ФИЗИОЛОГИЯ И ПАТОФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.766.1+57.087.3+57.081.23 Оригинальная статья

РЕГИСТРАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ БИООБЪЕКТОВ ПРИ БЕГЕ НА ТРЕДБАНЕ И ПЛАВАНИИ С ОТЯГОЩЕНИЕМ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО БЕЗМАРКЕРНОГО ВИДЕОТРЕКИНГА

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.*

REGISTER INDICATORS OF PHYSICAL ENDURANCE OF BIOLOGICAL OBJECTS WHEN RUNNING A TREADMILL AND SWIMMING WITH WEIGHTS USING COMPUTER VIDEO MARKERLESS TRACKING

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.*

Дата поступления — 18.11.2014 г. Дата принятия в печать — 10.12.2014 г.

Даценко 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): 766–771.**

Цель: обоснование использования видеотрекинга для оценки физической выносливости и определения показателей утомляемости биообъектов при беге на тредбане и плавании с нагрузкой. *Материал и методы*. Физическую выносливость оценивали с помощью тестовых установок для бега на тредбане и плавания с нагрузкой. В качестве объекта исследований использовали лабораторных крыс. *Результаты.* Для определения показателей физической выносливости биообъектов выделяли зоны беговой дорожки тредбана и электростимуляционной площадки, при плавании на общей площади емкости выделяли зону у поверхности воды. С помощью видеотрекинга осуществляли компьютерный хронометраж нахождения биообъекта в разных зонах отсеков тредбана и емкости для плавания. На основании данных о времени нахождения крысы в заданных зонах установок для бега и плавания, полученных в динамике тестирования физической выносливости, строили «кривые утомляемости», количественно оценивающие изменения показателей напряженной работы в зависимости от длительности ее выполнения. *Заключение*. Видеотрекинг позволяет определять время выполнения физической работы до отказа с нагрузками аэробной и смешанной аэробно-анаэробной мощности, устанавливать количественные показатели изменений работоспособности биообъектов в динамике тестирования с построением «кривых утомляемости» и объективно определять моменты времени возникновения у экспериментальных животных состояния истощения, когда происходит отказ от выполнения физической работы.

Ключевые слова: биообъекты, физическая выносливость, тредбан, плавание с отягощением, видеотрекинг

Datsenko AV. **Register indicators of physical endurance of biological objects when running a treadmill and swimming with weights using computer video markerless tracking. Saratov Journal of Medical Scientific Research 2014; 10 (4): 766–771.**

Purpose: to study the use of video tracking to assess physical endurance and indicators of biological objects fatigue when running on a treadmill and swimming with the load. *Material and methods.* Physical endurance evaluated by test facilities for running on a treadmill and swimming with the load. As the object of the studies used laboratory rats. *Results.* For indicators of physical endurance biological objects isolated areas running track of treadmill and electrical stimulation site, when swimming on the total area of the container isolated subarea near the water surface. With video tracking performed computer timing of finding biological object in different zones of the treadmill and containers for swimming. On the basis of data on the time location rats in a given zone apparatus for running and swimming, obtained in the dynamics of the test of physical endurance, build a “fatigue curves”, quantified changes in the indices of hard work, depending on the duration of its execution. *Conclusion*. Video tracking allows to define the execution of physical work to overflowing with loads of aerobic and mixed aerobic-anaerobic power, establish quantitative indicators of changes in the dynamics of biological objects operability testing with the construction of “fatigue curve” and objectively determine the times of occurrence in experimental animals exhaustion when fails to perform physical work.

Key words: biological objects, physical performance, treadmill, swimming with weights, video tracking.

Введение. При проведении экспериментальных комплексных медико-биологических исследований по оценке эффектов неблагоприятного действия на биообъекты малоизученных вредных и опасных, в том числе экстремальных факторов различной природы одними из основных интегральных показателей состояния организма являются данные о снижении физической работоспособности во время, в ранние сроки и в динамике после воздействия. Показатели состояния физической работоспособности экспериментальных биообъектов также служат одними из основных критериев оценки эффективности и безопасности разрабатываемых средств и способов защиты от повреждающих факторов, лекарственных препаратов, в частности в интересах спорта высших достижений и медицины экстремальных ситуаций, на этапах доклинических испытаний [1–7].

