы с размерами 100×100×20 см с утяжеляющим грузом, равным по весу 10% от массы тела конкретной особи при температуре воды 26-28 °С. Используемый в эксперименте груз 10% от массы тела выбран в связи с тем, что нагрузка менее 5% считается моделью аэробной работы, а плавание с грузом 10% и более от массы тела – примером анаэробной работы [18].

После завершения всех экспериментальных воздействий, через 24 ч проводили тест «открытое поле» в условиях естественного освещения с 08:00 до 09:00 утра по вышеописанной методике. Затем, через 1 ч после тестирования в «открытом поле», все группы животных выводили из эксперимента одномоментным декапитированием под CO₂ наркозом согласно Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации о гуманном отношении к животным и приказу Минздрава СССР №577 от 12.08.1977 «Правила проведения работ с

использованием экспериментальных животных». У декапитированных животных собирали кровь в чистую сухую пробирку для получения сыворотки с целью определения уровня кортикостерона. Забор биологического материала выполняли строго в утренние часы: с 10:00 до 11:00. Определение исследуемого гормона выполняли с помощью иммуноферментного метода на программируемом фотометре для микрострипов STAT FAX 303 PLUS (США). Иммуноферментный анализ проводили с использованием поликлональных антител кортикостерона согласно рекомендациям производителя тест-систем IBL (Германия). Оптическую плотность измеряли при длине волны 450 нм.

Статистическую обработку полученных результатов проводили на основе пакета программ StatSoft Statistica v8.0. Результаты представлены в виде средней X (Xmin; Xmax), медианы Me (Q1, Q3). Для определения типа поведения лабораторных животных в тесте «открытое поле» проводили кластерный анализ [19]. При обработке результатов динамики работоспособности использовали анализ множественных сравнений непараметрическими тестами Фридмана и Краскала-Уолиса. Достоверность различий между группами по результатам психоэмоционального состояния и уровня кортикостерона в сыворотке крови лабораторных крыс с разным типом поведения в тесте «открытое поле» после сочетанного воздействия световой депривации и физической нагрузки определяли с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни, используемого для двух независимых выборок, и критерий Вилкоксона, используемого для проверки различий между зависимыми выборками ($p < 0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение. В разных исследованиях установлено, что особи внутри популяции могут различаться по особенностям поведения в «открытом поле» [13], что было подтверждено и в наших исследованиях. Согласно кластерному анализу, 25% лабораторных крыс имели активно-поисковый тип

поведения, т.е. у них все исследуемые реакции выражены более активно. Второй тип поведения – пассивно-оборонительный, с самым низким уровнем всех видов активности в открытом поле, обнаружен у другой четверти животных. Наконец, промежуточный или смешанный тип со средней выраженностью всех показателей выявлен у 50% крыс, что соответствует исследованиям других авторов [13].

В настоящем исследовании показано, что индивидуально-типологические особенности поведения крыс в тесте «открытое поле» влияли на исходный уровень работоспособности в плавательном тесте, который условно оценивали по времени плавания животных в секундах (с) до полного утомления. Так, у крыс с активно-поисковым типом поведения этот показатель составлял 73 с, у пассивно-оборонительных – 62 с (табл. 1).

Таблица 1

Исходная работоспособность и динамика работоспособности лабораторных крыс с разной поведенческой активности в тесте «открытое поле» после формирования световой депривации в весенний период года

Поведенческая активность	Продолжительность плавания, (с); X (Xmin; Xmax)					
	Исходная	Дни плавания				
		1	2	3	4	5
Активно-поисковый	73 (23;110)	72 (34;109)	74 (54;107)	77 (24;108)	87 (46;206) $p_1 < 0,05$	66 (30;100) $p_1 < 0,05$
Промежуточный	76 (37; 109)	79 (49;104)	77 (37;210)	85 (51;170)	83 (63;133)	80 (14;138)
Пассивно-оборонительный	62 (36;97) $p_0 < 0,05$	75 (46;127) $p_2 < 0,05$	76 (42;110) $p_2 < 0,05$	63 (39;118)	67 (37;141)	67 (39;110)

