

Физиология человека и животных / Human and Animal Physiology

Научная статья

Original article

DOI: [10.12731/2658-6649-2026-18-3-1814](https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-3-1814)EDN: [HFKZDT](https://www.edn.ru/HFKZDT)

УДК 591.1.632.939:591.616.619



Морфофункциональные изменения системы крови и органов периферической иммунной системы у морских свинок при экспериментальном моделировании трихинеллезной инвазии и иммунной недостаточности

О.Б. Жданова^{1,2}, О.В. Часовских¹¹Вятский ГАТУ, Киров, Российская Федерация²ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Обоснование. Морские свинки – перспективная модель для изучения инфекционных и неинфекционных заболеваний, благодаря сходству их иммунологических механизмов с человеческими. Они активно используются для моделирования экспериментальных патологий.

Цель исследования – сравнительное изучение вторичной иммунной недостаточности при инвазии *T. pseudospiralis* и *T. spiralis* и анализ гематологических и иммуноморфологических показателей.

Материалы и методы. Объектом исследования служили морские свинки массой 250-260 грамм. Исследование проводилось на морских свинках (*Cavia porcellus*), массой 250-260 г. Созданы четыре группы по пять животных: первая – перорально инвазирована 10 личинками *Trichinella pseudospiralis* (10 личинок/г массы тела); вторая – 10 личинками *Trichinella spiralis*; третья – с иммуносупрессией, вызванной дексаметазоном; четвертая – контрольная группа. После завершения экспериментального исследования, направленного на моделирование трихинеллезной инвазии у морских свинок в условиях искусственно индуцированной иммунной недостаточности, были проведены иммуноморфологические исследования, с целью детального сравнения изменений в системе крови и органах периферической иммунной системы для оценки патофизиологических механизмов, обусловленных данным патогенным воздействием. Также в рамках настоящего исследования предпринята попытка детального описания распределения личинок и иммуноморфологических показателей у морских свинок, инвазированных *Trichinella pseudospiralis* и *Trichinella spiralis*.

Результаты. Установлено, что при инвазии *Trichinella pseudospiralis* распределение личинок в мышечной ткани более равномерно по сравнению с трихинеллезом, вызванным *Trichinella spiralis*. При анализе гематологических показателей установлено значительное снижение количества эритроцитов и гемоглобина в группах инвазированных животных. Иммуноморфологические показатели, определяющие состояние лимфоидной ткани, ассоциированной с кишечником не имели значительных отличий у животных, инвазированных *T. pseudospiralis* и *T. spiralis*, и животных с иммунодефицитом. Несмотря на то, что при изучении распределения личинок отметили корреляцию в заселении ими отдельных групп мышц, Установлено, что данное животное является оптимальной моделью для воспроизведения и изучения иммунологических аспектов патогенеза трихинеллеза. Описаны наиболее важные гематологические и иммуноморфологические показатели у животных, инвазированных *T. pseudospiralis* и *T. spiralis* и установлено, что при одинаковых дозах заражения общее количество личинок *T. pseudospiralis* значительно превосходило количество *T. spiralis*.

Морские свинки – перспективная модель для изучения инфекционных и неинфекционных патологий, включая иммунологические аспекты трихинеллеза. Они близки к человеку по ключевым параметрам систем комплемента и гистосовместимости, а также имеют сходство во многих белках.

Ключевые слова: экспериментальная модель; морская свинка; трихинеллез; иммуноморфологические показатели; гематологические исследования

Для цитирования. Жданова, О. Б., & Часовских, О. В. (2026). Морфофункциональные изменения системы крови и органов периферической иммунной системы у морских свинок при экспериментальном моделировании трихинеллезной инвазии и иммунной недостаточности. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 18(3), 73–88. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-3-1814>

Morphofunctional changes of the blood system and peripheral immune system organs in rabbits during experimental modeling of trichinella invasion and immune deficiency

O.B. Zhdanova^{1,2}, O.V. Chasovskikh¹

¹*Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russian Federation*

²*All-Russian Research Institute of Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plants, Moscow, Russian Federation*

Abstract

Background. Guinea pigs are a promising model for studying infectious and non-infectious diseases, due to their similar immunological mechanisms to those of humans.

The **purpose** of this study was to compare the secondary immune deficiency caused by *T. pseudospiralis* and *T. spiralis* infections and to analyze hematological and immunomorphological parameters.

Materials and methods. The object of the study was guinea pigs weighing 250-260 grams. The study was conducted on guinea pigs (*Cavia porcellus*) weighing 250-260 g. Four groups of five animals were created: the first group was orally infected with 10 *Trichinella pseudospiralis* larvae (10 larvae/g of body weight); the second group was infected with 10 *Trichinella spiralis* larvae; the third group was immunosuppressed with dexamethasone; and the fourth group was a control group. After the completion of an experimental study aimed at modeling trichinosis in guinea pigs under conditions of artificially induced immune deficiency, immunomorphological studies were conducted to compare in detail the changes in the blood system and organs of the peripheral immune system in order to assess the pathophysiological mechanisms caused by this pathogenic effect. This study also attempts to describe in detail the distribution of larvae and immunomorphological findings.