Среди разработанных методов оценки состояния физической работоспособности и выносливости биообъектов наибольшее распространение имеют тесты бега на тредбане и плавания с отягощением, моделирующих физическую нагрузку разной тяжести аэробной и анаэробной мощности (или их сочетаний) [1–4]. При этом в качестве объекта исследований для получения в том числе статистически и экономически обоснованных результатов исследований достаточных по количеству контрольных и подопытных групп выборочных совокупностей, с учетом отбраковки части животных при отборе, используют в основном лабораторных крыс, реже — мышей.

В соответствии с разработанными методиками и протоколами проведения исследований основным показателем физической выносливости биообъектов является время бега на тредбане и плавания с отягощением до состояния, когда животное прекращает активные действия при полном физическом истощении, о чем свидетельствует отказ от выполнения работы даже при наличии мотиваций и стимулов в виде ударов электротоком (тредбан) и угрозы утопления (плавание с грузом). В данных тестах, использующих исследовательские установки относительно небольших размеров, скоростные показатели бега и плавания являются малоинформативными, поскольку идеология подходов основана на том, что животные, выполняя физическую работу с максимальными усилиями, остаются определенное время практически неподвижными для обеспечения пребывания на движущейся ленте тредбана, когда они не получают удары электротоком, или у поверхности воды с возможностью дыхания. Скоростные показатели могут быть оценены в трудоемких процедурах выделения фрагментов (паттернов) движений биообъектов, связанных с всплыванием и быстрым выныриванием из глубины емкостей с водой, или при скачках животных с электростимуляционной площадки на ленту тредбана. Артефактами при определении скорости движения являются показатели промежуточных быстрых перемещений уставших животных при откате на ленте тредбана и опускании «камнем на дно» при плавательной пробе. Учитывать скорость перемещения отдельных конечностей, в основном при плавании, также практически невозможно из-за быстроты выполняемых движений, плохой видимости, если вода недостаточно прозрачная, а также при чередующихся поворотах тела животного боком или спиной к исследователю. Для изучения перемещения лап при беге и походки биообъектов разрабатывают технически более сложное специализированное исследовательское оборудование и программное обеспечение.

Для исследования психоэмоционального состояния и поведения биообъектов в настоящее время широко применяют методы видеоанализа движений на основе компьютерного безмаркерного видеотрекинга [8–10]. Получаемые с помощью видеотрекинга временные и скоростные показатели двигательной активности и локомоций прямо характеризуют эффективность и результативность целенаправленных действий биообъектов, направленных на удовлетворение их жизненных потребностей и соответствующих их функциональному состоянию и имеющимся компенсаторно-адаптационным или соматическим патологическим перестройкам в организме и психоэмоциональной сфере.

В исследованиях состояния физической работоспособности с помощью тестов бег на тредбане и плавание с отягощением с применением видеотрекинга в качестве исходных данных обоснованно могут быть использованы пространственно-временные показатели, характеризующие интегрально время выполнения физической работы, а также время нахождения биообъекта в определенных (заданных) зонах тестовых установок. При беге на тредбане животных подвергают физическим нагрузкам аэробной мощности. Функционально нахождение биообъекта в зоне у поверхности воды при плавании с отягощением означает выполнение физической нагрузки аэробной мощности, поочередно у поверхности и под водой — нагрузки смешанной аэробно-анаэробной мощности. Положение биообъекта в зоне движущейся ленты тредбана свидетельствует об активной физической работе при беге, в зоне электродов тредбана и на дне емкости с водой — означает временный или полный отказ от выполнении физической работы при беге и плавании с нагрузкой.

Цель: обоснование использования видеоанализа движений на основе компьютерного безмаркерного видеотрекинга для оценки физической выносливости и определения показателей утомляемости биообъектов при беге на тредбане и плавании с нагрузкой.

