Фундаментальная медицина

Фундаментальное исследование
УДК 612.821:599.323.4-092.9
http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2026-1-13

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС ВИСТАР В ПРИПОДНЯТОМ КРЕСТООБРАЗНОМ ЛАБИРИНТЕ ПРИ АКСЕЛЕРАЦИИ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ УМЕНЬШЕНИЕМ ЧИСЛЕННОСТИ ПОМЕТОВ

Борис Яковлевич Рыжавский[1]✉, Анастасия Николаевна Родионова[2], Анна Васильевна Ланшакова[3], Екатерина Марковна Литвинцева[4]

[1-4]✉Дальневосточный государственный медицинский университет, Хабаровск, Россия, 19151943@rambler.ru

Аннотация. Изучались в приподнятом крестообразном лабиринте (ПКЛ) особенности поведения крыс разного возраста с экспериментальной акселерацией, обусловленной уменьшением численности пометов через одни сутки после родов до 6 крысят. У животных опытной группы раньше, чем в контроле (крысы из пометов из 10-11 крысят), обнаружены гендерные различия исследовательской активности. Как у контрольных животных, так и у крыс опытной группы выявлены достоверные корреляции между показателями массы тела, мозга, гонад, с одной стороны, и показателями поведения в ПКЛ, с другой. Эти корреляции у животных контрольной группы имели гендерные различия. Отличия поведения у самцов и самок и их корреляции с массой тела, мозга и гонад из пометов с экспериментально уменьшенной численностью от контроля были различными.

Ключевые слова: поведение, акселерация, головной мозг, крыса

Для цитирования: Статистический анализ поведения крыс вистар в приподнятом крестообразном лабиринте при акселерации, обусловленной уменьшением численности пометов / Б.Я. Рыжавский, А.Н. Родионова, А.В. Ланшакова и др. // Дальневосточный медицинский журнал. – 2026. – № 1. – С. 83-88. http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2026-1-13.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF WISTAR RATS IN AN ELEVATED CRUCIFORM MAZE DURING ACCELERATION DUE TO A DECREASE IN THE NUMBER OF LITTERS

Boris Ya. Ryzhavsky[1]✉, Anastasia N. Rodionova[2], Anna V. Lanshakova[3], Ekaterina M. Litvintseva[4]

[1-4]✉Far Eastern State Medical University, Khabarovsk, Russia, 19151943@rambler.ru

Abstract. The behavior of rats of different ages with experimental acceleration, caused by a decrease in the number of litters one day after birth to 6 rats, was studied in a raised cross-shaped maze (RCM)**.** In the experimental group, gender differences in exploratory activity were detected earlier than in the control group (rats from litters of 10-11 rats). In both the control animals and the rats in the experimental group, there were significant correlations between body weight, brain weight, and gonadal weight, on the one hand, and behavioral indicators in the PCL, on the other. These correlations in the control group had gender-specific differences. The differences in behavior between males and females, as well as their correlations with body weight, brain weight, and gonadal weight, were different in the litters with experimentally reduced numbers compared to the control.

Keywords: behavior, acceleration, brain, rat

For citation: Statistical analysis of the behavior of wistar rats in an elevated cruciform maze during acceleration due to a decrease in the number of litters / B.Ya. Ryzhavsky, A.N. Rodionova, A.V. Lanshakova, et al. // Far Eastern medical journal. – 2026. – № 1. – P. 83-88. http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2026-1-13.