Примечание: p_0 – уровень статистической значимости исходной работоспособности между типами поведенческой активности; p_1 – уровень статистической значимости по отношению к исходной работоспособности (т.е. до формирования световой депривации) группы животных с пассивно-оборонительным типом поведения; p_2 – уровень статистической значимости по отношению к исходной работоспособности (т.е. до формирования световой депривации) группы животных с активно-поисковым типом поведения

У животных с активно-поисковым типом поведения время плавания после световой депривации (ТТ режим) в течение первых трех дней оставалось на исходном уровне. К четвертому дню исследования отмечали статистически значимый прирост работоспособности, который, по-видимому, связан с адаптацией животных к нагрузке, т.е. с процессом тренированности [5]. Если рассматривать плавательный тест и световую депривацию как стрессорные факторы [5-7], то каждое предъявление этого

теста повышало устойчивость к последующей нагрузке, поэтому работоспособность животных от первого дня к последующим нарастала. Однако, к пятым суткам плавания, у животных развивался процесс утомления, о чем свидетельствует резкое падение времени плавания (табл. 1).

Исходная работоспособность у крыс с промежуточным (или смешанным) типом поведения в тесте «открытое поле», находилась на уровне группы с активно-поисковым типом (табл. 1). Динамика времени

плавания после световой депривации имела волнообразный характер, при этом статистически значимо не изменялась на протяжении пяти суток тестирования. Следовательно, у животных данного типа поведения не происходила тренировка, и работоспособность оставалась на определенном уровне (табл. 1).

Отличительная динамика изменения физической работоспособности после формирования десинхроноза отмечена у крыс с пассивно-оборонительным типом. Исходный уровень работоспособности у животных данной группы характеризовался самыми низкими значениями и составил в среднем 62 с. Световая депривация вызвала сначала статистически значимое повышение времени плавания в первые два дня, а на третий день – резкое падение до исходного уровня, который сохранялся в последующие дни (табл. 1). Можно предположить, что световая депривация адаптировала животных к последующей физической нагрузке, о чем и свидетельствовало увеличение времени плавания крыс в первые два дня

тестирования. По-видимому, в нашем случае мы наблюдали процесс перекрестной адаптации, который проявлялся только в первые дни физической нагрузки сразу после отмены деприваций. В последующем (3-й–5-й дни) плавательная нагрузка приводила к истощению энергетических ресурсов организма, что в первую очередь отразилось на уменьшении времени плавания [5, 15, 20].

Таким образом, действительно разные типы поведенческой активности влияют не только на исходную работоспособность в эксперименте, но и на ее динамику после десинхроноза, а также на скорость формирования тренированности.

Результаты тестирования в «открытом поле» после всех экспериментальных воздействий показали, что у крыс с активно-поисковым типом поведенческой активности происходило уменьшение вертикальных стоек и увеличение актов дефекации по сравнению с интактной группой (табл. 2).

Таблица 2

Показатели поведенческой активности и уровень кортикостерона в сыворотке крови лабораторных крыс с разными типами поведенческой активности в тесте «открытое поле» после формирования световой депривации и физической нагрузки в весенний период года

Группы животных	Исследуемые показатели Me (Q1; Q3)					
	Горизонт. акт-ть	Вертик акт-ть	Груминг	Норка	Дефекация	Кортикостерон, нг/мл
Интактная	33 (28;44,5)	7 (6;14)	0 (0;1)	2 (0,5;3)	0 (0;2)	188,4 (176,5;201,7)
Активно-поисковая	26,5 (20;31,5)	3 (1;5) p= 0,003	1 (0;1)	2 (1;2,8)	4 (3;4) p=0,02	169,8 (147,8;176,8) p=0,006
Промежуточная	18 (16;27,5) p=0,006	3 (1,3;3,4) p=0,002	0 (0;1,8)	2 (0;2,8)	3 (1,3;3)	126,05 (81,3;153,05) p=0,002
Пассивно-оборонительная	20 (16;25) p=0,04	3 (2;4) p=0,0005	0 (0;1)	3 (1;4)	3 (1;4)	53,2 (47,5;155,3) p=0,006

Примечание: p – уровень статистической значимости по отношению к показателям интактной группы

У животных с промежуточным и пассивно-оборонительным типами поведенческих реакций происходило уменьшение горизонтальной и вертикальной активностей относительно интактных крыс, которые не подвергались экспериментальным воздействиям (табл. 2).

