

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-3-1155

УДК 616.619:611.018



Научная статья

## ВЛИЯНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИНВАЗИИ *T. PSEUDOSPIRALIS* НА МОРФОЛОГИЮ СЕЛЕЗЁНКИ КУРИЦ (*GALLUS DOMESTICUS*)

*О.Б. Жданова, О.В. Часовских, А.В. Успенский*

**Обоснование.** Изучение реакции органов иммунной системы птиц при нематодозах является актуальным для разработки схем лечения. Разработаны многочисленные модели на лабораторных животных (мыши и крысы), на плотоядных (хори и др.) и птице (перепела, курицы). У последних паразитирует бескапсульный вид трихинелл, который имеет ряд особенностей воспроизведения. В настоящем исследовании была использована модель экспериментальной инвазии *T. pseudospiralis*. Изучена роль в формировании противонематодозного иммунитета селезенки и ее реакция на внедрение паразита у куриц (*Gallus domesticus*).

**Целью** проведенного исследования было изучение морфологических изменений в структуре селезенки при трихинеллезе, вызванном *T. pseudospiralis* у куриц в мышечную стадию инвазионного процесса.

**Материалы и методы.** Методом аналогов сформированы 2 группы по 6 голов. Птиц опытной группы взвешивали и внутрь зоба вводили изолят личинок *T. pseudospiralis* в дозе 2 лич./г массы тела. Личинки *T. pseudospiralis*, которых использовали для воспроизведения экспериментальной инвазии у птиц, были выделены из мышц кошачьих и птиц Дальнего Востока, и поддерживались на лабораторных животных и птицах в лаборатории ВНИИП-филиал ВИЭВ. Содержание и кормление всех куриц осуществляли в идентичных условиях. С целью определения распределения личинок в мышцах птицы *T. pseudospiralis* через 3,5 мес. после экспериментального заражения 6 куриц опытной группы подвергли эвтаназии. Птиц из эксперимента выводили в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» и в соответствии с принципами положения Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board). Определяли интенсивность инвазии (ИИ) по количеству личинок

на грамм для каждой курицы и среднюю по группе и изучали особенности распределения личинок в срезе. Гистологические препараты селезенки готовили по классической методике (парафиновая проводка), с последующей резкой на ротационном микротоме и окраской гематоксилин – эозином.

**Результаты исследований.** После переваривания в искусственном желудочном соке мышечной массы количество личинок составило  $2570+640$  лич./г мышц (средняя ИИ от проб мышц исследуемых групп), в контрольной группе личинки трихинелл не обнаружены. Методом КТ наибольшая ИИ установлена в мышцах головы ( $5,5+1,5$  личинок в срезе). Как и у млекопитающих, в селезенке здоровых и инвазированных птиц выявляется красная и белая пульпа, у здоровых птиц площадь красной пульпы составила  $10\pm 5\%$  от площади органа, а белой пульпы  $76,5\pm 5\%$  от массы органа. У инвазированных личинками трихинелл куриц отмечали значительное увеличение площади белой пульпы (до  $90\%$  от площади органа и более).

**Заключение.** Селезенка куриц активно вовлекается в патогенез при гельминтозах птиц. Фолликулы белой пульпы, как и при трихинеллезе белых мышцей разрастаются, сливаясь в крупные конгломераты. У птиц, также как и у млекопитающих, увеличивается количество больших лимфоцитов и плазмочитов, что свидетельствует о схожести межклеточных взаимодействий и реакции иммунокомпетентных клеток на внедрение паразита.

**Ключевые слова:** зоонозы; трихинеллез; селезенка; экспериментальная модель; курица

**Для цитирования.** Жданова О.Б., Часовских О.В., Успенский А.В. Влияние экспериментальной инвазии *T. pseudospiralis* на морфологию селезенки куриц (*Gallus domesticus*) // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16, №3. С. 167-185. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-3-1155

Original article

## THE EFFECT OF THE EXPERIMENTAL INVASION OF *T. PSEUDOSPIRALIS* ON THE MORPHOLOGY OF THE SPLEEN OF LAYING HENS (*GALLUS DOMESTICUS*)

**O.B. Zhdanova, O.V. Chassokikh, A.V. Uspensky**

**Background.** The study of the reaction of the organs of the immune system of birds with nematodes is relevant for the development of treatment regimens.

Numerous models have been developed for laboratory animals (mice and rats), carnivores (hori, etc.) and birds (quails, chickens). In the latter, a capsule-free type of trichinella parasitizes, which has a number of reproduction features. In this study, a model of experimental invasion of *T. pseudospiralis* was used. The role of the spleen in the formation of anti-nematodosis immunity and its reaction to the introduction of the parasite in chicken (*Gallus domesticus*) has been studied.

The **purpose** of this study was to investigate morphological changes in the structure of the spleen in trichinellosis caused by *T. pseudospiralis* in chickens in the muscular stage of the invasive process.