Акселерация определяется как ускоренное соматическое развитие, более раннее половое созревание и бóльшие размеры тела у взрослых, чем у предшествующих поколений. Этот процесс в течение многих лет наблюдался у населения разных стран. В качестве его причин рассматривается действие многих разнообразных факторов, как природных, так и социальных [1-3]. Акселерация описана и у животных, в частности, у крыс Вистар [3]. Более глубокому и разностороннему изучению влияния акселерации на человека может служить ее исследование на экспериментальных моделях. Нами было показано, что крысы, имеющие признаки акселерации, могут быть получены при изменении ряда условий среды, в которой проходит их пренатальное и постнатальное развитие. В частности, было установлено, что уменьшение численности пометов до 4-6 крысят, осуществленное через одни сутки после родов, приводит в последующем к появлению у этих животных признаков акселерации. При этом было выявлено, что абсолютная масса их головного мозга (ГМ) и его полушарий превосходили таковые у контрольных животных в неонатальном, молочном, препубертатном и пубертатном периодах онтогенеза. Морфологические характеристики разных отделов неокортекса, гиппокампа, мозжечка подопытных крыс свидетельствовали об опережающем развитии их ГМ [4-6]. Настоящая работа – продолжение данных исследований. Ее целью являлось изучение особенностей поведения крыс с экспериментальной акселерацией в 25-, 31-, 41-,75-суточном возрасте, то есть в молочном, препубертатном, пубертатном периодах онтогенеза, а также у половозрелых животных, сопоставление их с массой тела в разные периоды онтогенеза, а также с массой ГМ и гонад в возрасте 90 суток. В работе были поставлены задачи: сравнить показатели поведения в приподнятом крестообразном лабиринте (ПКЛ) у крыс экспериментальной и контрольной групп (ЭГ и КГ соответственно) разного возраста и сопоставить их с массой тела в разные возрастные периоды, а также с массой гонад и ГМ в возрасте 90 суток. Использование ПКЛ определялось его широким применением и информативностью при изучении поведения лабораторных грызунов [7-12].

Материалы и методы

Исследованы крысы Вистар двух групп (ЭГ и КГ), являвшиеся потомством интактных трех- четырехмесячных самцов и самок, рожденных в пометах средней численности (10-12 крысят в помете). Животные содержались в соответствии с ГОСТ 33216-2014 (Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами). В ЭГ (4 помета), численность пометов была уменьшена через одни сутки после родов до 6 особей (всего – 24 животных), в КГ были оставлены все рожденные крысята (2 помета, 21 животное). Крысы обеих групп содержались в условиях одного вивария, каждый помет крыс содержался вместе с матерью в отдельной клетке. В возрасте 32-суток по окончании молочного периода крысят отсаживали от матери, разделяли по полу и помещали до возраста 90 суток по 2-4 особи в каждой клетке. Все животные получали в свободном доступе воду и одинаковый корм ad libitum. В возрасте 14, 30, 40, 60 и 90 суток определялась масса тела животных. В возрасте 25, 31, 41 и 75 суток поведение крыс исследовали в ПКЛ. Регистрировалось время, приходящееся на стойки, свешивания, движение, груминг, бездействие, нахождение в открытом и закрытом рукавах лабиринта, а также количество указанных действий. На основании полученных данных определяли интегральные показатели: исследовательскую активность (ИА) и уровень тревожности (УТ) по [12]. В 90-суточном возрасте проводили эвтаназию животных, определяли массу их тела, ГМ и гонад. Обработку полученных данных проводили в программе Statistica 10.0, используя опции описательной статистики, корреляционного и кластерного анализа. Определяли среднюю арифметическую и ее ошибку (M±m), медиану (Me), нижний и верхний квартиль (Qu1, Qu3). Достоверность различий между группами оценивали с применением U критерия Манна-Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты и обсуждение

Крысы обоего пола из ЭГ в возрасте в возрасте 14, 30, 60 и 90 суток имели большую, чем животные из КГ, массу тела (табл. 1). В возрасте 90 суток у самцов она равнялась 371±6,5 г (в контроле – 324±7,6 г), у самок – 255±4 г (в контроле – 238±5 г). Абсолютная масса ГМ у самцов ЭГ также была достоверно больше, чем у самцов КГ (2 032±17 мг против 1924±13 мг). У самок различия этого показателя у сравниваемых групп не были статистически достоверными (1849±26 в ЭГ против 1835±11,1 мг в КГ). Относительная масса ГМ как у самцов, так и у самок ЭГ, была достоверно меньше, чем у крыс КГ (5,41±0,1 мг/г против 5,95±0,14мг/г и 7,23±0,1мг/г против 7,74±0,15 мг/г соответственно). Эти результаты согласуются с данными, полученными ранее при изучении ГМ крыс из экспериментально уменьшенных пометов в возрасте от 5 до 60 суток [4-6].

