

УДК 616-009.62/550.38

ДИНАМИКА ОБЩЕЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ КРЫС-САМЦОВ В УСЛОВИЯХ ЧЕТЫРНАДЦАТИДНЕВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ

Хусаинов Д. Р., Туманянц К. Н., Можаровская И. А., Усова В. В.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: gangliu@yandex.ru*

В ходе исследовательской работы была рассмотрена четырнадцатидневная динамика изменения двигательной активности крыс-самцов при трехкратном десятиминутном тестировании в установке «Ротарод» в норме и в условиях электромагнитного экранирования. Выявлен периодический характер сокращения времени нахождения животных на барабанах установки в контрольной группе с пиком на 7-е сутки ($p \leq 0,05$) на первом десятиминутном этапе; на втором и на третьем десятиминутном этапах достоверные отличия от максимальной (фоновой) продолжительности нахождения крыс в установке «Ротарод» у контрольной группы отсутствовали. В экспериментальной группе эти пики приходились на 5–7-е сутки на первом десятиминутном этапе ($p \leq 0,05$); на втором – на 5 и 6-е ($p \leq 0,05$); на третьем – на 6 и 7-е сутки ($p \leq 0,05$). Между исследуемым показателем крыс контрольной и экспериментальной групп достоверные отличия проявлялись на 5-е и 6-е сутки на первом и втором этапах и на 6-е и 7-е сутки на третьем этапе. При этом, значения экспериментальной группы были меньшими по сравнению с показателем контрольной группы соответствующего дня исследования при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Ключевые слова: двигательная активность, экранирование, крысы, период.

ВВЕДЕНИЕ

На изменение двигательной активности животных в условиях гипомангнитной среды обращалось внимание ещё с середины XX века. К примеру, Т. Рыскановым было оказано воздействие 257 МП разной индукции на крыс. Увеличение двигательной активности фиксировалось примерно в 70 % случаев, и с увеличением индукции увеличивался эффект [1]. Также канадский ученый М. Перзингер отметил увеличение двигательной активности грызунов во время магнитной бури 5–6 июля 1974 г [2]. Снижение двигательной активности у мышей линии СВА в ослабленном МП показала З. Н. Нахильницкая с соавторами [3], число движений уменьшалось приблизительно на 30 %. Также Копанёв и др. в своей статье рассказывали об опытах совершенных американскими исследователями Халперном и Ван Дейком на мышцах линии Свисс-Уебстер, находившихся в течении нескольких поколений в гипогеомагнитном поле и отмеченным ими снижением двигательной активности [4]. Исследования влияния физических факторов и гипомангнитной среды на двигательную активность, физическую выносливость, работоспособность активно продолжается и в наши дни. Так показано угнетение двигательной активности крыс

при облучении микроволновым излучением [5], подавление активности нейронов и ЦНС [6, 7], двигательной активности [6, 8] в гипомагнитных условиях. В подавляющем большинстве исследований магнитный фон снижается значительно, но в обычных условиях животные и человек сталкиваются с заметно меньшим уровнем экранирования (метро, банковские хранилища и т.д.). Кроме того, в исследованиях физиологических эффектов не столь выраженного экранирования существует целый ряд противоречий и особенно в биоритмологическом аспекте. В связи с указанным, в настоящем исследовании мы поставили задачу выяснить динамику общей двигательной активности крыс в четырнадцатидневный период электромагнитного экранирования приближенного к условно умеренному подавлению электромагнитного фона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования были выбраны 20 белых крыс-самцов линии Wistar, со средним весом, приблизительно 180–200 г, одного возраста (около 6 месяцев), со средней двигательной активностью. Животные до эксперимента содержались в стандартных условиях вивария, по состоянию здоровья – условно здоровые. Отбор животных со средней двигательной активностью был проведен по стандартной методике в тесте «открытое поле» [9]: вертикальная двигательная активность 5–7 усл.ед. – число подъемов на задние лапы, горизонтальная двигательная активность 24–28 усл.ед. – число пересечений секторов и низкой эмоциональностью 0–1 усл.ед. – число болюсов и уринаций. Все отобранные животные оставались на барабанах установки «Ротарод» в течение 10 минут со скоростью вращения 25 об/мин. Выбранных крыс разделяли на две группы по 10 особей и помещали в ящики размером 790×450×390 мм полупрозрачного пластика, крышки и стенки которых имели вентиляционные отверстия. Обеспечивался свободный доступ животных к стандартному для грызунов корму и воде. После отбора крысы помещались в стандартные условия вивария на 10 дней для социальной адаптации и предотвращения эффекта наслоения тренировки на исследовательский процесс. Затем, в тестовый период контейнеры с животными экспериментальной группы (n=10) помещались в экранирующую камеру ежедневно с 15⁰⁰ до 10⁰⁰ ч следующего дня, т.е. они находились в условиях ЭМЭ 19 часов в сутки в течение 14 дней. Экранирующая камера представляет собой комнату размером 2х3х2 м, изготовленную из железа «Динамо». Внутри комнаты находится контур из колец Гельмгольца. Коэффициент экранирования BDC составляет для вертикальной составляющей 4,3, для горизонтальной – 20. Внутри камеры для частот выше 170 Гц и в области частот от 2х10⁻³ до 0,2 Гц уровень спектральной плотности магнитного шума ниже 10 нТл/Гц. Коэффициент экранирования камеры на частотах 50 и 150 Гц порядка трех. На частотах больше 1 МГц имеет место практически полное экранирование. Крысы контрольных групп в этот четырнадцатидневный период не были подвержены воздействию ЭМЭ и находились в помещении вблизи экранирующей камеры. При этом, все сопутствующие условия содержания обеих групп: освещенность, температура и т.д. создавались максимально идентичными.