**Materials and methods.** By the method of analogues, 2 groups of 6 heads were formed. The birds of the experimental group were weighed and *T. pseudospiralis* larvae isolate was injected into the goiter at a dose of 2 lich. / g of body weight (3200-3600 thousand larvae per bird). *T. pseudospiralis* larvae used for experimental infection of poultry were previously isolated from the muscles of birds, and were maintained on laboratory animals. All chickens were kept and fed under identical conditions. In order to determine the distribution of larvae in the muscles of *T. pseudospiralis* poultry, 6 chickens of the experimental group were euthanized 3.5 months after experimental infection. The birds were removed from the experiment in accordance with the "Rules for carrying out work using experimental animals" and in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board. The intensity of invasion (AI, lich./g) for each chicken and the average for the group and AI by the distribution of larvae in the slice were determined. Histological preparations of the spleen were prepared according to the classical method and stained with hematoxylin – eosin.

**Results.** After digestion of muscle mass in artificial gastric juice, the number of larvae was 2570+640 l./g of muscles (average AI from muscle samples of the studied groups), no trichinella larvae were found in the control group. By CT, the largest AI was found in the muscles of the head (5.5+1.5 larvae in the section). The parenchyma of the organ of the spleen is represented by red and white pulp, in healthy birds the area of the red pulp was 10 + 5% of the area of the organ, and the white pulp 76.5 + 5% of the mass of the organ. In chickens infected with trichinella larvae, the area of the white pulp increased dramatically to 90% of the organ area and more.

**Conclusion.** The chicken spleen is actively involved in the pathogenesis of helminthiasis of birds. The follicles of the white pulp, as in the trichinosis of white mice, grow, merging into large conglomerates. In birds, as well as in mammals, the number of large lymphocytes and plasmocytes increases, which indicates the

*similarity of intercellular interactions and the reaction of immunocompetent cells to the introduction of the parasite.*

**Keywords:** zoonoses; trichinosis; spleen; experimental model; chicken

**For citation.** Zhdanova O.B., Chassokikh O.V., Uspensky A.V. The Effect of the Experimental Invasion of *T. pseudospiralis* on the Morphology of the Spleen of Laying Hens (*Gallus domesticus*). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2024, vol. 16, no. 3, pp. 167-185. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-3-1155

## Введение

Трихинеллез чаще, чем другие нематодозы, используется в паразитологии в качестве экспериментальной модели для изучения реакции иммунной системы на внедрение гельминта. В настоящее время разработаны многочисленные модели на лабораторных животных (мыши и крысы), на плотоядных (хори и др.) и птице (перепела, курицы) [2-5]. У последних паразитирует бескапсульный вид трихинелл, который имеет ряд особенностей при воспроизведении инвазии. У большинства видов птиц может встречаться особый вид бескапсульных трихинелл (*T. pseudospiralis*), обладающий морфологическими и физиологическими отличиями от других представителей рода *Trichinella*. Б.Л. Гаркави впервые обнаружил данную нематоду в мышечной ткани енота из Дагестана (*Procyon lotor*), при этом главной особенностью всех обнаруженных личинок стало то, что у 100% трихинелл отсутствовали капсулы. После пептолиза выделенные личинки были несколько меньше, чем личинки других вариантов *T. spiralis*, а также они отличались формой спирали. Выделенный вариант использовали для последующего заражения лабораторных животных (кролики, морские свинки и т.д.). Затем те же виды животных параллельно были инвазированы личинками трихинелл *T. spiralis*, полученными от домашней свиньи. В итоге, все трихинеллы, находящиеся в мышечных волокнах, полученные в результате экспериментальной инвазии лабораторных животных вышеуказанными нематодами, полученными от домашней свиньи, были скручены в классическую спираль и все личинки, без исключения, заключались в капсулы [5, 10]. При инвазии нематодами, выделенными от енота полоскуна, у всех лабораторных животных абсолютно все личинки трихинелл оказались бескапсульными. Кроме того, они не были свернуты в спираль, а приближаясь к форме эллипса, вытянутого в длину по ходу миосимпласта. На основании главного признака данного гельминта, для нового вида Б.Л. Гаркави предложил название *T. pseudospiralis*. Оба вы-

шеуказанных вида (*T. spiralis* и *T. pseudospiralis*) морфологически очень похожи, они обладают характерными для нематод органами и половыми различиями, также оба вида живородящи. Однако, *T. pseudospiralis*, помимо отсутствия капсулы, обладает несколько меньшими размерами, а главным признаком различия этих видов является то, что при скрещивании у данных нематод не появляется жизнеспособное потомство [5-7, 27]. Позже, при анализе генетического родства с использованием ПЦР, были выявлены и другие отличия этих видов. Помимо вышеупомянутого вида *T. pseudospiralis*, имеются и другие виды, и варианты бескапсульных трихинелл, так, например, *T. papua* не имеют капсул и не скрещиваются со взрослыми трихинеллами других видов и вариантов [5-7, 20-25]. Однако, в отличие от *T. pseudospiralis*, *T. papua* не встречаются у птиц, и не воспроизводятся у них в эксперименте. В естественных условиях вид *T. papua* распространен в Папуа Новая Гвинея и встречается, главным образом, у крокодилов (*Crocodilus porosus*), у которых может развиваться потеря веса, вялость, снижение аппетита, диарея и проблемы с дыханием. В некоторых, более тяжелых случаях инвазия может привести к летальному исходу зараженного животного (Pozio et al., 2004- 2005).