Сравнение исследованных в ПКЛ показателей поведения не обнаружило достоверных гендерных различий ИА у неполовозрелых крыс контрольной



группы в возрасте 25, 31, 41 суток как по временны́м, так и по частотным показателям. У половозрелых, 75-суточных крыс КГ, показатели ИА у самок данного возраста были более высокими, чем у самцов (табл. 2). Эти данные согласуются с результатами исследования в ПКЛ, говорящими о более высокой ИА у взрослых самок, чем у самцов [7]. В отличие от этого, у крыс из ЭГ показатели ИА достоверные гендерные различия выявлялись в более раннем возрасте – у 41-суточных животных (табл. 2). Можно предположить, что это определялось опережающими темпами полового развития крыс с экспериментальной акселерацией, обусловленной уменьшением численности пометов [4]. При этом гендерные различия показателей ИА у животных ЭГ обусловливались тем, что самки превосходили самцов по времени и числу стоек, движений, свешиваний. В КГ, кроме того, отмечались достоверные гендерные различия по нахождению в закрытых и закрытых рукавах. Время нахождения в открытых рукавах у самок было бо́льшим, а в закрытых – меньшим, чем у самцов. При этом количество выходов в открытые рукава и заходов в закрытые рукава у самок также было достоверно бо́льшим, чем у самцов. Сопоставление ИА, рассчитанной по частотным показателям, выявило, что у 41-дневных крыс обоего пола из ЭГ она была достоверно ниже ($p<0,05$), чем в КГ. Меньшая ИА наблюдалось также и при анализе временных показателей ($p>0,05$.). Полученные данные о меньшей, чем в контроле, ИА у крыс из ЭГ согласуются с результатами исследований, показавших, что мыши, имевшие, в результате длительной селекции «большой мозг», были менее активны, чем мыши, имевшие «малый мозг» [13, 14]. При этом меньшая ИА рассматривается как свидетельство увеличения «осторожности», имеющей реципрокные взаимоотношения с ИА [11].

Таблица 1 – Показатели массы тела и головного мозга крыс контрольной группы и крыс из уменьшенных пометов

Группы		Экспериментальная группа		Контрольная группа	
		самцы	самки	самцы	самки
Показатели		Me (Q1; Q3)	Me (Q1; Q3)	Me (Q1; Q3)	Me (Q1; Q3)
Масса тела, абс., г	14 сут.	28,4 (26,5; 30,7)	27,6 (23,7; 29,1)	24 (22,8; 23,9)	23 (22,7; 24,1)
	30 сут.	**84 (83; 86,5)**	**82 (79; 83)**	61 (58,9; 63,9)	61 (56,7; 62,1)
	40 сут.	**149 (143,5; 150)**	**131 (128,5; 135)**	144 (114,7; 127,9)	111 (108,6; 118,4)
	60 сут.	**270 (266; 281)**	**207 (202; 208)**	222 (205,7; 235,4)	174 (168; 183,8)
	90 сут.	**365 (353; 390)**	**255 (246; 267)**	334 (309; 337,5)	229 (224; 250)
Масса ГМ, абс., мг	90 сут.	**2 030 (1979; 2099)**	1 845 (1780; 1886)	1 914 (1897,5; 1942)	1 833 (1798; 1848)
Масса ГМ отн., мг/г	90 сут.	**5,47 (5,27; 5,62)**	**7,36 (6,93; 48)**	5,84 (5,7; 6,2)	7,99 (7,36; 8,2)

Примечание. Жирным шрифтом выделены достоверные различия между ЭГ и КГ.

