

зываемых и закупаемых животных может быть существенно увеличен.

Следует учитывать, что для адекватной оценки неблагоприятного или стимулирующего и восстанавливающего биологического действия изучаемых внешних факторов и разрабатываемых средств, способов защиты и фармакологических препаратов требования к исходному состоянию физической выносливости биообъектов могут существенно различаться. В частности, у животных, исходно (при фоновых исследованиях) долго бегающих на ленте тредбана или плавающих с грузом у поверхности воды, трудно будет выявить, доказать и статистически обосновать показатели повышения физической выносливости при оценке, например, эффективности испытываемого фармакологического препарата.

Большое значение также имеет возможность использования тестов оценки физической выносливости биообъектов при воздействиях техногенных факторов в выездных экспериментальных медико-биологических исследованиях в натуральных условиях. В большей степени для этих целей подходит установка для исследования физической выносливости при плавании с нагрузкой, не имеющая сложных технических и электронных компонентов. Емкости для воды в виде бассейнов и цилиндров не разборны и могут быть легко транспортированы. Ограничением является только необходимость наличия водоснабжения или источников незагрязненной прозрачной воды. В качестве видеорегирующей аппаратуры могут быть использованы любые видеокамеры, в том числе бытовые, имеющие встроенные источники электропитания и съемные носители информации на магнитной ленте или в виде флэш-карт. Помимо этого, методика плавания с нагрузкой не требует длительного предварительного обучения и отбора животных, что сокращает затраты финансовых средств и время выполнения тестирований, что особенно важно в случаях, когда их необходимо осуществлять в большом количестве и в сжатые сроки в малопригодных условиях для проведения экспериментальных медико-биологических исследований в выездных работах.

**Заключение.** Использование видеотрекинга в тестах «бег на тредбана» и «плавание с отягощением» позволяет точно определять общее время выполнения физической работы до отказа с нагрузками

аэробной (бег на тредбана) и смешанной аэробно-анаэробной мощности (плавание с отягощением), устанавливать количественные показатели изменения работоспособности биообъектов в динамике тестирования с построением «кривых утомляемости», а также объективно определять момент времени возникновения и развития у экспериментальных животных состояния истощения, когда происходит отказ от выполнения физической работы при достижении заданных условий тестирования.

**Конфликт интересов** не заявляется.

#### References (Литература)

1. Dawson CA, Horvath SM. Swimming in small laboratory animals. *Med Sci Sports* 1970; 2 (2): 51–78
2. Hau J, Schapiro SJ, eds. *Handbook of Laboratory Animal Science, Volume II, 3rd ed. Animal Models.* CRC Press, 2011; 480 p.
3. Kregel KC, ed. *Resource Book for the Design of Animal Exercise Protocols.* The American Physiological Society, 2006; 137 p.
4. *Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennykh sredstv. Chast' pervaya.* Pod red. Mironova AN. Moscow: Grif i K, 2012; 944 s. Russian (Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая. Под ред. Миронова А. Н. М.: Гриф и К, 2012; 944 с.)
5. Karkischenko VN, Karkischenko NN. *Methods of pre-clinical researches in sport pharmacology. Sports medicine: research and practice 2013; 1: 7–17* Russian (Каркищенко В. Н., Каркищенко Н. Н. Методы доклинических исследований в спортивной фармакологии. Спортивная медицина: наука и практика 2013; 1: 7–17)
6. Karkishchenko NN, Uyba VV, Karkishchenko VN, Shustov EB. *Ocherki sportivnoy farmakologii. Tom 1: Vektory ekstrapolyatsii.* Moscow: Aysing, 2013; 288 s. Russian (Каркищенко Н. Н., Уйба В. В., Каркищенко В. Н., Шустов Е. Б. Очерки спортивной фармакологии. Том 1: Векторы экстраполяции. М.: Айсинг, 2013; 288 с.)
7. Shustov EB, Bolotova VTs. *Biological modeling of fatigue during physical activities.* *Biomedicine* 2013; 3: 95–104 Russian (Шустов Е. Б., Болотова В. Ц. Биологическое моделирование утомления при физических нагрузках. Биомедицина 2013; 3: 95–104)
8. Dielenberg RA, Halasz P, Day TA. *A method for tracking rats in a complex and completely dark environment using computerized video analysis.* *J Neurosci Methods* 2007; 158 (2): 279–286
9. *Drug discovery and evaluation: pharmacological assays.* Ed. Vogel HG. 3rd ed. Berlin: Springer; 2008; 2129 p.
10. Lapiz-Bluhm MD, Bondi CO, Doyen J, et al. *Behavioural assays to model cognitive and affective dimensions of depression and anxiety in rats.* *J Neuroendocrinol* 2008; 20 (10): 1115–1137.