Из литературы известно, что снижение показателей двигательной активности является индикатором проявления защитного торможения, которое возникает в ответ на стресс [12]. Увеличение актов дефекации у крыс с активно-поисковым типом поведения можно рассматривать как неспецифический показатель уровня эмоциональности, который является звеном механизма для снятия избыточной активности ЦНС. Увеличение данного показателя свидетельствует о появлении сильного эмоционального напряжения отрицательного характера, например, тревоги, напряжения, беспокойства [3, 4, 12, 21].

Ранее, при изучении сезонной динамики содержания стресс-гормона кортикостерона в сыворотке крови лабораторных крыс без учета типов поведенческой активности в тесте «открытое поле», нами был установлен наименьший его уровень в осенне-зимний период, а наибольший – в весенний [22]. Данный эксперимент проводили именно в самый стресс-чувствительный сезон года, т.е. весной.

Результат по изучению уровня кортикостерона в сыворотке крови лабораторных крыс показал, что у интактных животных уровень гормона стресса составил 188,4 нг/мл. У животных, которых подвергали формированию световой депривации и физической нагрузке, происходило уменьшение изучаемого гормона по сравнению с интактной группой, которая не подвергалась экспериментальным воздействиям. При этом уменьшение гормона стресса у

данных групп животных наблюдали в разной степени выраженности (табл. 1). Наименее выраженное уменьшение гормона зарегистрировано у крыс с активно-поисковым типом поведения, у животных промежуточной группы угнетение уровня сывороточного кортикостерона проявилось значительно меньше. Самые низкие значения исследуемого гормона показаны у крыс с пассивно-оборонительным типом поведения (табл. 2).

Заключение. Таким образом, действительно, исходный тип поведения животных определяет их чувствительность к последующим стрессирующим воздействиям. Наиболее устойчивыми к стрессу оказались крысы с исходно активно-поисковым типом поведения. Чем менее реактивна была нервная система, тем более выражено уменьшение уровня кортикостерона в сыворотке экспериментальных животных.

Полученные результаты имеют большое теоретическое и практическое значение, поскольку направлены на выяснение механизмов, лежащих в основе индивидуальной чувствительности и устойчивости организма к действию различных стрессорных раздражителей. Понимание типов поведенческой активности и их характер влияния на высшие интегративные процессы позволяют выработать адекватные рекомендации для тестирования людей при профотборе и оценке их профессиональной пригодности, а также для разработки новых фармакологических, физиотерапевтических методов повышения адаптивных возможностей организма человека и лечения больных с различными нарушениями работы мозга.

Данное исследование было выполнено в рамках государственного задания ФМБА России № 47.001.20.800.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исмаилова, Х. Ю. Индивидуальные особенности поведения / Х. Ю. Исмаилова, Т. М. Агаев, Т. П. Семенова // Баку: Нурлан. – 2007. – 228 с.
2. Немец, В. В. Стресс и стратегии поведения / В. В. Немец, Е. П. Виноградова // Национальный

- психологический журнал. – 2017. – № 2(26). – С. 59-72.
3. Behavioural differences between artificially selected aggressive and nonaggressive mice: response to apomorphine / R. Benus, B. Bohus,