Корреляционный анализ выявил, что между показателями поведения крыс в ПКЛ и массой тела животных различных изученных возрастных групп, а также с массой ГМ и гонад у крыс в возрасте 90 суток имеются статистически достоверные связи. Они наблюдались как у крыс КГ, так и ЭГ. Было установлено, что характер корреляций, выявленных в одной возрастной группе, наблюдался и в других возрастных группах. Так, корреляционные связи, выявленные в конце молочного периода (у 25-суточных животных), обнаруживались затем в препубертатном периоде (у 31-, 41-дневных крыс) а также у половозрелых животных (75-дневных). Это говорит о том, что индивидуальные особенности поведения крыс в ПКЛ, сформированные в течение молочного периода и выявляемые в конце его, их зависимость от массы тела, а также ГМ и гонад (в 90-суточном возрасте), в определенной степени сохранялись и в более старших возрастных группах, в том числе у взрослых животных. Заслуживает внимания, что это отмечается как у животных КГ, так и ЭГ, несмотря на то, что неонатальный и молочный период онтогенеза проходил у них в различных условиях, обусловленных разной численностью пометов.

Изложенные данные говорят о том, что корреляционные связи, как у самок, так и у самцов КГ и ЭГ между поведением в ПКЛ, с одной стороны, и массой тела, ГМ и гонад, с другой, имели существенные межгрупповые различия. Это заслуживает внимания в связи с тем, что большая, чем в контроле, величина массы тела является важным показателем акселерации [1-3]. При этом степень выраженности данного показателя у разных животных варьировала, особенно значительно у самцов (табл. 1). С другой стороны, у 90-суточных животных обоего пола ЭГ была меньшая относительная масса ГМ, сочетавшаяся у самцов с его бо́льшей абсолютной массой.

При корреляционном анализе были установлены статистически достоверные связи между показателями поведения в ПКЛ взрослых (75-суточных) крыс с одной стороны и массой их тела в возрасте 14, 30, 40, 60 и 90 суток, а также с массой ГМ и гонад в 90-дневном возрасте, с другой. Эти зависимости имели гендерные различия, они отличались у животных из КГ и ЭГ. Так у самок КГ были выявлены достоверные корреляции массы тела в возрасте 60 суток и показателей поведения в 75-суточном возрасте. Они включали в себя корреляции с временем ($r=+0,57$) и числом ($r=+0,57$) свешиваний, числом движений ($r=+0,59$). При этом статистически достоверные корреляции между массой тела в возрасте 90 суток и показателями поведения в ПКЛ не обнаруживались. Изучение корреляций массы ГМ 90-суточных крыс и показателей их поведения в возрасте 75 суток показало следующие достоверные зависимости: времени пребывания в открытых ($r=+0,79$) и закрытых ($r=-0,78$) рукавах, числа свешиваний ($r=+0,60$), движений ($r=+0,58$). Масса яичников этих животных имела достоверные корреляционные связи с временем свешиваний

(r=+0,71), движений (r=-0,85), пребывания в открытых (r=+0,59) и закрытых (r=-0,62) рукавах, а также числом стоек (r=-0,57), свешиваний (r=+0,62), движений (r=+0,67). Эти данные свидетельствуют о большом числе достоверных связей показателей поведения с одним из важных показателей развития ГМ, его массой, а также с важным показателем развития половой системы – величиной массы яичников у взрослых животных. Кроме того, они говорят о зависимостях показателей поведения молодых половозрелых животных от массы тела в пубертатном периоде, у 60-суточных крыс.