Results. It was found that in *Trichinella pseudospiralis* infection, the distribution of larvae in muscle tissue is more uniform than in *Trichinella spiralis* infection. When analyzing hematological parameters, a significant decrease in the number of red blood cells and hemoglobin was observed in the groups of infected animals. Immunomorphological parameters that determine the condition of the lymphoid tissue associated with the intestine did not show significant differences between animals infected with *T. pseudospiralis* and *T. spiralis*, and animals with immunodeficiency. Despite the fact that the distribution of larvae was correlated with their settlement in certain muscle groups, this animal was found to be an optimal model for reproducing and studying the immunological aspects of the pathogenesis of trichinosis. The most important hematological and immunomorphological parameters in animals infected with *T. pseudospiralis* and *T. spiralis* were described, and it was found that, at the same doses of infection, the total number of *T. pseudospiralis* larvae significantly exceeded the number of *T. spiralis*.

Guinea pigs are a promising model for studying infectious and non-infectious pathologies, including the immunological aspects of trichinosis. They are similar to humans in terms of key parameters of the complement and histocompatibility systems, as well as in many proteins.

Keywords: experimental model; guinea pig; trichinosis; immunomorphological indicators; hematological studies

For citation Zhdanova, O. B., & Chasovskikh, O. V. (2026). Morphofunctional changes of the blood system and peripheral immune system organs in rabbits during experimental modeling of trichinella invasion and immune deficiency. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 18(2), 73–88. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2026-18-3-1814>

Введение

Вторичные иммунодефициты нередко развиваются при нематодозах, как патологическое состояние, характеризующееся дефектом ряда звеньев иммунного ответа, что приводит к нарушению функций не только периферической, но и центральной иммунной системы в целом. Хотя эти иммунодефициты не обусловлены генетическими дефектами, а являются следствием длительно протекающего процесса, нередко тяжесть возникающих патологий бывает трудно поддающейся коррекции. Вышесказанное обусловлено тем, что практически все нематоды выделяют иммуносупрессивные факторы, которые подавляют защитные реакции организма хозяина. Супрессия может наблюдаться в различных звеньях иммунной системы: лимфоцитарном, макрофагальном, гранулоцитарном, комплементном и других. Гельминты также влияют на показатели врождённой резистентности: угнетают фагоцитарную активность лейкоцитов и стойко снижают титр комплемента по сравнению с неинвазированными животными.

Состояние иммунодефицита отрицательно влияет на резистентность животных к вторичным инфекциям, приводит к затяжному течению и к последующему формированию микстинвазий. Таким образом, изучение иммунного ответа при трихинеллезе имеет большое практическое и теоретическое значение. В настоящее время для моделирования иммунной недостаточности используются практически все лабораторные животные, так, например, часто используются морские свинки (*Cavia porcellus*). Это связано с тем, что морские свинки – лабораторные животные, которые имитируют некоторые аспекты иммунных реакций, характерные для человека.

Имеются следующие общепринятые методы моделирования патологий иммунной системы у морских свинок:

1. Экспериментальное инфицирование. Например, введение клеточной взвеси лимфоцитов, полученной от больной лейкозом коровы, внутривенно. Это вызывает трансформацию показателей иммунного статуса: увеличение числа лейкоцитов, общего числа лимфоцитов и их субпопуляций, снижение относительного содержания Т-лимфоцитов, усиление ферментной и неферментной активности нейтрофилов. Не менее интересным является изучение динамики нейтрализующих антител после введения экспериментального хантавирусного вакцинного препарата на основе вируса Пуумала. Результаты показали, что интенсивность иммунного ответа зависела от дозы вводимого иммуногена, а бустерное введение иммуногена через 3 месяца от начала иммунизации усиливало иммунный ответ пропорционально вводимой дозе.

2. Моделирование гиперчувствительности замедленного типа (ГЗТ). Например, внутрикожное введение авирулентных микобактерий (штамм BCG). Антигенный состав аттенуированных микобактерий близок к патогенным, что моделирует ГЗТ, адекватную инфекционному процессу.

3. Феномен Артюса нередко воспроизводится при многократном введении сыворотки (используется для демонстрации ГЗТ на занятиях по патофизиологии), а также экспериментальные модели астмы (введение овальбумина) и анафилактического шока

4. Исследование эффективности препаратов пиримидинового ряда на модели поражения сердца, вызванного длительным раздражением глоточных рецепторов и последующей сенсибилизацией комплексным аллергеном. В результате длительного раздражения глоточных рецепторов и сенсибилизации комплексным аллергеном у морских свинок было получено экспериментальное поражение сердца, похожее на ревмокардит у людей, сопровождавшееся изменением картины крови и угнетением Т-системы иммунитета.

5. Также в экспериментах по моделированию иммунной недостаточности у морских свинок используют, для изучения действия на иммунную систему иммуномодуляторов. Например, препараты на основе РНК, которые стимулируют иммунную систему, или конъюгаты на основе антигенов вакцинного штамма БЦЖ, которые оказывают иммуностимулирующее действие. Также вводят препараты, влияющие на факторы антиинфекционной защиты. Например, внутримышечное введение препарата «гистохром» у морских свинок с экспериментальным стафилококковым конъюнктивитом, который повышает активность фагоцитарного звена врождённого иммунитета и ферментных систем.