УДК 57.087.3+57.084+57.026+612.467+612.563

Оригинальная статья

### ТЕПЛОВИЗИОННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ДЕФЕКАЦИЙ И УРИНАЦИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ БИООБЪЕКТОВ В ОТКРЫТЫХ АРЕНАХ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ТЕСТОВ

**А. В. Даценко** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, заведующий лабораторией экспериментальной патологии и статистического прогнозирования, доктор медицинских наук; **В. И. Казьмин** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, старший научный сотрудник, кандидат медицинских наук.

### THERMOVISION REGISTRATION OF DEFECATION AND URINATION IN THE EVALUATION OF EMOTIONAL STATE OF EXPERIMENTAL BIOLOGICAL OBJECTS IN THE OPEN ARENAS OF BEHAVIORAL TESTS

**A. V. Datsenko** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, Head of the laboratory experimental pathology and statistical prediction, Doctor of Medical Sciences; **V. I. Kazmin** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, Senior Researcher, Candidate of Medical Sciences.

Дата поступления — 18.11.2014 г.

Дата принятия в печать — 10.12.2014 г.

**Даценко А. В., Казьмин В. И.** Тепловизионная регистрация дефекаций и уринаций при оценке психоэмоционального состояния экспериментальных биообъектов в открытых аренах поведенческих тестов. Саратовский научно-медицинский журнал 2014; 10 (4): 771–776.

Цель: разработка способа выявления болюсов дефекаций и пятен уринаций при исследовании поведения экспериментальных биообъектов в открытых аренах этологических тестов с помощью тепловизионной регистрации. Материал и методы. Для выявления и определения количественных показателей дефекаций и уринаций биообъектов использована компактная тепловизионная камера FLIR SC 660 (FLIR Systems) с широкоугольным объективом. Объектом исследований являлись лабораторные крысы. Морфометрические показатели определены с помощью программ анализа изображений. Результаты. При использовании в качестве видеорегистрирующего устройства тепловизионной камеры получены объективные количественные данные об уровне дефекаций и уринаций при изучении поведения и оценке эмоционального состояния экспериментальных теплокровных биообъектов в открытых аренах этологических тестов. Регистрировали болюсы дефекаций и пятна уринаций при исследовании эмоциональной составляющей поведения лабораторных крыс в тестовых установках «Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт», «Радиальный восьмирукавный лабиринт» и «Т-лабиринт». Заключение. Тепловизионная видеорегистрация позволяет визуализировать продукты вегетативных мочевых и фекальных выделений в динамике экспериментальных исследований при оценке психоэмоционального состояния биообъектов в различных открытых аренах поведенческих тестов, проводить их детальный морфометрический анализ и определять показатели пространственного распределения.

**Ключевые слова:** экспериментальные биообъекты, дефекации, уринации, этологические тесты, тепловидение.

**Datsenko AV, Kazmin VI.** Thermovision registration of defecation and urination in the evaluation of emotional state of experimental biological objects in the open arenas of behavioral tests. Saratov Journal of Medical Scientific Research 2014; 10 (4): 771–776.

Purpose: to provide a method for detection of boluses defecation and urination spots in the study of the behavior of experimental biological objects in open arenas ethological tests with thermal registration. Material and methods. For identifying and quantifying defecation and urination biological objects using the compact thermal imaging camera FLIR SC 660 (FLIR Systems) with a wide-angle lens. Object of study is the laboratory rat. Morphometric parameters determined using image analysis software. Results. When used as a video recording device thermal imaging camera to get an objective, quantitative data on the level of defecation and urination in the study of behavior and emotional state of the experimental evaluation of warm-blooded biological objects in open arenas ethological tests. Recorded boluses defecation and urination spots in the study of the emotional component of the behavior of laboratory rats in the test apparatus «Open field», «Elevated plus maze», «Radial 8-Arm Maze» and «T-maze». Conclusion. Thermal video registration allows visualizing products vegetative urinary and fecal excretion in the dynamics of experimental studies in the evaluation of the psycho-emotional state of biological objects in various open arenas behavioral tests, carried out their detailed morphometric analysis and identify indicators of spatial distribution.