Таблица 2 – Показатели исследовательской активности и уровня тревожности крыс разного возраста контрольной группы и крыс из уменьшенных пометов по временным и частотным показателям

Группы		Экспериментальная группа		Контрольная группа	
		самцы	самки	самцы	самки
Возраст (сутки)	Показатели	Me (Q1; Q3)	Me (Q1; Q3)	Me (Q1; Q3)	Me (Q1; Q3)
25	ИА, усл. ед. (время)	55,4 (45,1; 101,6)	91,3 (52; 121,3)	98,6 (79,5; 116)	89,4 (60,6; 113,9)
	УТ, усл. ед (время).	296,1 (241; 339,6)	264,1 (224,7; 311,7)	239,9 (210,3; 274,4)	268,1 (217,4; 295,5)
	ИА, усл. ед. (число)	11,2 (8,1; 13,7)	12,1 (10,1; 17,8)	14 (12,1; 17,9)	13,4 (11; 15,4)
	УТ, усл. ед. (число)	5,5 (2; 5,8)	5,4 (3,4; 7,1)	5,5 (3,5; 6,9)	3,8 (3,3; 5,4)
31	ИА, усл. ед. (время)	90,8 (42,4; 141,3)	84,8 (48,2; 132,6)	60,9 (38,4; 92,6)	73,3 (30,9; 145,3)
	УТ, усл. ед. (время)	293,6 (181,8; 319)	254,8 (208,7; 308,1)	263,6 (213,7; 317,1)	269,4 (211,1; 295,7)
	ИА, усл.ед. (число)	16,8 (10,7; 19,3)	12 (6,7; 18,7)	8,7 (7,1; 12,2)	12,1 (10,7; 17,4)
	УТ, усл. ед. (число)	3,7 (1,9; 7,7)	4,9 (3,8; 6,7)	2,7 (1,9; 4,4)	3,7 (3,2; 5,7)
41	ИА, усл. ед. (время)	60,9 (39,3; 78,8)*	80,1 (73,2; 126)*	109,1 (86,1; 118)	123,9 (76,9; 174,2)
	УТ, усл. ед. (время)	314,2 (264,4; 326,8)*	238,3 (214,5; 282,9)*	234,4 (215,8; 276,3)	237 (125,4; 264,3)
	ИА, усл.ед. (число)	**8,8 (6,4; 13,1)**	**13,7 (7,6; 15,5)**	16,7 (14,6; 19,5)	17,6 (15,8; 21,5)
	УТ, усл. ед. (число)	5,7 (1,9; 8,7)	3,4 (2; 4,2)	4,6 (3,5; 5,5)	3,6 (2,9; 5,5)
75	ИА, усл. ед. (время)	150,1 (122,9; 192,3)	170,7 (156,2; 191,10)	149,4 (75,7; 210,8)	185,8 (131,1; 215,7)
	УТ, усл. ед. (время)	187,4 (163,3; 217,6)	178,5 (139,9; 197,4)	182 (126,3; 253,5)	156,4 (132,5; 227,1)
	ИА, усл. ед. (число)	13,4 (11,7; 16,4)*	22,7 (20,7; 26,3)*	12,3 (10,6; 17,9)*	23,1 (20,3; 26,6)*
	УТ, усл. ед. (число)	4,6 (3,4; 6,1)	6,3 (4,5; 8,3)	3,2 (2,8; 5,4)	4,7 (3,9; 6,9)

Примечание. 1 – жирным шрифтом выделены достоверные различия между показателями ЭГ и КГ; 2 – * обозначены достоверные гендерные различия внутри ЭГ и КГ групп.

У самок из ЭГ так же, как у контрольных, выявлялись многочисленные достоверные корреляции показателей массы тела в возрасте 60 суток и поведения в ПКЛ. Они включали в себя связи массы тела и времени свешиваний (r=-0,64), стоек (r=+0,73), нахождения в открытых (r=-0,65) и закрытых (r=+0,65) рукавах. Как и у самок контрольной группы, достоверных корреляций по временны́м показателям поведения с массой тела в возрасте 90 суток не было выявлено. Они отсутствовали и между показателями поведения и массой ГМ. Масса яичников имела достоверную зависимость с временим стоек (r=+0,66).