- J. Koolhaas, G. Van Oortmerssen // *Behavioural Brain Research*. – 1991. – № 43. – pp. 203-208.
4. Driscoll P. Genetically-based model for divergent stress responses: behavioral, neurochemical and hormonal aspects / Driscoll P., Demek J., D'Angio M. [et al]. – *Farm animals in biomedical research*. Hamburg: Verlag Paul Parey, 1990. – pp. 97-107.
5. Меерсон, Ф. З. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова // Москва: Медицина. – 1988. – 198 с.
6. Румянцева, Э. Р. Спортивная подготовка тяжелоатлетов. Механизмы адаптации / Э. Р. Румянцева, П. С. Горулев. – Москва: Теория и практика физической культуры, 2005. – 260 с.
7. Ежов, С. Н. Аспекты экологической физиологии: типы географических авиаперемещений и виды десинхронозов / С. Н. Ежов // *Вестник ТГЭУ*. – 2007. – № 2. – С. 77-83
8. Котельникова, С. В. Влияние режима освещенности на интенсивность перекисного окисления липидов в норме и при кадмиевой интоксикации / С. В. Котельникова, А. В. Котельников, Д. Л. Теплый // *Естественные науки*. – 2014. – № 3. – С. 55-62.
9. Корягина, Ю. В. Хронобиологические особенности спортсменов при различных физических нагрузках, тренировочных циклах и условиях среды / Ю. В. Корягина, Г. Н. Тер-Акопов // *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. – 2017. – № 5(143). – С. 29-33.
10. РФ ГОСТ Р-53434-2009 Принципы надлежащей лабораторной практики [Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 декабря 2009 г. № 544-ст] – Москва: Стандартинформ. – 2010.
11. Буреш Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения / Я. Буреш. – М.: Высшая школа – 1991. – 399 с.
12. Симонов, П. В. Мотивированный мозг / П. В. Симонов. – Москва: Наука. – 1987. – 105 с.
13. Томова Т.А. Влияние карбахолина и глицилпролина (GLY-PRO) на секреторную функцию желудка в зависимости от реактивности ЦНС у крыс / Т.А. Томова, Т.А. Замошина, Е.Ю. Просекина, М.В. Светлик // *Экспериментальная и клиническая фармакология* – 2015. – Т. 78. – № 3. – С. 13-16.
14. Сезонные влияния пептида gly-pro на секреторную функцию желудка у крыс с разной реактивностью центральной нервной системы / Т.А. Томова, Т.А. Замошина, Е.Ю. Федоруца, М.В. Светлик // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. – 2017. – № 6(142). – С. 66-71.
15. Гостюхина, А. А. Адаптивные реакции крыс после световых десинхронозов и физического переутомления / Гостюхина А. А., Замошина Т. А., Зайцев К. В. [и др.] // *Бюллетень сибирской медицины*. – 2018. – № 17(3). – С. 22-34.
16. Замошина, Т. А. Лития оксибутират и ритмическая структура активно-поискового поведения и температуры тела крыс в условиях постоянного освещения / Т. А. Замошина // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. – 2000. – № 63(2). – С. 12-15.
17. Патент N 2617206, МПК G09B 23/28 (2006.01) Российская Федерация, Способ моделирования физического переутомления у крыс в условиях десинхронозов. N 2015133700: заявлено 11.08.2015; опубл. 21.04.2017, Бюл. № 12. / Гостюхина А. А., Зайцев К. В., Замошина Т. А. [и др.] – Текст: Непосредственный.
18. Voltarelli, F. F. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test / F. F. Voltarelli, C. A. Gobatto, M. A. R. de Mello // *Braz. J. Boil. Res* – 2002. – Vol. 35. – № 11. – pp. 1389-1394.
19. Медик, В. А. Статистика в медицине и биологии / В. А. Медик. – Москва: Медицина, 2000. – 412 с.
20. Меерсон, Ф. З. Адаптация к стрессовым ситуациям и нагрузкам / Ф. З. Меерсон. – М.: Медицина, 1993. – 256 с.
21. Поведенческая активность крыс в «открытом поле» после световой или темновой деприваций и физического переутомления / Гостюхина А. А., Замошина Т. А., Светлик М. В. [и др.] // *Бюллетень сибирской медицины*. – 2016. – № 15(3). – С. 16-23.
22. Сезонные особенности содержания кортикостерона в сыворотке крови крыс после физического переутомления в условиях десинхроноза / Гостюхина А. А., Зайцев К. В., Замошина Т. А. [и др.] // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. – 2016. – № 102(1). – С. 50-55.