Данное исследование рассматривает возможность расширения использования морских свинок (*Cavia porcellus*) в изучении иммунодефицитных состояний в биомоделировании. Эти грызуны, относящиеся к семейству свинок (Caviidae), имеют длину тела 25-35 см и вес взрослых самцов 1-1,5 кг. Молодые самки весят 700-900 г, а старшие особи – более 1 кг. Домашние морские свинки (*Cavia porcellus*) и их дикие родственники (*Cavia tschudii*) обитают в Южной Америке. Окрас и структура шерсти у этих животных зависят от линии разведения. В лабораториях, хотя и редко, можно встретить альбиносов, но белые крысы и мыши все же остаются более популярными объектами исследований. Половая зрелость у морских свинок наступает довольно рано, но их продолжительность жизни значительно длиннее, чем у лабораторных грызунов (они могут прожить 3,5 года и

больше, а в исключительных случаях, при благоприятных условиях, до 8 лет и более). [1; 9; 14]. Морские свинки впервые использованы как лабораторные животные в 80-х годах XVIII века А.Л. Лавуазье для измерения теплопродукции. Они широко применяются в биологии и медицине, включая донорство компонентов крови и органов. На них моделируют метаболические нарушения, атеросклероз, астму и инфекционные заболевания, включая туберкулез и стафилококкоз. Экспериментальная модель астмы на морских свинках была представлена в 1937 году P. Kallós и W. Pagel. [6; 7; 10-14]. На основании вышесказанного была предпринята попытка воспроизведения иммунной недостаточности и инвазии морских свинок *T. pseudospiralis* и *T. spiralis*. Ранее Б.Л. Гаркави (1974) отметил, что морские свинки более восприимчивы к *T. pseudospiralis*, чем к *T. spiralis*. При одинаковых дозах заражения *T. pseudospiralis* вызывал в 28 раз более интенсивную инвазию, а в мышцах обнаруживалось почти в 2 раза больше личинок [2; 3; 5; 8]. Исследование иммунной недостаточности при нематодозах и экспериментально воспроизведенной иммунной недостаточности, не только позволяет изучить множество аспектов его патогенеза, но и открывает перспективы для использования зараженных животных в качестве источника личинок. Эти личинки, в свою очередь, служат для производства антигена, который активно применяется в диагностических целях.

Целью исследования было сравнительное изучение вторичной иммунной недостаточности при инвазии *T. pseudospiralis* и *T. spiralis* и анализ гематологических и иммуноморфологических показателей.

Материалы и методы

Объектом исследования служили морские свинки массой 250-260 грамм. Методом аналогов были сформированы четыре группы морских свинок, каждая из которых включала пять особей. Животные первой группы подвергались инвазии десятью личинками *Trichinella pseudospiralis* в расчете на один грамм массы тела перорально. Морские свинки второй группы инвазировались аналогичным количеством личинок *Trichinella spiralis*. у морских свинок третьей группы была искусственно индуцирована экспериментальная иммуносупрессия с использованием дексаметазона, четвертая группа служила контролем. В течение последующих шестидесяти дней после заражения все животные содержались в стандартных условиях вивария. Максимальная суточная доза дексаметазона, вводимая парентерально, при моделировании иммунной недостаточности не превышает минимальной токсической, что позволяет избежать побочных

эффектов, характерных для других иммуносупрессоров, таких как доксорубин. Это делает модель максимально приближенной к особенностям вторичной иммунной недостаточности. Все манипуляции с животными проводились в соответствии с нормами, утвержденными Хельсинской декларацией, и в соответствии с протоколом, одобренным этическим комитетом (дата утверждения: 10.03.2025). Морским свинкам из опытной группы трехкратно внутрибрюшинно вводили по 1 мл раствора дексаметазона, содержащего 40 микрограммов активного вещества.

В процессе эвтаназии брали кровь, группы мышц и образцы лимфоидной ткани кишечника при трихинеллезе и иммунной недостаточности, затем проводили патанатомическое исследование ряда органов системы крови и иммунной защиты. Личинок исследовали методами компрессорной трихинеллоскопии и пептолиза. Определяли количество и дифференцировали лейкоциты в камере Горяева, используя метод окраски азур-эозином по Романовскому-Гимзе. После выведения животных из эксперимента макро- и микроскопически исследовали паренхиматозные органы и кишечник, для просветления использовали 1% уксусную кислоту (его измеряли, расправляли, промывали и готовили плоскостные препараты для изучения лимфоидной ткани по методу Hellman, 1921). На тотальных препаратах анализировали количество, размер, форму и расположение лимфоидных узелков и сгруппированных образований. Также исследовали селезенку и лимфоузлы. Описания морфологических структур следовали официальной терминологии. Все манипуляции с животными проводили в соответствии с рекомендациями Commission of the European Communities, 86/609/EEC [7; 9].