Освещенность внутри и вне камеры, а также внутри ящиков измерялась с помощью люксметра ТКЛ-ПКМ (модель 63). Внутри ящиков освещенность колебалась от 0.1 до 0.2 лк, внутри экранирующей камеры и в лаборатории, где содержались крысы контрольной группы, освещенность была такого же уровня, а в лаборатории, в которой проводили тестирование и уборку клеток, колебалась от 480 до 500 лк. Цикл свет\темнота составлял классическое соотношение 12/12 часов. В этот четырнадцатидневный экспериментальный период всех крыс переносили в лабораторию этологии к 10⁰⁰ часам, где они до 13⁰⁰ имели возможность успокоиться и привыкнуть к обстановке лаборатории. Затем с 13⁰⁰ до 15⁰⁰ животные тестировались на установке «Ротарод», по методике, указанной далее.

Установка «Ротарод» предназначена для исследования общей двигательной активности (выносливости) и равновесия, а также двигательных дисфункций, хронического стресса и прочего. Механизм представляет собой вращающийся стержень с лопастями (барабан) позволяющий одновременно проводить тестирование на 4-х крысах. Установка оснащена инфракрасными сенсорами для регистрации падения животных. Также в комплект входит решетчатый пол для электростимуляции, в случае необходимости создать мотивацию для избегания падения. При подключении к ПК возможно использование различных сценариев изменения скорости вращения. Линейные размеры установки 500*260*420 мм. Радиус барабана составляет 185 мм, а диаметр стержня 70 мм. Скорость вращения стержня от 4 до 25 оборотов в минуту. Управление аппаратно-программным комплексом «Ротарод» осуществляется с помощью ПК через USB-кабель или с запуском с панели управления. Для данной установки нет единого принятого протокола эксперимента. Однако, стоит отметить, что тест в большинстве случаев проводят каждые 10 минут на протяжении 60–90 минут. И регистрируется либо максимальная скорость на которой фиксировалось падение животного с вращающегося стержня, либо время удержания животного на установке [10–12].

Удержание равновесия на ротароде не является результатом повышения общей двигательной способности, а следствие внесения изменений в двигательную стратегию, чтобы освоить задачу. Нормальное животное после обучения может поддерживать свое равновесие на неопределенный срок времени. Навыки приобретаются путем обучения. Эффективность навыка обычно выходит на плато после определенного числа его повторений, которое зависит от сложности и новизны задачи. Сложные навыки требуют повторных тренировок с межсессионными периодами отдыха. В целом, обучение с перерывами является более эффективным, чем непрерывное обучение. Перед тестированием необходимо провести тренировочные сессии для привыкания животных к удержанию равновесия на установке. Однако, не существует общепринятой методики, устанавливающей необходимые параметры ротарода для отбора или тестирования животных [10, 13, 14].

Как уже было отмечено, в нашем исследовании отбирались животные, которые оставались на барабане установки «Ротарод» в течение 10 минут со скоростью вращения 25 об/мин. Затем, в экспериментальный период животные тестировались по 10 минут (600 секунд) в 3 этапа на скорости 25 об/мин, фиксировалось время

падения животных, если они падали ранее, чем истекут 600 секунд. Между этапами время отдыха животных составляло также 600 секунд. Во время отдыха одной из групп тестируемых крыс, на установке проводилось исследование другой группы. Следовательно, в указанном методическом подходе двигательная активность животных оценивается по нескольким составляющим: удержание равновесия (координация), физическая выносливость и, с учетом четырнадцатидневной длительности исследования, процесс тренировки. Далее при описании результатов исследования мы будем употреблять понятие двигательная активность, подразумевая указанные составляющие.