Материал и методы. Физическую выносливость биообъектов оценивали с помощью тестовых установок для бега на тредбане (Modular Enclosed Metabolic Treadmill, Columbus Instruments, США) и плавания с нагрузкой в виде бассейнов из оргстекла с размером прямоугольной секции 40x20x80 см (длина x ширина x высота) или стеклянных цилиндров высотой 65 см и диаметром основания 20 см. Тредбан позволяет регулировать угол наклона ленты, скорость ее движения, силу и частоту тока, подаваемого на электростимуляционную площадку. При проведении плавательной пробы могут быть изменены высота водяного столба, температура воды и вес груза, прикрепляемого к основанию хвоста или телу животного. Видеозапись движений биообъектов осуществляли с помощью вэб-камер, видеорегистраторов, бытовых или профессиональных камкордеров, устанавливаемых на штативах сверху тредбана и сбоку емкости с водой. Запись видеопотока проводили на сменные магнитные накопители или передавали на компьютер через USB-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

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

«Андреевка» ФГБУН НЦБМТ ФМБА России. Животные в виварии получали стандартный пищевой рацион и имели свободный доступ к воде.

Пространственные координаты расположения биообъектов и временные показатели выполнения физической работы при беге на тредбане и плавании с отягощением определяли в динамике индивидуального тестирования крыс в режимах on- и off-line с помощью программного обеспечения безмаркерного видеотрекинга движений биообъектов Any-maze (Stoelting Co., США).

Результаты. При проведении экспериментальных исследований состояния работоспособности лабораторных крыс для оценки их выносливости осуществляли регистрацию показателей времени выполнения нагрузки до состояния полного отказа от выполнения физической работы. В качестве методов исследований использовали тесты бега на тредбане и плавания с отягощением, доступные для практического применения как в стационарных лабораторных условиях, так и в выездных экспериментальных медико-биологических исследованиях.

Компьютерный безмаркерный видеотрекинг позволяет определять пространственное расположение биообъектов в динамике тестирования в определенных зонах беговой дорожки тредбана и емкости (бассейна, цилиндра) для плавания с отягощением. При проведении видеотрекинга для определении показателей физической выносливости биообъектов при использовании тредбана выделяли зоны беговой дорожки и электростимуляционной площадки. Граница между ними соответствует положению животного, когда оно касается задними лапами площадки с электродами. При плавании с отягощением помимо выделения общей площади емкости с водой отдельно обозначали внутреннюю зону у поверхности воды заданной высоты, например 10 см.

Нахождение животного в зонах движущейся ленты тредбана (рис. 1) и на поверхности емкости с водой означает активное выполнение физической нагрузки аэробной мощности при беге и плавании с отягощением соответственно. Перерывами в физической работе при беге на тредбане являются непродолжительные периоды нахождения биообъекта на электростимуляционной площадке. Плавание с физической нагрузкой анаэробной мощности без возможности дыхания (с задержкой дыхания) соответствует их активным перемещениям в нижней зоне емкости с водой (рис. 2). При этом программа видеотрекинга осуществляет компьютерный хронометраж нахождения выбранных точек, например «центра тяжести» изображения биообъекта в разных зонах отсеков тредбана и емкости для плавания. Время нахождения биообъекта в этих зонах устанавливают на основании количества кадров в соответствии с выбранным стандартом передачи видеопотока и видеозаписи.

На основании данных о времени нахождения биообъекта в заданных зонах установок для бега на тредбане и плавания с отягощением, полученных в динамике тестирования физической выносливости, строят «кривые утомляемости», количественно оценивающие изменения показателей напряженной работы в зависимости от длительности ее выполнения (рис. 3).

Устанавливаемые зависимости для отдельных животных или экспериментальных групп биообъектов позволяют определять и сравнивать характер нарастания утомления и его конечные величины, а

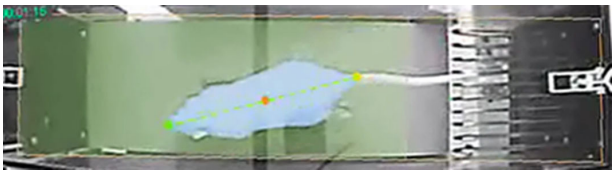

Рис. 1. Исследование физической выносливости лабораторной крысы при беге в тредбане с использованием видеотрекинга. Зеленым цветом выделена зона движущейся ленты тредбана, разноцветными точками — положения головы, «центра тяжести» тела биообъекта и основания хвоста