**Key words:** experimental biological objects, defecation, urination, ethology, thermal imaging.

**Введение.** В поведенческих тестах оценки психо-эмоционального состояния подопытных биообъектов при проведении экспериментальных исследований и доклинических испытаний на безопасность и эффективность разнообразных, в том числе, экстремальных воздействий разной природы, одними из основных регистрируемых показателей, характеризующих, в частности, эмоциональную составляющую поведения, являются число болюсов и актов дефекации, пятен уринаций за период тестирования [1–4]. Увеличение количества вегетативных выделений в виде фекалий и мочи в комплексе с определенными значениями показателей двигательной активности свидетельствуют о состоянии повышенной эмоциональности у биообъектов.

При выполнении видеоанализа движений на основе безмаркерного компьютерного видеотрекинга на тепловизионных видеоизображениях с отчетливым выделением границ биообъектов при тестировании в установках «Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт», «Радиальный восьмирукавный лабиринт» и «Т-образный лабиринт» было установлено, что инфракрасная камера также позволяет наблюдать и регистрировать в динамике исследования болюсы дефекаций и пятна уринаций, которые практически не различимы при использовании видеокамер, работающих в видимой области

спектра, особенно на темном фоне пола больших по размерам арен.

**Цель:** разработка способа выявления болюсов дефекаций и пятен уринаций при исследовании поведения экспериментальных биообъектов в открытых аренах этологических тестов с помощью тепловизионной регистрации.

**Материал и методы.** Для выявления и определения количественных показателей дефекаций и уринаций биообъектов использовали компактную тепловизионную камеру FLIR SC 660 (FLIR Systems) с широкоугольным объективом, устанавливаемую на операторском кране сверху открытых арен установок «Открытое поле», «Приподнятый крестообразный лабиринт», «Радиальный восьмирукавный лабиринт» и «Т-образный лабиринт» производства ООО «НПК Открытая наука» (Россия). Видеозапись осуществляли на сменные магнитные накопители тепловизора или передавали видеопоток на компьютер через устройства видеозахвата или по интерфейсу IEEE 1394.

В качестве объекта исследований использовали белых беспородных крыс-самцов весом 180–220 г, полученных из питомников филиалов «Столбовая» и «Андреевка» ФГБУН НЦБМТ ФМБА России. Животные в виварии получали стандартный пищевой рацион (за исключением периодов пищевой депривации при исследовании оперантного поведения) и имели свободный доступ к воде.

Болюсы дефекаций и пятна уринаций подсчитывали в динамике индивидуального тестирования крыс при визуальном просмотре на экране записан-

**Ответственный автор** — Даценко Алексей Валентинович  
Тел. +79055543783  
E-mail: lab92@mail.ru

ных видеофайлов, а также в режимах on- и off-line с помощью нажатия заранее запрограммированных клавиш при использовании программного обеспечения безмаркерного видеотрекинга движений биообъектов типа Any-maze (Stoelting Co., США).

**Результаты.** При проведении экспериментальных исследований поведения лабораторных крыс с использованием батареи этологических тестов для оценки их психоэмоционального состояния при воздействиях различных факторов осуществляли регистрацию комплекса показателей, включая подсчет количества болюсов (или актов) дефекаций и пятен уринаций за период тестирования. В качестве методов этологических исследований использовали доступные для практического применения как в стационарных лабораторных условиях, так и в выездных экспериментальных медико-биологических исследованиях тесты «Открытое поле» и лабиринты разной конструкции: приподнятый крестообразный, Т-образный и радиальный восьмирукавный. Тестовые установки для изучения локомоторной активности биообъектов разборны, могут быть легко транспортированы и не содержат электронных и сложных механических компонентов.

Традиционно болюсы (или акты) дефекаций и пятна (следы) уринаций подсчитывают при визуальном осмотре тестовых арен, в основном после извлечения животного из установок. В данном случае их количество является интегральным показателем, не учитывающим изменения в динамике процессов дефекаций и уринаций. Непосредственное визуальное наблюдение за поведением, когда экспериментатор «нависает» над габаритной ареной с высокими стенками, двигается вокруг нее и тем самым взаимно находится в поле зрения биообъекта, может являться неконтролируемым отвлекающим фактором для животного. Необходимо также учитывать, что наиболее простой метод визуального наблюдения и «ручной» регистрации всего комплекса обширных этологических показателей требует от исследователя определенного навыка и быстроты реакции в случаях часто меняющихся, совпадающих по времени возникновения или чередующихся разнообразных паттернов поведения биообъектов.