Эксперименты были проведены с использованием принципов биоэтики согласно Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых в экспериментах или прочих научных исследованиях (Directive 2010/63/EU, Страсбург, 2010).

Статистическую обработку данных проводили в программе GraphPad Prism 7 используя непараметрический критерий Данна. При этом, сравнение проводилось между контролем и группой ЭМЭ, а также с максимальным временем каждого этапа (600 с), которое принято за фоновые показатели.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ динамики общей двигательной активности крыс-самцов в трех десятиминутных этапах эксперимента

При анализе экспериментальных данных было выяснено, что на первом десятиминутном этапе нахождения животных в установке «Ротарод» на протяжении четырех суток крысы как контрольной, так и экспериментальной групп выдерживали предъявляемую нагрузку и продолжали находиться на движущемся барабане установки вплоть до его останова (рис. 1).

Начиная с пятых суток эксперимента наблюдалось сокращение времени нахождения животных на барабане установки «Ротарод». Так, у животных контрольной группы обнаружено достоверное ($p < 0,05$) сокращение этого показателя по сравнению с фоном (600 с) только на седьмые сутки, хотя в предшествующие два дня наблюдается постепенное снижение времени нахождения крыс в установке «Ротарод». У животных группы ЭМЭ подавление двигательной активности проявлялось в такой же временной интервал, но с заметно более выраженными изменениями. Достоверное падение длительности нахождения крыс в установке «Ротарод» по сравнению с фоном (600 с) проявлялось на 5–7-е сутки эксперимента. На пятые сутки показатель времени составлял 473 ± 32 с при $p < 0,05$ по сравнению с фоном, на шестые – $388 \pm 58,1$ с ($p < 0,05$) и на $477 \pm 79,6$ с ($p < 0,05$).

Практически в этот же период отмечены и достоверные отличия между контрольной группой и группой ЭМЭ. Так, на пятые и шестые сутки исследования время нахождения животных группы ЭМЭ на барабане ротарода достоверно меньше по сравнению с контролем при $p < 0,05$.

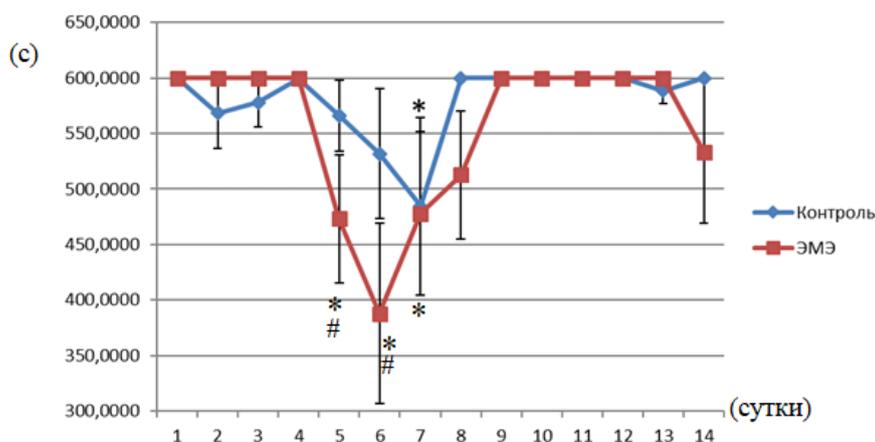


Рис. 1. Динамика двигательной активности крыс-самцов на установке «Ротарод» в первый десятиминутный этап.

Примечания: по оси x отмечены дни эксперимента, по оси y время нахождения крыс в установке (в секундах). * – отмечены дни в которые наблюдалось достоверное отличие от максимальной (фоновой) продолжительности нахождения крыс в установке «Ротарод» ($p < 0,05$), # – отмечены дни в которые наблюдалось достоверное отличие экспериментальной группы от контрольной ($p < 0,05$).

При анализе данных, полученных во время второго десятиминутного этапа тестирования на установке «Ротарод» отмечено снижение показателя двигательной активности у животных экспериментальной группы, в то время как животные контрольной группы удерживались на вращающемся стержне вплоть до его остановки. И лишь с пятого дня отмечается некоторое снижение двигательной активности у контрольных животных, но эти колебания не достигают достоверного уровня значимости. И, напротив, животные, подвергавшиеся экранированию, показывали большее снижение двигательной активности, которое на пятые и шестые сутки достигало достоверного уровня отличий, как от фоновых показателей, так и от контрольных значений (рис. 2). На пятые сутки эксперимента время нахождения животных группы ЭМЭ в установке «Ротарод» находилось на уровне $454 \pm 41,8$ с, на шестые – $435 \pm 38,6$ с ($p < 0,05$ по сравнению с фоном и контролем в оба указанных дня).