Результаты

При исследовании методами КТ и пептолиза обнаружили, что все морские свинки были инвазированы как *T. spiralis*, так и *T. pseudospiralis*. ИИ для *T. spiralis* составило 22 ± 3 личинки на срез, в то время как для *T. pseudospiralis* этот показатель достиг 43 ± 5 личинок. Все обнаруженные личинки *T. pseudospiralis* были жизнеспособны и проявляли активность. Хотя было выявлено коррелирующее распределение личинок по отдельным группам мышц (см. таблицу 1), у животных, заражённых *T. pseudospiralis*, личинки распределялись более равномерно.

У морских свинок, инфицированных *T. pseudospiralis*, уровень эритроцитов оказался ниже, чем у животных из других групп, составляя $4,3 \pm 0,5 \times 10^{12}/л$, у инвазированных *T. spiralis*, количество эритроцитов находилось почти на нижней границе нормы – $4,4 \pm 0,5 \times 10^{12}/л$, а при ис-

кусственно вызванной иммунной недостаточности показатель составил $4,5 \times 10^{12}/л$, тогда как в контрольной группе он достигал $5,6 \pm 0,5 \times 10^{12}/л$. В соответствии с данными М.В. Мирошникова, М.А. Ковалевой, К.Т. Султановой и М.Н. (2024), нормальные значения для самок находятся в диапазоне $4,4-6,1 \times 10^{12}/л$ [7]. Уровень гемоглобина у животных, заражённых *T. pseudospiralis* и *T. spiralis*, был на нижней границе нормы: $11,5 \pm 0,5$ г/дл и $11,9 \pm 0,5$ г/дл соответственно. У иммунодефицитных особей этот показатель также находился на уровне $11,5 \pm 0,5$ г/дл. В контрольной группе уровень гемоглобина был выше: $12,5 \pm 0,5$ г/дл (при референтном интервале для самок 11–16 г/дл, учитывая, что у морских свинок достаточно широкий диапазон нормальных значений).

Таблица 1.

Количество личинок трихинелл *T. spiralis*, так и *T. pseudospiralis* при экспериментальном трихинеллезе

Table 1. Number of Trichinella larvae (both *T. spiralis* and *T. pseudospiralis*) in experimental trichinosis

Группа мышц	Среднее количество личинок в срезе при инвазии <i>T. pseudospiralis</i>	Среднее количество личинок в срезе при инвазии <i>T. spiralis</i>
Мышцы головы и шеи:	$39,9 \pm 0,5$	$20,5 \pm 1,5$
Мышцы грудной конечности:	$36,5 \pm 0,05$	$16,5 \pm 2,5$
Диафрагма и мышцы туловища	$36,6 \pm 0,1$	$21,5 \pm 0,05$
Мышцы задней конечности:	$33,2 \pm 0,05$	$26,1 \pm 0,05$

$p \leq 0,5$

Количество лейкоцитов у животных, инфицированных *T. pseudospiralis*, было увеличено до $15,5 \pm 1,5 \times 10^9/л$, а у особей с *T. spiralis* – до $14,6 \pm 0,5 \times 10^9/л$. У иммуноскомпрометированных животных этот показатель был снижен до $5,4 \times 10^9/л$. В контрольной группе уровень лейкоцитов был $8,7 \pm 0,5 \times 10^9/л$, что в пределах нормы для самок морских свинок, по данным М.В. Мирошникова и соавторов (2024), составляют $3,1-17 \times 10^9/л$. Лимфоциты составляли 74,0% (73–75%) в общем лейкоцитарном профиле, наблюдалось значительное увеличение количества псевдоэозинофилов (гетерофилов) до 19,0%. При дифференциации лейкоцитов у морских свинок учитывалось, что нейтрофильные гранулоциты содержат эозинофильные гранулы ярко-оранжево-розового цвета и называются псевдоэозинофилами или гетерофилами. При инвазии *Trichinella pseudospiralis* и *Trichinella spiralis* их количество увеличивалось до 6,5% и 4,5% соответственно, тогда как в

контрольной группе оно составляло 3%, а у иммунодефицитных животных – 1,3%.

После выведения животных из эксперимента макроскопически грубых изменений в паренхиматозных органах ни в одной группе не выявлено. Гистологически в почках выявлены единичные слущенные клетки в просвете дистальных канальцев и умеренная гиперемия гломерулярного аппарата у инвазированных *T. pseudospiralis* и *T. spiralis*, животных. При осмотре печени при вскрытии отмечено незначительное полнокровие у морских свинок, инвазированных *T. pseudospiralis*, у остальных групп состояние органов соответствовало контрольной группе. При световой микроскопии у инвазированных лабораторных животных обеих групп наблюдался застой в кровообращении печени и центральных венах.