Для исключения элементов субъективизма и соблюдения требований стандартизации, унификации и воспроизводимости получаемых результатов оценки двигательной активности биообъектов в настоящее время разработаны автоматические программно-аппаратные исследовательские средства и оборудование, использующие разного рода устройства замыкания электрических контактов, встроенные фото-, вибро- и тензодатчики, регистрирующие, например, пересечения инфракрасных лучей, локальные давления на пол камеры и др. В данных системах не предусмотрен учет болюсов дефекаций и уринаций. Перспективным направлением для изучения поведения является также использование методов видеотрекинга движений биообъектов. Наряду с этим, в видеопотоке и на видеозаписях, особенно при использовании тестовых арен с полом, окрашенным в темный цвет, болюсы дефекаций и пятна уринаций не видны или практически не различимы.

Для объективизации, количественного анализа и документирования процессов вегетативных выделений в виде болюсов дефекаций и пятен уринаций в динамике тестирования поведения биообъектов в

открытых аренах этологических тестов в качестве видеорегирующей аппаратуры, наряду с камерами, работающими в видимой области спектра, была использована тепловизионная камера. Последняя, помимо обеспечения для автоматического анализа изображений достаточного качества выделения границ тела тестируемого биообъекта от фона (пола арен), позволила визуализировать болюсы дефекаций и пятна уринаций, также отличающихся по температуре от ограждающих поверхностей (рис. 1).

Продукты вегетативных выделений в виде болюсов дефекаций и пятен уринаций сразу после попадания из организма животного в окружающую среду имеют температуру, схожую с внутренней температурой тела животного, и существенно отличаются от температурных показателей пола арен тестовых поведенческих установок, что позволяет выявлять и ре-

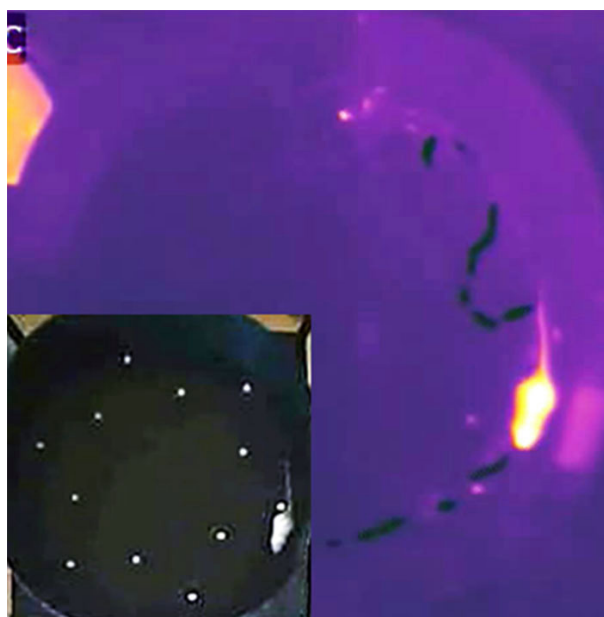


Рис. 1. Болюсы дефекаций и пятна уринаций на термоизображении при тестировании крысы в установке «Открытое поле». В левом нижнем углу аналогичный кадр видеозаписи в видимой области спектра

гистрировать эти выделения с помощью тепловизионной камеры. При этом в видимой области спектра на значительных расстояниях от объектива камеры до пола арен, позволяющих поместить в кадре всю окрашенную в темный цвет (черный, темно-серый) тестовую установку, они практически не различимы. В первую очередь это относится к пятнам уринаций, являющихся прозрачной жидкостью.

Фекальные и мочевые выделения имеют разную консистенцию, структуру, форму и размеры. У интактных здоровых лабораторных крыс болюсы дефекаций чаще округлой (овальной) или слегка вытянутой формы и в основном располагаются по одному, реже — рядом, не перекрывая друг друга. Пятна уринаций имеют разный размер в зависимости от интенсивности мочевого выделения и постепенно несколько растекаются на гладкой поверхности пола арен. Они могут менять размер при повторных попаданиях на них лап и хвоста животного и уменьшаются по мере высыхания (испарения жидкости).