Рис. 2. Исследование физической выносливости лабораторной крысы при плавании с отягощением с использованием видеотрекинга. Зеленым цветом выделена зона нижней части емкости с водой, разноцветными точками — положения головы, «центра тяжести» тела биообъекта и основания хвоста

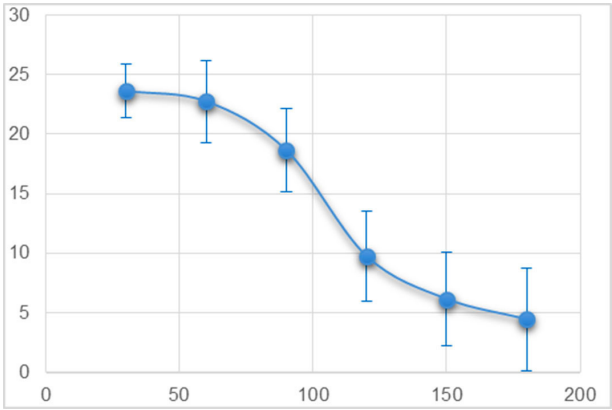

Рис. 3. «Кривая утомляемости» при плавании с грузом 10% от веса тела при температуре воды 22–24° С для группы 30 интактных крыс. По оси абсцисс — время тестирования, с; по оси ординат — время активного плавания с отягощением в зоне у поверхности воды, с. Точки графика — среднегрупповые показатели общего времени плавания в 30-секундных интервалах; вертикальные линии с засечками — доверительные интервалы для средних значений при уровне значимости p=0,05

также могут учитывать периоды и соотношения выполнения физических нагрузок аэробной и анаэробной мощности. Для оценки утомляемости и построения соответствующих кривых могут быть определены любые, в том числе заранее выбранные временные интервалы тестирования. Необходимо отметить, что при построении временных рядов по данным исследования групп биообъектов, в которых отдельные особи могут иметь разные по величине показатели времени плавания до отказа, имеет смысл использовать подход цензурирования наблюдений или определить общий интервал тестирования, в котором представлены данные всех исследованных животных или большей их части. В противном случае отдельные особи с высокими показателями физической выносливости в отдаленных отрезах времени при отсутствующих данных исследований менее выносливых животных существенно исказят вид временного ряда. Способ ограничения общего временного периода исследований для построения «кривых утомляемости» сократит время, затрачиваемое для тестирования большого количества животных, а также предотвратит гибель части биообъектов в результате утопления.

При регистрации показателей физической выносливости в динамике индивидуального тестирования для сравнительного статистического анализа можно использовать данные как суммарного времени, затраченного на выполнение работы с нагрузкой, так и получаемые в разные временные периоды ее выполнения, характеризующие изменения в процессах развития утомления или сохранения и повышения физической выносливости у каждого исследуемого биообъекта.

Достоинством компьютерных программ видеотрекинга является возможность задания определенных условий (правил) для окончания тестирования и необходимости извлечения биообъектов из тредбана и емкости с водой, в том числе для предотвращения электротравмирования, сведения к минимуму случаев возникновения воспалительных осложнений и утопления при плавании с отягощением. После достижения времени нахождения животного на электростимуляционной площадке тредбана и невсплывании его на поверхность воды при плавании с отягощением в течение, например, 15 и 20 с соответственно, программа видеотрекинга при работе в режимах on- и off-line автоматически прекращает регистрацию данных и может подать аудиовизуальный сигнал об окончании тестирования.

Грызунам свойственны врожденные выработанные в процессе эволюции хорошо развитые способности к бегу и перемещению в воде в различных, в том числе экстремальных ситуациях. Наряду с этим, при наличии сильных электрошоковых раздражителей, которые сами по себе могут нанести значительную электротравму, может понадобиться определенное время для обучения с целью формирования потребности и навыка бега на тредбане. При проведении видеотрекинга могут быть заданы определенные начальные промежутки времени, необходимые для адаптации биообъекта и не учитываемые при тестировании физической выносливости. Например, регистрацию времени беговой активности можно начинать через три минуты после посадки животного и включения ленты тредбана. Те же установки видеотрекинга могут быть использованы в тесте плавания с отягощением, когда некоторая часть животных первые секунды после помещения в воду безуспешно пытается избавиться от груза с помощью зубов и передних лап и только потом начинает активные плавательные движения.