Со стороны лимфоидных органов отмечали усиление их функции у инвазированных животных, у них отмечалось увеличение массы селезенки в 1,2 раза (*T. spiralis*) и в 1,3 (*T. pseudospiralis*), а также длины в 1,4 раза (*T. spiralis*) и 1,5 раза (*T. pseudospiralis*) по отношению к аналогичным показателям у интактных животных, у животных с иммунной недостаточностью размеры и масса селезенки не отличались от контрольной группы. В тоже время при гистологических исследованиях отмечали умеренную гиперплазию белой пульпы, подобные изменения отмечали у кур_несушек, инвазированных *T. pseudospiralis* [4]. Изменения в регионарных лимфатических узлах (подколенных) у инвазированных животных характеризовались увеличением массы ($0,042 \pm 0,01$ г *T. spiralis*, $0,049 \pm 0,01$ г *T. pseudospiralis*) у морских свинок с иммунной недостаточностью масса лимфоузлов составила $0,021 \pm 0,005$ г, а у интактных $0,032 \pm 0,01$ г. В целом реакция в лимфатических узлах заключалась в регистрации различной степени активации отдельных фолликулов и появлении фолликулов со светлыми центрами.

В рамках исследования, посвященного изучению патологических изменений в кишечнике морских свинок при трихинеллёзе, было установлено, что длина кишечника у экспериментальных животных не претерпела значительных изменений. Это связано с тем, что морские свинки были рандомизированы по длине тела, которая составила $26,5 \pm 1,5$ см, при вскрытии обнаружено, что общая длина кишечника варьировала как у опытных, так и у контрольных животных и составила $208,4 \pm 67,2$ см и $199 \pm 36,1$ см у инвазированных животных $179 \pm 26,2$ см (у животных с иммунной недостаточностью) и $214,75 \pm 17,5$ см в контрольной группе. При морфологическом исследовании слизистой оболочки кишечника отмечено, что собственная

пластинка формирует у всех животных ворсинки и крипты, однако важно отметить, что диффузная лимфоидная ткань была выявлена только у инвазированных животных, что свидетельствует о её активации в ответ на патогенное воздействие. Слепоободочный клапан играет ключевую роль в задержке антигенов трихинелл, поэтому лимфоидная ткань в этой области проявляет более выраженную активность у инвазированных животных. Средняя площадь лимфоидных узелков составила $0,00025\text{см}^2$ в контрольной группе, $0,0002\text{см}^2$ у животных с иммунодефицитом и $0,00029\text{см}^2$ у инвазированных особей. В сгруппированной лимфоидной ткани кишечника отмечали увеличение длины пейеровых бляшек в группах с инвазией в 1,3 раза по сравнению с контролем, в группе с экспериментальной иммунной недостаточностью отличий от контрольной группы не наблюдали. Однако, при введении дексаметазона отмечено уменьшение количества лимфоидных узелков со светлыми центрами, а в группах инвазированных животных – их увеличение. При микроскопии гистологических препаратов животных с трихинеллезом, как *T. spiralis*, так и *T. pseudospiralis*, отмечено, что как сгруппированная лимфоидная ткань, так и собственная пластинка и неоформленная соединительная ткань ворсинок, содержат лимфоциты, в т.ч. большие плазмобласты, секретирующие иммуноглобулин А (IgA), и эозинофилы. Плазмобласты живут около 8 дней, но их количество увеличено и у животных, эвтаназированных на 60-й день инвазии, обеспечивая местный иммунитет. Они располагались группами, отличаясь ядрами, напоминающими «колесо со спицами», у животных контрольной группы также отмечали наличие плазмобластов. Высокая плотность плазматических клеток в собственной пластинке кишечника важна для синтеза IgA, который обладает антибактериальной и противопаразитарной активностью. У животных, с иммунной недостаточностью отмечали незначительное их уменьшение. Также в кишечнике инвазированных животных отмечено увеличение количества эозинофилов.

При инвазии *Trichinella pseudospiralis* личинки лучше приживаются у морских свинок, чем у белых крыс, и более равномерно распределяются в мышцах. Полученные данные показывают различия в иммунном ответе на инвазию в зависимости от вида паразита у лабораторных животных. Иммунный ответ при мышечной стадии трихинеллеза характеризуется смещением равновесия между клеточным и гуморальным иммунитетом в сторону последнего, что иллюстрирует активация лимфоидных элементов периферической иммунной системы. Необходимо отметить перспективность использования морских свинок для иммунологических

исследований, в качестве модели изучения иммунитета при трихинеллёзе обосновано их генетической близостью к человеку по составу иммунных белков и молекул. Несмотря на общепринятое мнение о том, что инвазия этими нематодами вызывает иммунодефицитное состояние, в экспериментах с дозой 10 личинок трихинелл на грамм, не только не было выявлено выраженного снижения показателей в лейкограмме, но даже отмечена незначительная стимуляция лимфоидной ткани ПТ и селезенки. Отмечены изменения со стороны красной крови (снижение количества эритроцитов и гемоглобина).