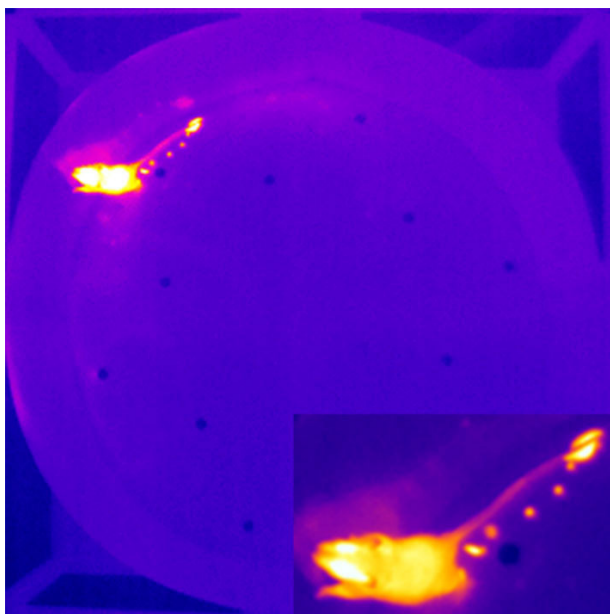


Рис. 2. Болус и пятна на термоизображении сразу после актов дефекации и урикации при тестировании крысы в установке «Открытое поле». В правом нижнем углу увеличенный в 4 раза фрагмент изображения

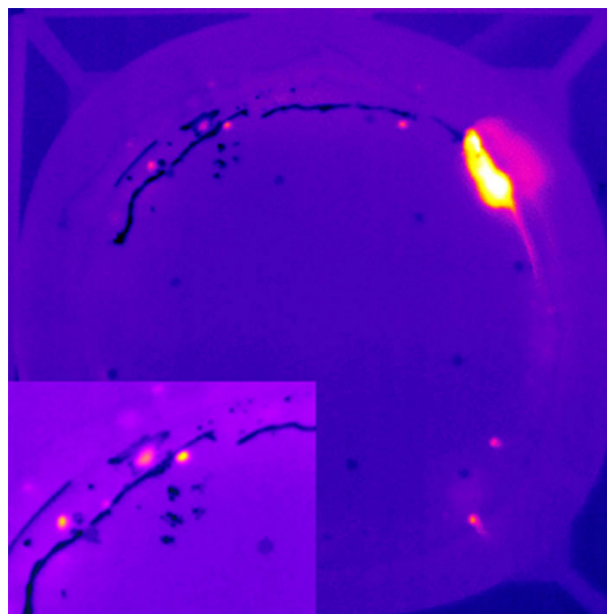


Рис. 3. Вид болусов дефекаций и пятен урикации на термоизображении при последующем тестировании крысы в установке «Открытое поле». В левом нижнем углу увеличенный в 4 раза фрагмент изображения

Скорость остывания болусов дефекаций и пятен урикации различается при одинаковых значениях температуры окружающей среды. Более плотные болусы дефекаций большее время сохраняют температуру, близкую к температуре тела теплокровных животных, а следы урикации, как водная среда, быстро остывают и становятся холоднее ограждающих поверхностей тестовых установок. Изображения этих светящихся или более темных участков определенной формы на кадрах видеозаписей, полученных с помощью тепловизора, использованы для регистрации, подсчета и детального морфометрического анализа болусов дефекаций и пятен урикации, в том числе в динамике тестирования (рис. 2, 3). Одновременно возможно определение температурных показателей точечных участков и различных областей тела животного и регистрируемых выделений.

При исследовании поведения биообъектов морфометрический анализ размеров и пространственного расположения их вегетативных фекальных и мочевых выделений на кадрах видеофайлов (рис. 4) был проведен с помощью компьютерных программ анализа изображений типа ImageJ (National Institutes of Health). Определяли количество, линейные размеры (длина, ширина, диаметр, периметр, факторы формы — округлости, вытянутости и др.), площадные и координатные показатели болусов дефекаций и пятен урикации во всех или в заданных кадрах видеопоследовательности.

При проведении экспериментальных исследований психоэмоционального состояния биообъектов с помощью этологических тестов с тепловизионной регистрацией получаемые количественные данные используют для определения: разницы между показателями выборочных совокупностей подопытных и контрольных животных с помощью статистических критериев сравнения; зависимостей параметров воздействующих факторов и испытываемых средств на эмоциональность биообъектов; временных показа-

телей возникновения, периодичности и частоты повторных актов дефекаций и урикации с построением рядов динамики; корреляционных взаимосвязей с изменениями оцениваемых показателей спонтанной двигательной и других форм поведенческой активности экспериментальных животных; вероятностных характеристик (частоты встречаемости) возникновения у биообъектов подопытных и контрольных групп отклонений в эмоциональной сфере по градиентам разной степени выраженности в зависимости от уровня дефекаций и урикации; характеристик пространственного распределения болусов дефекаций