У самцов КГ достоверные корреляционные связи имелись между массой тела в возрасте 60 и 90 суток (r=-0,77 и r=-0,79 соответственно) и временем движения. Достоверные корреляции показателей поведения с массой ГМ не были обнаружены. Масса семенников имела достоверную связь с числом движений и его временем (r=-0,74 и +0,97 соответственно). У самцов из ЭГ масса тела в возрасте 90 суток имела достоверные корреляции с временем нахождения в открытых и закрытых рукавах (r=-0,68 и r=+0,67 соответственно) и числом заходов в них (r=-0,70 и r=-0,76). Масса семенников имела достоверную корреляционную связь со временем пребывания в открытых и закрытых рукавах (r=-0,70 и r=+0,70 соответственно). Масса ГМ и показатели поведения не имели достоверных корреляционных связей.

Определение корреляций интегральных показателей поведения (ИА и УТ), с одной стороны, и массы тела, ГМ и гонад показало, что у самок КГ ИА, рассчитанная по временны́м показателям, имеет положительные связи с массой тела (r=+0,55, p>0,05), ГМ (r=+0,75, p<0,05) и гонад (r=+0,69, p<0,05). При этом УТ животных этой группы имел достоверные отрицательные корреляции с массой ГМ (r=-0,78) и яичников (r=-0,59). У самок ЭГ статистически достоверные связи наблюдались только между массой тела и ИА, определенной по частотным показателям и массой яичников (r=+0,60, p<0,05). У самцов КГ достоверные связи показателей поведения (ИА и УТ) и массы тела, ГМ и гонад не были выявлены. У самцов из ЭГ имелись достоверные корреляции массы тела и гонад, определенных по временным показателям (r=-0,71 и r=-0,72 соответственно), а также – определенных по частотным показателям (r=-0,67). При этом УТ имел положительные корреляционные связи с массой тела и семенников (r=+0,66 и r=-64 соответственно).

Достоверные зависимости, выявленные при корреляционном анализе, нашли подтверждение при кластерном анализе. Он показал (табл. 3), что во всех изученных возрастных группах показатели ИА были выше, а УТ – ниже у животных из кластера 2, имевших меньшие массу тела и абсолютную массу ГМ и бóльшую – относительную массу ГМ. При этом у самцов из КГ, а также у самок КГ и ЭГ эти закономерности не выявлялись.

Таблица 3 – Кластерный анализ соотношений показателей массы тела, ИА и УТ у самцов ЭГ

Показатели	Кластер 1	Кластер 2
Масса тела, г (возраст 60 сут.)	284	268
Масса тела, г (возраст 90 сут.)	388	351
Масса ГМ абс., мг (возраст 90 сут.)	2042	1985
Масса ГМ отн., мг/г	5,27	5,65
ИА, усл. ед. (возраст 25 сут.)	36	119
УТ, усл. ед. (возраст 25 сут.)	337	213
ИА, усл. ед. (возраст 31 сут.)	104	124
УТ, усл. ед. (возраст 31 сут.)	265	212
ИА, усл. ед. (возраст 41 сут.)	36	119
УТ, усл. ед. (возраст 41сут.)	336	213
ИА, усл. ед. (возраст 75 сут.)	119	223
УТ, усл. ед. (возраст 75 сут.)	221	100