REFERENCES

1. Ismajlova Kh.Yu., Agaev T.M., Semenov T.P. Individual features of behavior. Baku: Nurlan, 2007. 228 p. (in Russ.)
2. Nemets V.V., Vinogradova E.P. Stress and behavior strategies. *National Psychological Journal*, 2017, no. 2 (26), pp. 59-72. (in Russ.)

3. Benus R.F., Bohus B., Koolhaas J.M., Van Oortmerssen G.A. Behavioral differences between artificially selected aggressive and nonaggressive mice: response to apomorphine. *Behavioral Brain Research*, 1991, no. 43, pp. 203-208.
4. Driscoll P., Demek J., D'Angio M., Claustre Y., Scatton B. Genetically-based model for divergent stress responses: behavioral, neurochemical and hormonal aspects. Farm animals in biomedical research. Hamburg: Verlag Paul Parey, 1990. pp. 97-107.
5. Meerson F.Z., Pshennikova M.G. Adaptation to stressful situations and physical loads. Moscow: Meditsina, 1988. 198 p. (in Russ.)
6. Romyantseva E.R., Gorulev P.S. Sports training of weightlifters. Mechanisms of adaptation. Moscow: Teoria i praktika fizicheskoy kul'tury, 2005, 260 p. (in Russ.)
7. Ezhov S.N. Aspects of ecological physiology: types of geographical air movements and types of desynchronization. *Bulletin of the Pacific State Economics University*, 2007, no. 2, pp. 77-83. (in Russ.)
8. Kotel'nikova S.V., Kotelnikov A.V., Teplyj D.L. Influence of the illumination regime on the intensity of lipid peroxidation in normal state and in cadmium intoxication. *Natural Sciences*, 2014, no. 3, pp. 55-62. (in Russ.)
9. Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N. Chronobiological features of athletes under various physical loads, training cycles and environmental conditions. *Physical Therapy and Sports Medicine*. 2017, no. 5(143), pp. 29-33. (in Russ.)
10. RF GOST R-53434-2009 Principles of good laboratory practice. Moscow: Standartinform, 2010. (in Russ.)
11. Buresh Ya. Methods and basic experiments on the study of the brain and behavior. Moscow: Vyshaya Shkola, 1991. 399 p. (in Russ.)
12. Simonov P.V. Motivated brain. Moscow: Nauka, 1987, 105 p. (in Russ.)
13. Tomova T.A., Zamoshchina T.A., Prosekina E.Yu., Svetlik M.V. Influence of carbachol and glycylproline (GLY-PRO) on the secretory function of the stomach, depending on the reactivity of the central nervous system in rats. *Experimental and Clinical Pharmacology*, 2015, vol. 78, no. 3, pp. 13-16. (in Russ.)
14. Tomova T.A., Zamoshchina T.A., Fedorutseva E.Yu., Svetlik M.V. Seasonal effects of the gly-pro peptide on the secretory function of the stomach in rats with different reactivity of the central nervous system. *Experimental and Clinical Gastroenterology*, 2017, no. 6 (142), pp. 66-71. (in Russ.)
15. Gostyukhina A.A., Zamoshchina T.A., Zaitsev K.V., Gutor S.S., Zhukova O.B., Svetlik M.V., Abdulkina N.G., Zajtsev A.A. Adaptive reactions of rats after light desynchronization and physical fatigue. *Bulletin of Siberian Medicine*, 2018, no. 17(3), pp. 22-34. (in Russ.)
16. Zamoshchina T.A. Lithium hydroxybutyrate and the rhythmic structure of active-searching behavior and body temperature in rats under constant illumination. *Experimental and Clinical Pharmacology*, 2000, no. 63(2), pp. 12-15. (in Russ.)
17. Gostyukhina A.A., Zajtsev K.V., Zamoshchina T.A., Svetlik M.V., Zhukova O.B., Abdulkina N.G., Zajtsev A.A., Vorob'ev V.A. A method for modeling physical fatigue in rats under conditions of desynchronization. Patent for invention RF 2617206 C1, 2017. (in Russ.)
18. Voltarelli F.F., Gobatto C.A., de Mello M.A.R. Determination of anaerobic threshold in rats using the lactate minimum test. *Braz. J. Boil. Res*, 2002. vol. 35, no. 11, pp. 1389-1394.
19. Medik V.A. Statistics in medicine and biology. Moscow: Meditsina, 2000. 412 p. (in Russ.)
20. Meerson F.Z. Adaptation to stressful situations and loads. Moscow: Meditsina, 1993. 256 p. (in Russ.)
21. Gostyukhina A.A., Zamoshchina T.A., Svetlik M.V., Zhukova O.B., Zaitsev K.V., Abdulkina N.G. Behavioral activity of rats in the "open field" after light or dark deprivation and physical fatigue. *Bulletin of Siberian Medicine*, 2016, no. 15(3), pp. 16-23. (in Russ.)
22. Gostyukhina A.A., Zajtsev K.V., Zamoshchina T.A., Zhukova O.B., Gutor S.S., Svetlik M.V., Abdulkina N.G. Seasonal features of the corticosterone content in the blood serum of rats after physical fatigue under conditions of desynchronization. *Russian Journal of Physiology*, 2016, no. 102(1), pp. 50-55. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Гостюхина Алена Анатольевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник экспериментальной лаборатории биомедицинских технологий Томского научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии, филиала Федерального государственного бюджетного учреждения