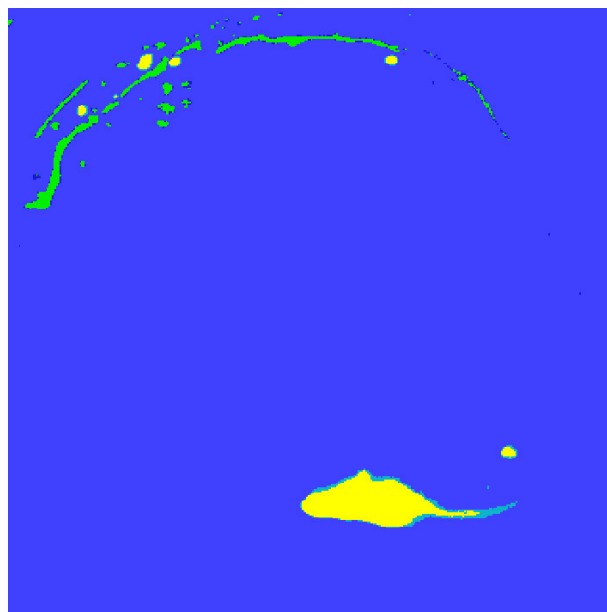


Рис. 4. Изображения болусов дефекаций и пятен урикации в тесте «Открытое поле» для проведения морфометрического анализа. Желтым цветом обозначены болусы дефекаций и тело крысы, зеленым — пятна урикации

и пятен уринаций в разных зонах тестовых арен в динамике исследования; степени влияния на эмоциональность биообъектов сезонных и суточных биоритмов, возрастных (весовых), половых и внутривидовых показателей и признаков, а также разных условий проведения этологических исследований в открытых аренах поведенческих тестов.

Получаемые результаты не зависят от цвета тестовых арен и окраски шерсти и кожи животных, а также условий освещенности области исследования. Тепловизионную регистрацию можно проводить при слабом или неравномерном освещении и в полной темноте. Данный подход также был использован для оценки эмоционального состояния биообъектов при тестировании оперантного поведения в открытых аренах разнообразных лабиринтов, в частности в радиальном восьмирукавном и Т-образном (рис. 5). Поскольку животных в этих тестах подвергают предварительной длительной пищевой депривации при свободном доступе к воде, большее значение в данном случае имеют показатели уринаций.

Видеокамеры с инфракрасной (ИК) подсветкой обеспечивают освещение ограниченного по площади участка тестовых установок, требуют дополнительного внешнего ИК-освещения или поднятия их на большую высоту, что не позволяет провести четкое определение и выделение на изображениях границ болюсов дефекаций и пятен уринаций в относительно больших аренах. Целесообразно также сопоставить результаты тепловизионной регистрации вегетативных выделений с аналогичными данными при использовании малодоступного в настоящее время дополнительного устройства нижней инфракрасной подсветки пола арены, которая позволяет выделять контуры биообъекта.

При отсутствии теплых и горячих предметов, внешних нагревателей и при достаточной активности животных какие-либо другие источники тепла в пределах тестовых арен отсутствуют. Целесообразно исключить локальные нагревы частей установок, обусловленные тепловым воздействием солнечных лучей, мощных устройств обогрева и отопления помещения. Необходимо также учитывать, что при длительной иммобильности животное собственным телом нагревает участки поверхности пола, на котором сидит. В этом случае очаги неоднородного свечения занимают относительно большую площадь, имеют

менее четкие очертания и включают следы от соприкосновения с полом задних лап и основания хвоста.

**Обсуждение.** Результаты оценки работоспособности и психоэмоционального состояния биообъектов, как простейших биомоделей человека, имеют важное значение при экспериментальных исследованиях по определению безопасности и эффективности разнообразных, в основном малоизученных и экстремальных, факторов разной природы, а также разрабатываемых средств и способов защиты от них, медикаментозных средств профилактики и лечения на этапе доклинических испытаний [1, 3, 4]. Важно также учитывать, что отклонения в эмоциональном состоянии могут оказать существенное положительное или отрицательное влияние на эффективность деятельности и работоспособность индивида. В экспериментальных медико-биологических исследованиях при тестировании поведения биообъектов одними из основных признаков, характеризующих их эмоциональное состояние, являются количественные показатели дефекаций и уринаций. Болюсы дефекаций и пятна уринаций при этом подсчитывают при визуальном осмотре тестовых арен после окончания тестирования каждого животного.