Для отбора особо выносливых животных могут быть определены предельные показатели времени продолжительного постоянного бега, в течение которого биообъекты должны постоянно находиться в начальной зоне ленты тредбана, или плавания с отягощением на поверхности воды с высунутой для дыхания головой (носом и ртом). С помощью программы видеотрекинга можно также контролировать скорость движения ленты тредбана. Маркером может служить точечная метка, нанесенная, например, краской на край ленты движущейся дорожки.

При проведении экспериментальных исследований по оценке физической выносливости биообъектов с помощью тестов бег на тредбане и плавание с отягощением с компьютерным безмаркерным видеотрекингом 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 физическую выносливость биообъектов; временных показателей возникновения и развития утомляемости с построением рядов динамики («кривых утомляемости»); корреляционных взаимосвязей с изменениями оцениваемых показателей физической выносливости и других форм двигательной и поведенческой активности биообъектов; вероятностных характеристик (частоты встречаемости) возникновения у животных подопытных и контрольных групп отклонений в состоянии физической работоспособности по градациям разной степени ограничения физической выносливости (в зависимости от показателей продолжительности бега на тредбане и плавания с отягощением); степени влияния на физическую выносливость сезонных и суточных биоритмов, возрастных (весовых), половых и внутривидовых показателей и признаков, а также разных условий проведения исследований при беге на тредбане (угол наклона ленты тредбана, скорость ее движения и используемый режим ускорений, сила и частота тока, подаваемого на электростимуляционную площадку и др.) и плавании с отягощением (вес груза, габариты емкости с водой, высота водяного столба, температура, кислотность и содержание солей в воде и др.).

Обсуждение. Результаты оценки физической выносливости 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 [2–7]. В экспериментальных медико-биологических исследованиях при тестировании физической работоспособности биообъектов с помощью бега на тредбане и плавания с отягощением основным показателем, характеризующим их физическую выносливость, является время выполнения физической работы до отказа.

При визуальном наблюдении за бегом на тредбане и плавании с отягощением с ручным хронометражем с помощью секундомеров и таймеров традиционно рекомендуют определять общее время выполнения биообъектом физической работы до состояния, ког-

да животное при плавательной пробе опускается на дно емкости с водой, перестает активно двигаться и определенное время не всплывает на поверхность и при использовании тредбана находится в течение заданного времени на электростимуляционной площадке, не реагируя на удары током. Поскольку заранее точно предсказать эти состояния практически невозможно, при ручном хронометраже приходится для начала отсчета данных периодов постоянно включать секундомер, когда животное находится не у поверхности воды при плавании с отягощением или попадает и задерживается на электростимуляционной площадке тредбана. Если биообъект в последующем всплывает на поверхность воды или начинает бежать раньше ограничительных сроков, необходимых для прекращения тестирования, секундомер приходится обнулять. Подобная ситуация может неоднократно повторяться в течение продолжительного времени (десятки минут и даже часы) последовательного тестирования нескольких биообъектов, что требует повышенного внимания от исследователя и быстроты реакции при фиксации секундомером данных временных отрезков.

На практике момент окончания тестирования при плавании с отягощением исследователь в основном определяет, основываясь на собственном опыте. Описываемые признаки потери «сознания», заваливание на бок и на спину, выпускание из рта (легких) большого количества крупных пузырьков воздуха, глубокие дыхательно-глотательные движения и тому подобное продолжаются очень короткое время и носят субъективный характер. У отдельных животных относительно длительные замирания на дне емкости с водой являются проявлением «симуляций», так как через некоторое время они продолжают активно и долго перемещаться в воде. В связи с этим у менее опытных исследователей процент утонувших или слишком рано извлеченных из воды биообъектов может быть большим.