В третий десятиминутный этап нахождения крыс в установке «Ротарод» животные контрольной группы на протяжении всего четырнадцатидневного эксперимента не проявляли значимого изменения показателя двигательной активности и не было выявлено достоверных отличий от фоновых показателей (рис. 3).

У животных, подвергавшихся ЭМЭ, к третьему десятиминутному этапу эксперимента достоверное сокращение времени нахождения на барабане установки «Ротарод» наблюдается на 6 и 7-е сутки эксперимента, в которые указанный показатель снижался до $430 \pm 82,2$ с ($p < 0,05$, по сравнению с фоном) и до 457 ± 92 с ($p < 0,05$, по сравнению с фоном). Также фиксируется сокращение этого показателя

на 2-е и 10-е сутки исследования, но в эти дни изменения не достигают достоверного уровня значимости.

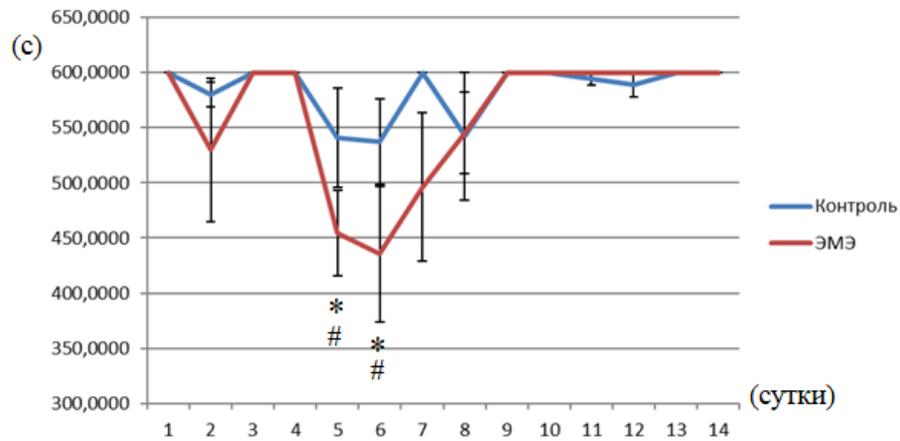


Рис. 2. Динамика двигательной активности крыс-самцов на установке «Ротарод» во второй десятиминутный этап.

Примечания: обозначения такие же, как и на рис. 1.

При сравнении двигательной активности двух групп между собой достоверные отличия обнаружены на 6 и 7-е сутки эксперимента при $p < 0,05$, что предсказуемо, т.к. именно в эти дни наблюдался пик угнетения двигательной активности животных группы ЭМЭ.

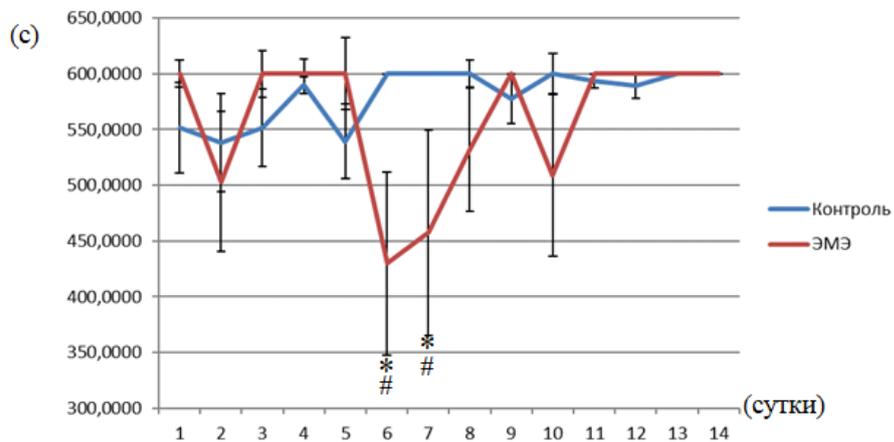


Рис. 3. Динамика двигательной активности крыс-самцов на установке «Ротарод» в третий десятиминутный этап.

Примечания: обозначения такие же, как и на рис. 1.

Таким образом, в ходе исследовательской работы была рассмотрена четырнадцатидневная динамика изменения двигательной активности крыс-самцов в норме, выявлена слабо выраженная периодичность ее угнетения с достоверным сокращением времени нахождения на барабане установки «Ротарод» только в первом десятиминутном этапе; в остальные два этапа все отклонения не достигали необходимого уровня значимости.