В частности, моделирование на морских свинках различных патологий позволяет проводить детальный анализ продукции ключевых цитокинов (интерлейкинов, в т.ч. ИЛ12 и интерферонов), а также исследовать реакции гиперчувствительности немедленного и замедленного типа. Эти свойства делают данную модель незаменимым объектом для углубленного изучения патогенеза и разработки терапевтических стратегий в области иммунологии, инфекционных и паразитарных заболеваний. Лабораторные мыши также широко используются для моделирования трихинеллезной инвазии из-за простоты и низкой стоимости содержания. Чаще всего применяются беспородные белые мыши, но предпочтительнее линии с изученным иммунным статусом и их гибриды. В контексте исследований, направленных на изучение патогенеза трихинеллёза, была продемонстрирована эффективность рекомбинантного белка гTs-Adsp у мышей линии BALB/c. При экспериментальном его введении наблюдалось значительное снижение количества личинок (на 46,5%), что свидетельствует о его способности повышать противопаразитарный иммунитет. Кроме того, важным аспектом в изучении трихинеллёза является использование трансгенных моделей мышей, характеризующихся гиперпродукцией интерлейкинов (ИЛ4 и ИЛ5) и крыс. Эти модели позволяют проводить детальный анализ иммунных и аллергических реакций, индуцированных паразитарной инвазией, что способствует более глубокому пониманию патофизиологических механизмов данного заболевания [12-15].

Таким образом, при моделировании иммунной недостаточности, вызванной введением дексаметазона и моделировании трихинеллезной инвазии, морские свинки имеют значительные преимущества перед другими лабораторными животными. Широкое их использование в экспериментальной ветеринарии и медицине ограничено лишь дефицитом специфических реагентов для анализа цитокинов, хемокинов и антител. Это обуславливает предпочтение более изученных моделей, таких как лабораторные мыши и

крысы. Учитывая вышесказанное, для современной биологии и медицины весьма перспективно создание специфических тест-систем для определения наиболее важных показателей для оценки иммунного статуса данных животных, и вполне возможно, разработок схем лечения с использованием препаратов с иммуностропной активностью [6; 7; 12-14; 17].

Выводы

Морские свинки перспективны для моделирования инфекционных и неинфекционных патологий. Они удобны для изучения иммунологических процессов и являются оптимальной моделью для исследования иммунологических аспектов патогенеза трихинеллеза. Особенно важно отметить, что они близки к человеку по ключевым параметрам ряда систем, таким как система комплемента, комплекс гистосовместимости, несомненное сродство имеют многие белки. В рамках настоящего исследования предпринята попытка детального описания распределения личинок и иммуноморфологических показателей у морских свинок, инвазированных *Trichinella pseudospiralis* и *Trichinella spiralis*, установлено, что при инвазии *Trichinella pseudospiralis* распределение личинок в мышечной ткани более равномерно по сравнению с трихинеллезом, вызванным *Trichinella spiralis*. При анализе гематологических показателей установлено значительное снижение количества эритроцитов и гемоглобина в группах инвазированных животных. Иммуноморфологические показатели, определяющие состояние лимфоидной ткани, ассоциированной с кишечником не имели значительных отличий у животных, инвазированных *T. pseudospiralis* и *T. spiralis*, и животных с иммунодефицитом.

Информация о спонсорстве. Материалы подготовлены при поддержке гранта Минсельхоз, 2025.

Список литературы

1. Ацапкина, А. А., Крышень, К. Л., Кастирнова, А. Е., Макарова, М. Н., & Макаров, В. Г. (2014). Иммунологический статус лабораторных животных при моделировании состояний гиперчувствительности немедленного типа. *Международный вестник ветеринарии*, (1), 91–99.
2. Бландова, З. К., Душкин, В. А., Малашенко, А. М., & Шмидт, Е. Ф. (1983). *Личинки лабораторных животных для медико-биологических исследований*. Наука.
3. Жданова, О. Б., Андреев, О. Н., Часовских, О. В., Успенский, А. В., & Соболева, О. А. (2024). Особенности иммунологической и постмортальной диагностики