Заключение

Полученные данные, во-первых, показали, что у животных из ЭГ: 1) в более раннем возрасте, чем у крыс КГ (у 41-суточных и у 75-суточных соответственно), в ПКЛ обнаруживаются гендерные различия показателей поведения; 2) в возрасте 41 суток, как у самцов, так и у самок ЭГ показатели ИА достоверно ниже, чем у крыс КГ. Эти различия поведения сочетаются с такими признаками акселерации в данном возрасте, как бóльшая масса тела (табл. 1), ГМ и гонад у крыс из ЭГ в этом возрасте [4]. Данные, полученные при корреляционном анализе, говорят о том, что как у самок, так и у самцов контрольной и опытной групп, зависимости между поведением в ПКЛ, с одной стороны, и массой тела, ГМ и гонад, с другой, имели существенные межгрупповые различия. Это заслуживает внимания в связи с тем, что бóльшая, чем в контроле, величина массы тела является одним из ведущих показателем акселерации [1-3]. При этом степень выраженности этого «свидетеля акселерации» у разных животных варьировала, особенно у самцов (табл. 1). Вместе с этим, у 90-суточных животных ЭГ обоего пола относительная масса ГМ была достоверно меньше, чем у животных КГ, что у самцов сочеталось с бóльшей абсолютной массой органа.

Мы полагаем, что изложенные в работе результаты дополняют ранее полученную информацию о морфометрических, гистохимических и иммуногистохимических особенностях разных зон неокортекса, гиппокампа и мозжечка у 5-14-30-суточных крыс с экспериментальной акселерацией, расширяют представления об особенностях ГМ при акселерации.

Список источников

1. Величковский Б.Т., Баранов А.А., Кучма В.Р. Рост и развитие детей и подростков в России // Вестник Российской академии наук. – 2004. – № 1. – С. 43-45.
Velichkovsky B.T., Baranov A.A., Kuchma V.R. Growth and Development of Children and Adolescents in Russia // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. – 2004. – № 1. – P. 43-45.
2. Година Е.З. Секулярный тренд: история и перспективы//Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 6. – С. 128-135. Godina E.Z. Secular Trend: History and Prospects // Human Physiology. – 2009. – Vol. 35, № 6. – P. 128-135.
Godina E.Z. Secular Trend: History and Prospects // Human Physiology. – 2009. – Vol. 35, № 6. – P. 128-135.
3. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Зубенкова Э.С., Вайнсон А.А., Андрианова И.Е., Лукьянова С.Н., Лягинская В.Н., Мальцев Л.А., Ильин А.С., Самойлов В.В., Уйба А.М. Акселерация лабораторных крыс: синтетическое исследование данных за столетие в аспекте возможной связи с радиочувствительностью // Медицинская радиология и радиационная безопасность. Радиационнаябиология. – 2018. – Т. 63, № 6. – С. 5-2.
Koterov A.N., Ushenkova L.N., Zubenkova E.S., Vainson A.A., Andrianova I.E., Lukyanova S.N., Lyaginskaya V.N., Maltsev L.A., Ilyin A.S., Samoilov V.V., Uyba A.M. Acceleration of laboratory rats: a synthetic study of data over a century in the aspect of a possible relationship with radiosensitivity // Medical Radiology and Radiation Safety. Radiation Biology. – 2018. – Vol. 63, № 6. – P. 5-20.
4. Рыжавский Б.Я. Развитие головного мозга: отдаленные последствия влияния некомфортных условий. – Хабаровск. – 2009. – 277 с.
Ryzhavskii B.Ya. Brain Development: Long-Term Effects of Uncomfortable Conditions. – Khabarovsk: Far Eastern State Medical University, 2009. – 277 p.
5. Рыжавский Б.Я., Ткач О.В. Морфологические особенности головного мозга крыс при акселерации в неонатальном и молочном периодах онтогегеза // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2016. – № 2. – С. 94-97.
Ryzhavsky B.Ya., Tkach O.V. Morphological Features of the Rat Brain during Acceleration in the Neonatal and Lactational Periods of Ontogenesis // Pacific Medical Journal. – 2016. – № 2. – P. 94-97
6. Рыжавский Б.Я., Жильников Д.И. Влияние экспериментального сокращения численности пометов у крыс в неонатальном и молочном периодах онтогенеза на некоторые показатели развития их головного мозга в 30-дневном возрасте // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2021. – Т. 172, № 10. – С. 509-514.
Ryzhavskii B. Ya., Zhilnikov D.I. The effect of experimental reduction in the number of litters in rats in the neonatal and lactic periods of ontogenesis on some indicators of their brain development at the age of 30 days // Bulletin. exp. biol. – 2021. – Vol. 172, № 10. – P. 509-514.