«Федеральный научно-клинический центр медицинской реабилитации и курортологии Федерального медико-биологического агентства»; доцент кафедры зоологии позвоночных и экологии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск.

Замощина Татьяна Алексеевна – профессор, доктор биологических наук, старший научный сотрудник экспериментальной лаборатории биомедицинских технологий Томского научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии, филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр медицинской реабилитации и курортологии Федерального медико-биологического агентства», Томск; профессор кафедры

фармацевтической технологии и биотехнологии, Сибирский государственный медицинский университет, Томск; профессор кафедры физиологии человека и животных, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, e-mail: exper@med.tomsk.ru.

Проконова Алена Викторовна – младший научный сотрудник экспериментальной лаборатории биомедицинских технологий Томского научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии, филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр медицинской реабилитации и курортологии Федерального медико-биологического агентства», Томск; аспирант кафедры физиологии человека и животных, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск.

Зайцев Константин Васильевич – кандидат медицинских наук, руководитель экспериментальной лаборатории биомедицинских технологий Томского научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии, филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр медицинской реабилитации и курортологии Федерального медико-биологического агентства», Томск.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Alena Anatol'evna Gostyukhina – Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Experimental Laboratory of Biomedical Technologies, Tomsk Scientific Research Institute of Balneology and Physiotherapy, Tomsk; Associate Professor of Vertebrate Zoology and Ecology, Tomsk State University, Tomsk.

Tat'yana Alekseevna Zamoshchina – Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher of Experimental Laboratory of Biomedical Technologies, Tomsk Scientific Research Institute of Balneology and Physiotherapy, Tomsk; Professor of the Department of Pharmaceutical Technology and Biotechnology, Siberian State Medical University, Tomsk; Professor of the Department of Human and Animal Physiology, Tomsk State University, Tomsk, e-mail: exper@med.tomsk.ru.

Alena Viktorovna Prokopova – Junior Researcher of the Experimental Laboratory of Biomedical Technologies, Tomsk Scientific Research Institute of Balneology and Physiotherapy, Tomsk; Post-Graduate Student of the Department of Human and Animal Physiology, Tomsk State University, Tomsk.

Konstantin Vasil'evich Zajtsev – Candidate of Medical Sciences, Head of the Experimental Laboratory of Biomedical Technologies, Tomsk Scientific Research Institute of Balneology and Physiotherapy, Tomsk.

Для цитирования: Индивидуально-типологические особенности реагирования лабораторных крыс на многокомпонентный стресс / А.А. Гостюхина, Т.А. Замощина, А.В. Проконова, К.В. Зайцев // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 2. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_5

For citation: Gostyukhina A.A., Zamoshchina T.A., Prokopova A.V., Zajtsev K.V Individual and typological features of the response of laboratory rats to multi-component stress. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 2. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_5