- ки трихинеллеза свиней, вызванного *T. pseudospiralis*. *Свиноводство*, 8, 35–37. <https://doi.org/10.37925/0039-713X-2024-8-35-37>. EDN: <https://elibrary.ru/TTRTVV>
4. Жданова, О. Б., Часовских, О. В., & Успенский, А. В. (2024). Влияние экспериментальной инвазии *T. pseudospiralis* на морфологию селезёнки куриц (*Gallus domesticus*). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 16(3), 167–185. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2024-16-3-1155>. EDN: <https://elibrary.ru/IZOLXI>
 5. Жданова, О. Б., Успенский, А. В., Написанова, Л. А., Часовских, О. В., Россохин, Д. В., Андреев, О. Н., Малышева, Н. С., & Качанова, Е. О. (2023). Влияние интенсивности инвазии на морфологические характеристики личинок *Trichinella spiralis* при экспериментальном заражении белых крыс и распределение их в мышцах. *Российский паразитологический журнал*, 1, 74–83. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-74-83>. EDN: <https://elibrary.ru/NBOGKJ>
 6. Макарова, М. Н., & Макаров, В. Г. (2024). Использование морских свинок в доклинических исследованиях. *Лабораторные животные для научных исследований*, 2, 4–26. <https://doi.org/10.57034/2618723X-2024-02-01>. EDN: <https://elibrary.ru/LNPQKI>
 7. Мирошников, М. В., Султанова, К. Т., Ковалева, М. А., & Макарова, М. Н. (2022). Вариабельность биохимических показателей крови и установление референтных интервалов в доклинических исследованиях. Сообщение 7: морские свинки. *Лабораторные животные для научных исследований*, 3, 4–15. <https://doi.org/10.57034/2618723X-2022-03-01>. EDN: <https://elibrary.ru/NMQMUR>
 8. Норматов, Р. А., & Марьяновская, Ю. В. (2017). Лимфоидная ткань кишечника как основа иммунной системы пищеварительного тракта. *Молодой ученый*, 20(154), 201–203. EDN: <https://elibrary.ru/YPECXV>
 9. Райсов, Т. К., Темирбеков, Д. А., Архипов, Г. С., & Озерецковская, Н. Н. (1990). Изменения в инвазионном процессе и иммунном ответе хозяина во время лечения мебендазолом и вольтареном экспериментального трихинеллёза у морских свинок. *Медицинская паразитология*, 2, 31–35.
 10. Слесаренко, Н. А., Комякова, В. А., & Степанишин, В. В. (2019). Морфофункциональная характеристика кишечника у представителей отряда грызунов. *Лабораторные животные для научных исследований*, 3, 1. <https://doi.org/10.29296/2618723X-2019-03-01>. EDN: <https://elibrary.ru/PVCYTN>
 11. Трегубова, Н. В., Исмаилов, И. С., & Ткаченко, М. А. (2013). Морские свинки - биологические объекты научных исследований. *Вестник АПК Ставрополя*, 4(12), 211–215. EDN: <https://elibrary.ru/QADRDN>
 12. Catty, D. (1969). *The immunology of nematode infections. Trichinosis in guinea-pigs as a model*. *Monogr Allergy*, 5, 1–134. <https://doi.org/10.1159/isbn.978-3-8055-0436-2>

13. Card, S. E., Tompkins, S. F., & Brien, J. F. (1989). Ontogeny of the activity of alcohol dehydrogenase and aldehyde dehydrogenases in the liver and placenta of the guinea pig. *Biochemical Pharmacology*, 38(15), 2535–2541. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(89\)90099-3](https://doi.org/10.1016/0006-2952(89)90099-3)
14. Kim, C. W. (1966). Delayed hypersensitivity to *Trichinella spiralis* antigens in irradiated guinea pigs. *The Journal of Parasitology*, 52(4), 722–726. <https://doi.org/10.2307/3276440>
15. Kallós, P., & Pagel, W. (1937). Experimentelle Untersuchungen über Asthma bronchiale. *Acta Medica Scandinavica*, 91, 292–305. <https://doi.org/10.1111/j.0954-6820.1937.tb16045.x>
16. Himeno, S., Takekawa, A., Toyoda, H., & Imura, N. (1993). Tissue-specific expression of glutathione peroxidase gene in guinea pigs. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1173(3), 283–288. [https://doi.org/10.1016/0167-4781\(93\)90125-W](https://doi.org/10.1016/0167-4781(93)90125-W)
17. Rudneva, O. V., Napisanova, L. A., Zhdanova, O. B., & Berezhko, V. K. (2018). Evaluation of the protective activity of different immunostimulatory drugs at the experimental trichinosis on white mice. *International Journal of High Dilution Research*, 17(2), 17–18. EDN: <https://elibrary.ru/SCXENM>

References

1. Atsapkina, A. A., Kryshen, K. L., Kastornova, A. E., Makarova, M. N., & Makarov, V. G. (2014). Immunological status of laboratory animals in modeling immediate-type hypersensitivity states. *International Bulletin of Veterinary Medicine*, (1), 91–99.
2. Blandova, Z. K., Dushkin, V. A., Malashenko, A. M., & Shmidt, E. F. (1983). *Lines of laboratory animals for biomedical research*. Nauka.
3. Zhdanova, O. B., Andreyanov, O. N., Chasovskikh, O. V., Uspensky, A. V., & Soboleva, O. A. (2024). Features of immunological and postmortem diagnosis of trichinellosis in pigs caused by *T. pseudospiralis*. *Pig Farming*, 8, 35–37. <https://doi.org/10.37925/0039-713X-2024-8-35-37>. EDN: <https://elibrary.ru/TTRTVV>
4. Zhdanova, O. B., Chasovskikh, O. V., & Uspensky, A. V. (2024). The effect of experimental *T. pseudospiralis* invasion on the spleen morphology of chickens (*Gallus domesticus*). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 16(3), 167–185. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2024-16-3-1155>. EDN: <https://elibrary.ru/IZOLXI>
5. Zhdanova, O. B., Uspensky, A. V., Napisanova, L. A., Chasovskikh, O. V., Rossokhin, D. V., Andreyanov, O. N., Malysheva, N. S., & Kachanova, E. O. (2023). The effect of infection intensity on the morphological characteristics of *Trichinella spiralis* larvae in experimentally infected white rats and their distribution in muscles. *Russian Journal of Parasitology*, 1, 74–83. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-1-74-83>. EDN: <https://elibrary.ru/NBOGKJ>