7. Bruijnzeel A.W., Behnood-Rod A., Malphurs W., Chellian R., Caudle R.M., Febo M., Setlow B., Neubert J.K. Oxycodone decreases anxiety-like behavior in the elevated plus-maze test in male and female rats // Behav Pharmacol. – 2022. – Vol. 33, № 6. – P. 418-426.
8. Семенов Д.Г., Беляков А.В. Модификация ПКЛ-теста для оценки поведенческой активности и памяти крыс // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2019. – № 63 (4). – С. 158-164.
Semenov D.G., Belyakov A.V. A modification of activity and memory rats // Pathological Physiology and Experimental Therapy. – 2019. – № 63 (4). – P. 158-164.
9. Fabris D., Carvalho M.C., Brandão M.L., Prado W.A., Zuardi A.W., Crippa J.A., de Oliveira A.R., Lovick T.A., Genaro K. Sex-dependent differences in the anxiolytic-like effect of cannabidiol in the elevated plus-maze // Psychopharmacol. – 2022. – Dec; № 36 (12). – P. 1371-1383.
10. Wall P.M., Messier C. Methodological and conceptual issues in the use of the elevated plus-maze as a psychological measurement instrument of animal anxiety-like behavior // Neurosci Biobehav Rev. – 2001. – May; № 25 (3). – P. 275-286.
11. Ковалев, Г.И., Васильева Е.В., Салимов Р.М. Сравнение поведения мышей в тестах открытого поля, закрытого и приподнятого крестообразного лабиринтов с помощью факторного анализа // Журнал высшей нервной деятельность. – 2019. – Т. 69, № 1. – Р. 123-130.
Kovalev, G.I., Vasilyeva E.V., Salimov R.M. Comparison of mice behavior in open field, closed and elevated plus maze tests using factor analysis // Journal of Higher Nervous Activity. – 2019. – Vol. 69, № 1. – P. 123-130.
12. Сапожников, Ю.А., Фельдшеров Ю.И., Рыжавский Б.Я. Математический и экспериментальный анализ возможности оптимизации оценки высшей нервной деятельности (поведения) крыс // Дальневосточный медицинский журнал. – 2002. – № 4. – С. 25-28.
Sapozhnikov Yu.A., Feldsherov Yu.I., Ryzhavsky B.Ya. Mathematical and experimental analysis of the possibility of optimizing the assessment of higher nervous activity (behavior) in rats // Far Eastern Medical Journal. – 2002. – № 4. – P. 25-28.
13. Перепелкина О.В., Огиенко Н.А., Сулейманова А.Д., Полетаева И.И. Стресс иммобилизации и поведения мышей с разным весом мозга // Журнал высшей нервной деятельность. – 2021. – Т. 71, № 1. – С. 104-113.
Perepelkina O.V., Ogienko N.A., Suleimanova A.D., Poletaeva I.I. // Immobilization stress and behavior of mice with different brain weights // Journal of Higher Nervous Activity. – 2021. – Vol. 71, № 1. – P. 104-113.
14. Перепелкина О.В., Маркина Н.В., Полетаева И.И. Способность к экстраполяции направления движения у мышей, селектированных на большой и малый вес мозга: влияние пребывания в «обогащенной» среде // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2006. – Т. 56, № 2. – С. 282-286.
Perepelkina O.V., Markina N.V., Poletaeva I.I. Ability to extrapolate the direction of movement in mice selected for large and small brain weights: the effect of staying in an «enriched» environment // Pavlov Journal of Higher Nervous Activity. – 2006. – Vol. 56, № 2. – P. 282-286.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья принята к публикации 12.01.2026.
The article was accepted for publication 12.01.2026.

❑❑❑