Двигательная активность животных, подвергшихся четырнадцатидневному ЭМЭ, демонстрировала гораздо более выраженные изменения во всех трех десятиминутных этапах тестирования в установке «Ротарод». И, как следствие, периодичность изменений двигательной активности животных группы ЭМЭ имело более явный характер. На первом десятиминутном этапе тестирования пик угнетения двигательной активности крыс группы ЭМЭ приходился на 5–7-е сутки эксперимента. В контрольной группе условно (в силу достоверного падения только на 7-е сутки) с пятых по 7-е сутки эксперимента. В последующих этапах, особенно на третьем, разобщение между направленностью изменений в контрольной группе и группе ЭМЭ становится еще более выраженным.

Такие данные, помимо прочего, являются предпосылкой для проведения биоритмологического анализа и предполагается могут свидетельствовать о фазовом биоритмологическом сдвиге, неоднократно отмеченным различными авторами [15, 16].

Анализ биоритмологической составляющей физической выносливости крыс-самцов контрольной и экспериментальной групп на протяжении четырнадцатидневного исследования.

Для того чтобы подтвердить наличие периодичности в пиках и спадах физической выносливости у животных обеих групп был проведен анализ Фурье, в каждом десятиминутном этапе в установке «Ротарод». Так, на первом этапе выявлены более длинные ритмы порядка пяти суток и короткие в пределах 2–3 суток (табл. 1) При этом, у животных обеих групп наблюдается совпадение ритмов продолжительностью 4,7 суток. Но более короткодневные периоды имеют заметное отличие со смещением порядка от 0,3 до 1,3 дня (табл. 1). Следовательно, в короткодневных периодах происходит фазовое смещение в сторону укорочения ритмов у животных, подвергнутых действию умеренного ЭМЭ. Такое фазовое опережение у экспериментальной группы животных ярко проявляется на первом десятиминутном этапе, что хорошо видно на рисунке 1.

Во время второго десятиминутного этапа длинные четырехсуточные периоды у животных контрольной группы пропадают, тогда как у экспериментальной группы сохраняются (табл. 1). Более короткодневные периоды, в свою очередь, проявляются у обеих групп, совпадают между собой и не смещаются относительно друг друга.

У животных контрольной группы во время третьего этапа физических нагрузок периоды укорачиваются, наиболее длительный период в контрольной группе составляет 3,5 суток, а более короткие 2,3 и 2 суток (табл. 1). Однако экспериментальная группа сохраняет соотношение периодов прежним, наиболее длительный период остается в пределах пяти суток, а именно 4,7, более короткие

периоды представлены 3,5 и 2 сутками. При этом, наиболее короткий двухсуточный период совпадает у обеих групп. Следовательно, тенденция к укорочению периодов наблюдается у животных, не подвергавшихся умеренному ЭМЭ, а фазовый сдвиг этой группы относительно группы экспериментальных животных оказывается около 1,2 суток в наиболее длительных периодах каждой группы и периодах средней длительности.

Таблица 1
Длина (дни) биоритмологических периодов изменения двигательной активности у крыс-самцов в трех этапах предъявления физической нагрузки

	Первый этап			Второй этап			Третий этап		
Контроль	4,7	3,5	2,3	3,5	2,8	3,5	2,3	2	
ЭМЭ	4,7	2,8	2	4,7	3,5	2,8	4,7	3,5	2

При сопоставлении динамики групповых средних значений времени нахождения крыс в экспериментальной установке наблюдается постепенное усиление явления десинхронизации от первого этапа к третьему. На первом этапе расхождение периодов показателя двигательной активности животных наблюдается в более короткодневном диапазоне, во время второго этапа расхождение периодов выражено наблюдается в пятисуточном диапазоне, на третьем этапе наблюдается сохранение выраженной десинхронизации, которая проявляется в более длиннодневных периодах.

Таким образом, можно выделить условно длинные ритмы продолжительностью около пяти суток, средние – около трех суток и короткие ритмы – около двух суток. Следовательно, по продолжительности, во время первого десятиминутного этапа эксперимента, периоды сниженной физической выносливости крыс контрольной и экспериментальной групп отличаются чуть более, чем на сутки в основном за счет смещения в средних и коротких периодах. В то же время во втором этапе предъявления нагрузки у животных контрольной группы исчезает наиболее продолжительный пятисуточный (4,7 суток) ритм, и остаются лишь ритмы средней и малой длительности, тогда как у животных экспериментальной группы наиболее продолжительный ритм сохраняется, и ритмы средней и малой длительности совпадают с ритмами животных контрольной группы. К третьему этапу, как уже было сказано выше, наблюдается наиболее яркое ритмическое разобщение, так как в контрольной группе длительный пятисуточный ритм вытесняется трехсуточным ритмом средней длительности, также сохраняются периоды малой длительности, что, возможно, говорит о процессах тренировки и адаптации происходящих в организмах животных, находящихся в условиях нормального геомагнитного поля. У животных подвергавшихся умеренному электромагнитному экранированию наблюдается сохранение всех ритмов, имевшихся на предыдущих этапах эксперимента. Стоит, также, отметить, что амплитудность пиков выраженного угнетения двигательной активности у крыс экспериментальной группы сохраняется