6. Makarova, M. N., & Makarov, V. G. (2024). Use of guinea pigs in preclinical studies. *Laboratory Animals for Scientific Research*, 2, 4–26. <https://doi.org/10.57034/2618723X-2024-02-01>. EDN: <https://elibrary.ru/LNPQKI>
7. Miroshnikov, M. V., Sultanova, K. T., Kovaleva, M. A., & Makarova, M. N. (2022). Variability of blood biochemical parameters and establishment of reference intervals in preclinical studies. Report 7: guinea pigs. *Laboratory Animals for Scientific Research*, 3, 4–15. <https://doi.org/10.57034/2618723X-2022-03-01>. EDN: <https://elibrary.ru/NMQMUR>
8. Normatov, R. A., & Maryanovskaya, Y. V. (2017). Intestinal lymphoid tissue as the basis of the digestive tract immune system. *Young Scientist*, 20(154), 201–203. EDN: <https://elibrary.ru/YPECXV>
9. Raisov, T. K., Temirbekov, D. A., Arkhipov, G. S., & Ozeretskovskaya, N. N. (1990). Changes in the invasion process and host immune response during treatment with mebendazole and voltaren in experimental trichinellosis in guinea pigs. *Medical Parasitology*, 2, 31–35.
10. Slesarenko, N. A., Komyakova, V. A., & Stepanishin, V. V. (2019). Morphofunctional characteristics of the intestine in representatives of the rodent order. *Laboratory Animals for Scientific Research*, 3, 1. <https://doi.org/10.29296/2618723X-2019-03-01>. EDN: <https://elibrary.ru/PVCYTN>
11. Tregubova, N. V., Ismailov, I. S., & Tkachenko, M. A. (2013). Guinea pigs as biological objects for scientific research. *Bulletin of the Agro-Industrial Complex of Stavropol Territory*, 4(12), 211–215. EDN: <https://elibrary.ru/QADRDN>
12. Catty, D. (1969). *The immunology of nematode infections. Trichinosis in guinea-pigs as a model. Monographs in Allergy*, 5, 1–134. <https://doi.org/10.1159/isbn.978-3-8055-0436-2>
13. Card, S. E., Tompkins, S. F., & Brien, J. F. (1989). Ontogeny of the activity of alcohol dehydrogenase and aldehyde dehydrogenases in the liver and placenta of the guinea pig. *Biochemical Pharmacology*, 38(15), 2535–2541. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(89\)90099-3](https://doi.org/10.1016/0006-2952(89)90099-3)
14. Kim, C. W. (1966). Delayed hypersensitivity to *Trichinella spiralis* antigens in irradiated guinea pigs. *The Journal of Parasitology*, 52(4), 722–726. <https://doi.org/10.2307/3276440>
15. Kallós, P., & Pagel, W. (1937). Experimentelle Untersuchungen über Asthma bronchiale. *Acta Medica Scandinavica*, 91, 292–305. <https://doi.org/10.1111/j.0954-6820.1937.tb16045.x>
16. Himeno, S., Takekawa, A., Toyoda, H., & Imura, N. (1993). Tissue-specific expression of glutathione peroxidase gene in guinea pigs. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1173(3), 283–288. [https://doi.org/10.1016/0167-4781\(93\)90125-W](https://doi.org/10.1016/0167-4781(93)90125-W)
17. Rudneva, O. V., Napisanova, L. A., Zhdanova, O. B., & Berezhko, V. K. (2018). Evaluation of the protective activity of different immunostimulatory drugs at the

experimental trichinosis on white mice. *International Journal of High Dilution Research*, 17(2), 17–18. EDN: <https://elibrary.ru/SCXENM>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Жданова Ольга Борисовна, доктор биологических наук, профессор кафедры морфологии, микробиологии, химии и фармакологии; с.н.с. лаборатории паразитарных зоонозов

Вятский ГАТУ; ВНИИП – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН

Октябрьский проспект, 133, г. Киров, 610017, Российская Федерация; ул.

Большая Черемушкинская, 28, г. Москва, 117218, Российская Федерация
oliabio@yandex.ru

Часовских Ольга Владимировна, кандидат ветеринарных наук, зав. кафедрой морфологии, микробиологии, химии и фармакологии

Вятский ГАТУ

Октябрьский проспект, 133, г. Киров, 610017, Российская Федерация

beoli@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Olga B. Zhdanova, Ph.D. in Biological Sciences, Professor, Department of Morphology, Microbiology, Chemistry, and Pharmacology; Senior Research Scientist, Laboratory of Parasitic Zoonoses

Vyatka State Agrotechnological University; All-Russian Research Institute of Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plants

133, Oktyabrsky Prospekt, Kirov, 610017, Russian Federation; 28, Bolshaya

Cheremushkinskaya Str., Moscow, 117218, Russian Federation

oliabio@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4912-8518>

Olga V. Chasovskikh, Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Department of Morphology, Microbiology, Chemistry, and Pharmacology

Vyatka State Agrotechnological University

133, Oktyabrsky Prospekt, Kirov, 610017, Russian Federation

beoli@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9492-4017>

Поступила 25.12.2025

После рецензирования 10.02.2026

Принята 16.03.2026

Received 25.12.2025

Revised 10.02.2026

Accepted 16.03.2026