Значительная трудоемкость исследований при визуальном наблюдении и ручном хронометраже также обусловлена необходимостью выделения по одному экспериментатору для каждого обследуемого животного. Если тестировать несколько биообъектов в разных отсеках многодорожечного тредбана или отсеках емкости для плавания, скученность персонала в ограниченном пространстве рядом с тестовой установкой может быть чрезмерной, что создает дополнительные неудобства для обзора и регистрации экспериментальных данных исследования физической выносливости. Также недостатки ручной регистрации проявляются в случаях, когда животное очень часто попадает на электростимуляционную площадку тредбана и сразу же покидает ее, выпрыгивая на ленту беговой дорожки. При исследовании одного животного ситуация может повторяться многократно (сотни раз), и отрезки времени пребывания на ленте и электродах тредбана составляют доли секунды. Регистрировать эти временные периоды с помощью нажатия кнопок секундомера практически невозможно. Аналогичные двигательные перемещения имеют место и при «хаотичном» плавании с отягощением, когда животное длительное время неоднократно поднимается на поверхность воды и тут же погружается на небольшую глубину.

Необходимость введения четких ограничений на длительность процедур оценки физической выносливости биообъектов также обусловлена тем, что в тестах бег на тредбане и плавание с отягощением имеют место дополнительные неконтролируемые факторы, способствующие возникновению ряда патологических изменений в живом организме. При исследованиях физической выносливости при беге на тредбане это воздействие электротока, в отдельных крайних случаях приводящее к электрошоку, ожогам лап и хвоста. Необходимо также учитывать меняющуюся (в основном снижающуюся) при длительном воздействии чувствительность организма к воздействию электротока с постоянными характеристиками силы, напряжения и частоты подаваемых импульсов. При плавании с отягощением, особенно в конце периода тестирования, животные поневоле заглатывают воду, которая также может попасть в дыхательные пути. Вода в этих условиях может содержать грязь, мелкие инородные тела, микрофлору и патогенные микроорганизмы. Помимо этого, после извлечения из воды мокрые животные подвергаются определенному переохлаждению, несмотря на все проводимые необходимые процедуры высушивания. В связи с этим, особенно при проведении длительных экспериментов, у истощенных после физической нагрузки биообъектов возникает риск развития и обострения воспалительных инфекционных осложнений со стороны в первую очередь легких и желудочно-кишечного тракта. При последующих повторных тестированиях это может негативно сказаться на результатах оценки физической выносливости биообъектов, а также привести к летальному исходу, например, при развитии обширных абсцедирующих пневмоний. Исключение павших животных приведет к сокращению численности выборочных совокупностей исследуемых биообъектов.

При проведении экспериментальных исследований необходимо также учитывать определенные инструментальные отличия рассматриваемых методов оценки физической выносливости биообъектов при беге на тредбане и плавании с отягощением. Более экономичной и менее трудозатратной является плавательная проба с грузом, которая может быть выполнена в емкостях определенных объемов и габаритов, наполненных водой. Тредбаны являются сложными инженерными конструкциями, требующими соответствующего обслуживания техническими специалистами при настройке, калибровке и эксплуатации. Если для определения скорости движения ленты тредбана имеются соответствующие рекомендации и устройства контроля, то для проверки условий электростимуляции при проведении тестирования, особенно при наличии болюсов, замыкающих электроды и обесточивающих часть электростимуляционной площадки, или случайным нахождением животным положения на этой площадке, когда воздействие тока минимально или отсутствует, общепринятых доступных решений в настоящее время нет. В связи с этим помимо проведения хронометража от исследователя требуется постоянное наблюдение за поведением биообъектов и механическая очистка электродов от фекальных выделений с помощью подручных средств.

При тестировании физической выносливости биообъектов с помощью бега на тредбане кроме необходимости использования сложного в техническом отношении дорогостоящего оборудования обязательными являются требования по проведению относительно длительного многократного предварительного обучения животных с целью выработки у них устойчивого навыка к бегу. Поскольку количество отбракованных животных, не способных бегать на тредбане после определенного количества сеансов обучения или не удовлетворяющих требованиям отбора по заданным критериям физической активности, является непредсказуемым, объем зака-

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 натурных 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 видеорегистрирующей 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 малоприспособленных условиях для проведения экспериментальных медико-биологических исследований в выездных работах.

Заключение. Использование видеотрекинга в тестах «бег на тредбане» и «плавание с отягощением» позволяет точно определять общее время выполнения физической работы до отказа с нагрузками аэробной (бег на тредбане) и смешанной аэробно-анаэробной мощности (плавание с отягощением), устанавливать количественные показатели изменений 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 preclinical 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.*