на протяжении всех трех этапов исследования. У животных контрольной группы пик угнетения двигательной активности значимо выражен только на первом десятиминутном этапе, в последующие – все отклонения не достигают достоверного уровня значимости. Что ещё раз подтверждает влияние ЭМЭ на биоритмологическую составляющую всех процессов организма, отмеченную многими авторами [15–17]. Также получено экспериментальное подтверждение, что не только сильное подавление электромагнитного фона вызывает угнетение двигательной активности и, в частности, снижает физическую выносливость, но и умеренное ЭМЭ достоверно угнетает двигательную активность животных с выраженной периодичностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В ходе исследовательской работы была рассмотрена четырнадцатидневная динамика изменения физической выносливости крыс-самцов, так в нативных условиях, выявлен периодический характер снижения выносливости. При этом, достоверного уровня значимости эти колебания достигали только на 7-е сутки первого десятиминутного этапа.
2. В результате исследования, выявлено, что физическая выносливость крыс-самцов, находящихся в условиях четырнадцатидневного ЭМЭ, также имеет периодический характер при более значимых колебаниях по сравнению с контрольной группой. Наибольшее снижение физической выносливости наблюдается на 5–7-е сутки ($p < 0,05$) во время первого десятиминутного этапа, на 5 и 6-е сутки ($p < 0,05$) во время второго этапа предъявления нагрузки и на 6 и 7-е сутки ($p < 0,05$) в третьем этапе. При этом, значимо меньшие по сравнению с контролем показатели времени нахождения крыс группы ЭМЭ на барабане «Роторода» отмечены на 5 и 6-е сутки ($p < 0,05$) во время первого и второго десятиминутных этапов и на 6 и 7-е сутки ($p < 0,05$) в третьем этапе.
3. С помощью Фурье-анализа определили, что на первых этапах более длительные ритмы имеют продолжительность около 5 суток, а более короткие около 2–3 суток в экспериментальной и контрольной группах. Тогда как к третьему этапу в контрольной группе наиболее длительный период занимает менее 4 суток, а в экспериментальной группе он сохраняет свою продолжительность аналогичной первому этапу.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках инициативной части государственного задания № 6.5452.2017/8.9 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Временная организация физиологических систем человека и животных: феноменология и механизмы генерации и регуляции микро- и мезоритмов».

Работа выполнена на оборудовании КП ФГАОУ ВО КФУ им. В. И. Вернадского» «Экспериментальная физиология и биофизика».