В настоящее время тепловизоры широко применяют практически во всех отраслях науки и техники [5, 6]. В медицине успешно решают в первую очередь вопросы ранней диагностики ряда распространенных нозологий и оценки эффективности проведения лечебных мероприятий. Тепловизионное исследование является дистанционным, неинвазивным и безопасным. Существенное значение имеет использование современных тепловизоров для выявления лиц с повышенной температурой в местах скопления людей, в основном в транспортных узлах. Использование тепловизора при исследованиях экспериментальных лабораторных крыс, несмотря на наличие у них шерстяного покрова, позволило четко определять их контуры [7, 8] практически в любых условиях содержания и тестирования, при этом проводят дистанционную термометрию разных участков тела животного [9], преимущественно в области глаз, внутренних поверхностей ушей и корня хвоста, где отсутствует волосяной покров.

Клинические анализы мочи и кала традиционно входят в перечень основных методов медицинской диагностики разнообразных патологических состояний и внутренних болезней [10]. При проведении экспериментальных исследований на биообъектах результаты количественной оценки частоты и степени выраженности конечных продуктов вегетативных выделительных функций в виде мочи и фекалий могут также иметь самостоятельное значение для диагностики соответствующих расстройств и патологических изменений мочевыделительной и пищеварительной систем.

**Заключение.** Использование при проведении экспериментальных исследований для оценки психоэмоционального состояния биообъектов тепловизионной камеры позволило выявлять и регистрировать в различных открытых аренах поведенческих тестов болюсы дефекаций и пятна уринаций в динамике наблюдения. Тепловизионная видеорегистрация позволяет также проводить детальный морфометрический анализ продуктов вегетативных мочевых и фекальных выделений биообъектов и определять показатели их пространственного распределения.

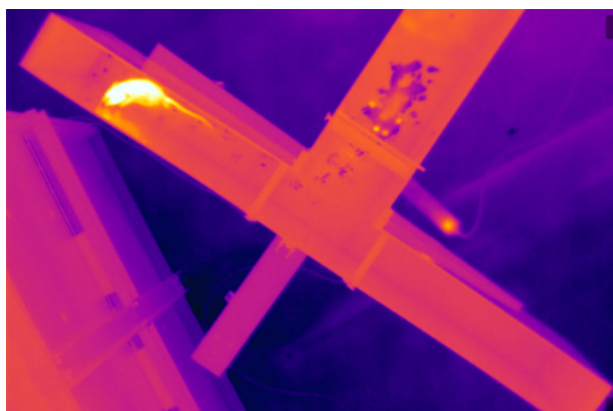


Рис. 5. Болюс дефекации и пятна уринаций на термоизображении при тестировании крысы в установке «Т-образный лабиринт»

Конфликт интересов не заявляется.

### References (Литература)

1. Buresh Ya, Bureshova O, Kh'yuston DP. Metodiki i osnovnye eksperimenty po izucheniyu mozga i povedeniya. Moscow: Vysshaya shkola, 1991; 399 s. Russian (Буреш Я., Бурешова О., Хьюстон Д.П. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения. М.: Высшая школа, 1991; 399 с.)
2. Sudakov KV, Umryukhin PE. Sistemnye osnovy emotsional'nogo stressa. Moscow: GEOTAR-Media, 2010; 112 s. Russian (Судаков К.В., Умрюхин П.Е. Системные основы эмоционального стресса. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010; 112 с.)
3. Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennykh sredstv. Chast' pervaya. Pod red. Mironova AN. Moscow: Grif i K, 2012; 944 s. Russian (Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая. Под ред. А.Н. Миронова. М.: Гриф и К, 2012; 944 с.)
4. Karkishchenko NN, Uyba VV, Karkishchenko VN, Shustov EB. Ocherki sportivnoy farmakologii. Tom 1: Vektory ekstrapol'yatsii. Moscow: Aysing, 2013; 288 s. Russian (Каркищенко Н.Н., Уйба В.В., Каркищенко В.Н., Шустов Е.Б. Очерки спортивной фармакологии. Том 1: Векторы экстраполяции. М.: Айсинг, 2013; 288 с.)
5. Vosstanovitel'naya meditsina. Pod red. Khadartseva AA, Gontareva SN, Kryukovoy SV. Tula: Izd-vo TulGU 2010; T. II; 262 s. Russian (Восстановительная медицина. Под ред. Хадарцева А.А., Гонтарева С.Н., Крюковой С.В. Тула: Изд-во ТулГУ, 2010; Т. II; 262 с.)
6. Ring EF, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiol Meas* 2012; 33 (3): 33–46
7. Bilodeau GA, Torabi A, Levesque M, et al. Body temperature estimation of a moving subject from thermographic images. *Mach Vis Appl* 2012; 23 (2): 299–311.
8. Harshaw C, Alberts JR. Group and individual regulation of physiology and behavior: A behavioral, thermographic, and acoustic study of mouse development. *Physiol Behav* 2012; 106 (5): 670–682.
9. Rudaya, AY, Steiner AA, Robbins JR, et al. Thermoregulatory responses to lipopolysaccharide in the mouse: dependence on the dose and ambient temperature. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2005; 289 (5): 1244–1252.
10. Henderson JM. Gastrointestinal pathophysiology. Moscow: Binom, 2010; 272 s. Russian (Хендерсон Д.М. Патология органов пищеварения. М.: Бином, 2010; 272 с.)

УДК 615.272.6

Оригинальная статья

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА <sup>68</sup>GA-ЦИТРАТ ДЛЯ ПЭТ-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВОСПАЛЕНИЙ

**А. С. Лунёв** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, инженер отдела радиационных технологий в ядерной медицине; ФГБОУ ВПО «Московская Государственная Академия Ветеринарной Медицины и Биотехнологии им. К.И. Скрябина», аспирант кафедры радиобиологии и вирусологии; **О. Е. Клементьева** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, старший научный сотрудник отдела радиационных технологий в ядерной медицине, кандидат биологических наук; **А. А. Ларенков** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, инженер отдела радиационных технологий в ядерной медицине; **К. А. Петросова** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, инженер отдела радиационных технологий в ядерной медицине; **М. В. Жукова** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, инженер отдела радиационных технологий в ядерной медицине; **Г. Е. Кодина** — ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, заведующая отделом радиационных технологий в ядерной медицине, кандидат химических наук.

## EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE APPLICATION POSSIBILITY OF RADIOPHARMACEUTICAL <sup>68</sup>GA-CITRATE FOR PET-IMAGING OF INFLAMMATION

**A. S. Lun'ov** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, Engineer of Department of Radiation Technologies in Nuclear Medicine; Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology n.a. K. I. Skryabin, Department of Radiobiology and virology, Post-graduate; **O. E. Klement'yeva** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, Senior Researcher of Department of Radiation Technologies in Nuclear Medicine, Candidate of Biological Sciences; **A. A. Larenkov** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, Engineer of Department of Radiation Technologies in Nuclear Medicine; **K. A. Petrosova** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, Engineer of Department of Radiation Technologies in Nuclear Medicine; **M. V. Zhukova** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, Engineer of Department of Radiation Technologies in Nuclear Medicine; **G. E. Kodina** — Federal Medical and Biophysical Center n.a. A. I. Burnazyan, Head of Department of Radiation Technologies in Nuclear Medicine, Candidate of Chemical Sciences.

Дата поступления — 19.11.2014 г.

Дата принятия в печать — 10.12.2014 г.

**Лунёв А.С., Клементьева О.Е., Ларенков А.А., Петросова К.А., Жукова М.В., Кодина Г.Е.** Экспериментальная оценка возможности применения радиофармацевтического препарата <sup>68</sup>Ga-цитрат для ПЭТ-визуализации воспалений. Саратовский научно-медицинский журнал 2014; 10 (4): 776–781.

**Цель:** сравнить фармакокинетику радиофармацевтических препаратов <sup>67</sup>Ga- и <sup>68</sup>Ga-цитрат, доказать сходство в их биораспределении и ускорить клиренс крови и накопление препаратов <sup>67</sup>Ga- и <sup>68</sup>Ga-цитрат в очаге воспаления в первые часы после введения при использовании предварительного внутривенного введения физиологически приемлемого соединения железа — раствора цитрата железа (III). **Материал и методы.** Эксперимент выполнен на 110 нелинейных крысах-самках с моделью асептического воспаления мягких тканей. Животным внутривенно вводили препарат, меченный изотопами галлия <sup>67</sup>Ga и <sup>68</sup>Ga, с премедикацией цитратом железа (III) и без нее. **Результаты.** Предварительное введение цитрата железа (III) ускоряет клиренс крови, накопление препарата в очаге воспаления в первый час после введения и интенсивное выведение из организма. **Заключение.** Применение <sup>68</sup>Ga-цитрата отвечает заявленным требованиям современной ядерной медицины, связанным с оценкой патофизиологических изменений и отражением функционального статуса в поврежденных органах и тканях. Нет статистически достоверной разницы между биораспределением препаратов, мечен-