Список литературы

1. Рысканов Т. Некоторые реакции нервной системы экспериментальных животных на неоднородное постоянное магнитное поле разной индукции (в норме и при высотной гипоксии): Автореф. Дис... канд. Биол. наук. / Т. Рысканов. – Ашхабад. – 1980. – 98 с.
2. Persinger M. A. (Ed.) ELF and VLF electromagnetic field effects / M. A. Persinger (Ed.) // N.Y.: Plenum, 1974. – 316 p.
3. Нахильницкая З. Н. Магнитное поле и жизнедеятельность организмов / З. Н. Нахильницкая. – В кн.: Проблемы космической биологии. – М., 1978. – Т. 37. – 268 с.
4. Копанев В. И. О биологическом действии на организм гипомагнитной среды / В. И. Копанев, Г. Д. Ефименко, А. В. Шакула // Изв. АН СССР. Сер. Биол. – 1979. – №3. – С. 342–353.
5. Керяя А. В. Динамика поведенческих реакций мышей в ходе воздействия на жировую ткань наносекундным импульсно-периодическим микроволновым излучением / А. В. Керяя, М. А. Большаков, А. Е. Купцова [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 3. – С. 105–109.
6. Гуль Е. В. Поведение и функциональное состояние ЦНС крыс после пребывания в моделируемых гипогеомагнитных условиях: диссертация ... кандидата биологических наук: 03.03.01 / Е. В. Гуль, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, 2014. – 128 с.
7. Новиков С. М. Исследование действия ослабленного постоянного магнитного поля на возбудимость нервной клетки / С. М. Новиков [и др.] // Биофизика. – 2008. – Т. 53, № 3. – С. 519–523
8. Дещеревский А. В. Геомагнитные возмущения и активность животных в лабораторных условиях / А. В. Дещеревский, А. Я. Сидорин, Е. П. Харин // Биофизика. – 2009. – Т. 54, № 3. – С. 554–562.
9. Маркель А. Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте «открытое поле» / А. Л. Маркель // Журн. высш. нерв. деят. – 1981. – Т.31, № 2. – С. 301–307.
10. Buitrago M. M. Short and long-term motor skill learning in an accelerated rotarod training paradigm / M. M. Buitrago, J. B. Schulz, J. Dichgans [et al.] // Neurobiology of learning and memory. – 2004. – V. 81, № 3. – P. 211–216.
11. Каркищенко Н. Н. Альтернативы биомедицины, руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских технологиях / под ред. Н. Н. Каркищенко и С. В. Грачева. – Москва, 2010. – 56 с.
12. Чайка А. В. Поведенческие методики в нейроэтологии / А. В. Чайка, И. В. Черетаев, Д. Р. Хусаинов, И. И. Коренюк. – Симферополь, 2015. – 36 с.
13. Mizoguchi K. Chronic stress impairs rotarod performance in rats: implications for depressive state / K. Mizoguchi, M. Yuzurihara, A. Ishige [et al.] // Pharmacology Biochemistry and Behavior. – 2002. – V. 71, № 1. – P. 79–84.
14. Shiotsuki H. A rotarod test for evaluation of motor skill learning / H. Shiotsuki, K. Yoshimi, Y. Shimo [et al.] // Journal of neuroscience methods. – 2010. – V. 189, № 2. – P. 180–185.
15. Туманянц К. Н. Поведение крыс при умеренном электромагнитном экранировании / К. Н. Туманянц, Е. Н. Чуюн, Д. Р. Хусаинов, А. С. Костюк, Н. С. Ярмолук, И. В. Черетаев, А. В. Чайка // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №. 1–2. – С. 199–203.
16. Темурьянц Н. А. Участие опиоидной системы в изменении агрессивного поведения крыс в условиях длительного электромагнитного экранирования / Н. А. Темурьянц, К. Н. Туманянц, А. С. Костюк, Д. Р. Хусаинов, И. В. Черетаев, А. В. Чайка // Учен. зап. Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2014. – Т. 27, № 3. – С. 160–168.
17. Чибисов С. М. Влияние гелиогеофизических факторов на биоритмы организма / С. М. Чибисов, В. А. Фролов, Д. Г. Стрелков, Д. С. Скрылев, Е. А. Романова, Е. В. Харлицкая, Ф. Халберг, Ж. Корнелиссен // Современные проблемы науки и образования. – 2006. – № 5. – С. 15–22.

**DYNAMICS OF GENERAL MOTOR ACTIVITY OF RATS UNDER THE
CONDITIONS OF THE FOURTEEN-DAY ELECTROMAGNETIC SHIELDING**

Khusainov D. R., Tumanyants K. N., Mozharovskaya I. A., Usova V. V.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: gangliu@yandex.ru*

In the course of the research, a fourteen-day dynamics of changes in the motor activity of male rats was examined with a threefold ten-minute test in the Rotarod facility in the norm and under electromagnetic shielding conditions (ESC). For the study, 20 white male rats of the Wistar line were selected, with an average weight of about 180–200 g, of the same age (about 6 months), with an average motor activity. All selected animals remained on the drum unit "Rotarod" for 10 minutes with rotation speed of 25 rpm. The Selected rats were divided into two groups of 10 animals and placed into boxes with size 790×450×390 mm opaque plastic, the lid and the walls of which had vents. Ensured free access of animals to standard rodent food and water. After selection, the animals were placed in standard vivarium conditions for 10 days for social adaptation and to prevent the effect of layering training on the research process.

Then, during the test period, containers with animals of the experimental group (n=10) were placed in the screening chamber daily from 1500 to 1000 hours of the next day, i.e. they were in EME conditions 19 hours a day for 14 days. Boxes with animals of the control group were in the room near the screening chamber. At the same time, all related conditions of both groups: light, temperature, etc. are designed to be identical.

In the installation "Rotarod" animals were tested for 10 minutes (600 seconds) in 3 stages at a speed of 25 rpm, recorded the time of falling animals, if they fell earlier than 600 seconds will expire. Between the stages, the rest time of the animals was also 600 seconds. During the rest of one of the groups of tested rats, another group was studied at the facility. Therefore, in the specified methodical approach motor activity of animals is estimated on several components: keeping of balance (coordination), physical endurance and, taking into account fourteen-day duration of research, process of training. Further, when describing the results of the study, we will use the concept of motor activity, implying these components.

Statistical data processing was performed in GraphPad Prism 7 using nonparametric Dunn criterion. At the same time, a comparison was made between the control and the ESC group, as well as with the maximum time of each stage (600 s), which is taken as background indicators.

In the course of research work was reviewed by the fourteen days the dynamics of changes in physical endurance of rats-males in native conditions, revealed the periodic nature of the performance. At the same time, these fluctuations reached a reliable level of significance only on the 7th day of the first ten-minute stage.

As a result of the study, it was revealed that the physical endurance of male rats under fourteen-day ESC also has a periodic character with more significant fluctuations compared to the control group. The greatest decrease in physical endurance is observed on the 5th–7th day ($p<0.05$) during the first ten-minute stage, on the 5th and 6th day ($p<0.05$) during the second stage of load presentation and on the 6th and 7th day ($p<0.05$) in the third stage. At the same time, significantly lower compared to control indices of rats of a group of ESC on the drum "Rotorod" marked on the 5 and 6th day ($p<0.05$) during the first and second of the ten stages and on 6 and 7th day ($p<0.05$) in the third stage.

Using Fourier analysis, it was determined that in the first stages longer rhythms have a duration of about 5 days, and shorter ones about 2–3 days in the experimental and control groups. Whereas by the third stage in the control group the longest period takes less than 4 days, and in the experimental group it retains its duration similar to the first stage.

Keywords: physical activity, shielding, rats, period.

References

1. Ryskanov T. *Some reactions of the nervous system of experimental animals to an inhomogeneous constant magnetic field of different induction (normal and with altitude hypoxia)*, 98 p. (Ashgabat, 1980)
2. Persinger M. A. (Ed.) *ELF and VLF electromagnetic field effects*, 316 p. (N.Y.: Plenum, 1974).
3. Nakhilnitskaya Z. N. *The magnetic field and the vital activity of organisms*, **37**, 268 (In book: Problems of space biology. M., 1978).
4. Kopanev V. I., Efimenko G. D., Shakula A. V. On the biological effect on the organism of a hypomagnetic environment. *Izv. Academy of Sciences of the USSR. Ser. Biol.*, **3**, 342 (1979).
5. Kereya A. V., Bolshakov M. A., Kuptsova A. E. [et al.] The dynamics of the behavioral reactions of mice during exposure to adipose tissue with nanosecond pulse-periodic microwave radiation, *International Journal of Applied and Fundamental Research.*, **(3)**, 105 (2018).
6. Gul E. V. *Behavior and functional state of the central nervous system of rats after being in simulated hypogeomagnetic conditions*, 128 p. (Tomsk, 2014).
7. Novikov S. M. [et al.] Investigation of the effect of a weakened constant magnetic field on the excitability of a nerve cell, *Biophysics*, **53 (3)**, 519 (2008).
8. Deshcherevsky A. V., Sidorin A. Ya., Harin E. P. Geomagnetic disturbances and activity of animals in laboratory conditions, *Biophysics*, **54, (3)**, 554 (2009).
9. Markel A. L. To the assessment of the main characteristics of the behavior of rats in the open field test, *Zh. higher nerve. Activities*, **31 (2)**, 301 (1981).
10. Buitrago M. M., Schulz J. B., Dichgans J. [et al.] Short and long motorized paradigm, *Neurobiology of learning and memory*, **81 (3)**, 211 (2004).
11. Karkishchenko N. N., Grachev S. V. *Alternatives to biomedicine, a guide to laboratory animals and alternative models in biomedical technologies*, p. 5. (Moscow, 2010).
12. Chaika A. V., Cheretaev I. V., Khusainov D. R., Korenyuk I. I. *Behavioral techniques in neuroethology*, p. 36. (Simferopol, 2015).
13. Mizoguchi K., Yuzurihara M., Ishige A. [et al.] Chronic stress impairs rotarod performance in rats: implications for depressive state, *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, **71 (1)**, 79 (2002).
14. Shiotsuki H., Yoshimi K., Shimo Y. [et al.] A rotarod test for evaluation of motor skill learning, *Journal of neuroscience methods*, **189 (2)**, 180 (2010).
15. Tumanyants K. N., Chuyan E. N., Khusainov D. R., Kostyuk A. S., Yarmolyuk N. S., Cheretaev I. V., Chajka A. V. Behavior of rats with moderate electromagnetic shielding, *International Journal of Applied and Fundamental Research*, **1-2**, 199 (2016).
16. Temuryants N. A., Tumanyants K. N., Kostyuk A. S., Khusainov D. R., Cheretaev I. V., Chaika A. V. The participation of the opioid system in changing the aggressive behavior of rats under conditions of prolonged electromagnetic shielding, *Studies. zap Taurus nat un-that them. V. I. Vernadsky. Ser. "Biology, Chemistry"*, **27 (3)**, 160 (2014).
17. Chibisov S. M., Frolov V. A., Strelkov D. G., Skrylev D. S., Romanova E. A., Kharlitskaya E. V., Halberg F., Cornelissen J. Influence of heliogeophysical factors on the biorhythms of organism, *Modern problems of science and education*, **5**, 15 (2006).