Еще один вид трихинелл (*T. zimbabwensis*), был описан ранее Pozio et al. (1998-2002), у *T. zimbabwensis* личинки также не образуют капсулы в мышцах хозяина, и обладают способностью заражать несколько видов позвоночных, в том числе крокодилов различных видов. Этот вид был выделен от крокодила *Crocodiles niloticus* из Зимбабве [5-7, 20-25]. Личинки этого вида, как и других бескапсульных трихинелл, также развиваются в кишечнике животного-хозяина, куда попадают с инвазированным мясом, где они становятся половозрелыми, сокоупляются и рожают личинок, которые мигрируют в мышцы крокодила-хозяина, вызывая повреждение тканей. Вид *T. zimbabwensis* широко распространен не только в дикой природе, но и на фермах крокодилов, и известно, что более трети крокодилов Зимбабве инвазированы этим бескапсульным изолятом. Последующие биохимическое исследования ПЦР подтвердили его отличия от других бескапсульных трихинелл [21-25]. Сходством является *T. zimbabwensis* и *T. papuae* является то, что личинки обоих видов трихинелл не имеют капсул и инвазируют рептилий, а также личинки *T. zimbabwensis* не встречаются у птиц. Несмотря на то, что они могут скрещиваться между собой, гибриды *T. zimbabwensis* и *T. papuae* дают очень малочисленное потомство, и имеют 3 отличных аллоэнзима из исследованных 10 от *T. papuae* и 5 аллоэнзимов отличных от *T. pseudospiralis* [5-7, 20-25].

Таким образом, различные бескапсульные представители рода *Trichinella* способны паразитировать и у рептилий, и у млекопитающих, а у птиц встречается только *T. pseudospiralis*. Применение полимеразной цепной реакции (ПЦР) при классификации и дифференциации значительно расширило возможности изучения видообразования и генома нематод. Исследование с помощью RAPD-метода и анализ отдельных генов у вышеуказанных видов трихинелл, позволяет выявить основные дифференцирующие признаки. Имеющиеся RAPD-маркеры обладают видовой, иногда и штаммовой, специфичностью, с использованием ПЦР были продемонстрированы отличия *T. spiralis* и *T. pseudospiralis* при паразитировании на одном и том же виде (Bandi et al., 1995; Zarlenga et al., 1990; Семенова и др., 1996; Хрисафова и др., 2000) [5-7, 20-25, 28].

После открытия данного возбудителя Б.Л. Гаркави (1972) псевдоспиральный трихинеллез был неоднократно воспроизведен экспериментально на модели инвазии птиц личинками *T. pseudospiralis*. Экспериментальное заражение (Pozio et al., 2004) *T. spiralis*, *T. pseudospiralis*, и африканскими видами трихинеллами, различных пресмыкающихся животных в природных условиях (*Caiman crocodiles*, *Varanus exathematicus*, *Python molurus bivittatus*, *Pelamedusa subrufa*), в качестве контроля заражали аналогичными дозами мышей и кур. Через неделю взрослые особи трихинелл (*T. papuae* и *T. zimbabwensis*) обнаружены в тонком отделе кишечника у всех рептилий, через 2 месяца после заражения данные нематоды обнаруживались как в кишечнике рептилий, так и в мышцах. *T. pseudospiralis* через неделю обнаружили только в кишечнике кур, через 2 месяца личинки *T. pseudospiralis* были найдены только в мышцах птиц. В то же время лабораторные мыши заражались всеми видами трихинелл (*T. spiralis*, *T. pseudospiralis*, *T. papuae* и *T. zimbabwensis*), которых находили через неделю в кишечнике, а через 2 месяца в мышечной ткани [5-7, 9, 10]. Вышесказанное объясняется тем, что для трихинелл *T. papuae* и *T. zimbabwensis* оптимальной является температура 27 – 40°C, которая характерна для рептилий и млекопитающих, в то время как для необходимая для развития *T. pseudospiralis* температура 37-42°C характерна для млекопитающих и птиц. Инкапсулирующиеся виды трихинелл наблюдаются только у млекопитающих так как их температурный диапазон меньше, чем у бескапсульных трихинелл и составляет лишь 4 градуса (от 36 до 39° С). Б.Л. Гаркави (1994, 1996) указал, что *T. pseudospiralis* является наиболее примитивным в роде *Trichinella*. Это подтверждается обнаружением данного вида в Австралии у сумча-

тых и птиц. Также отсутствие капсулообразования и отличия в формировании классической спирали в миосимпласте тоже подтверждают что *T. pseudospiralis* имеют более древнее происхождение. Трихинеллы, не образующие капсулу в мышечных волокнах, предложено выделить в самостоятельный подрод *Bessonoviella subgenus*, Garkavi, 1994. Механизмы защиты нематод *Bessonoviella subgenus*, Garkavi, 1994 от иммунной системы хозяина и его защитных реакций отличаются от таковых *T. spiralis*, эти различия формировались длительное время в процессе филогенеза. [2,4, 6, 7,1 6-20]. Изучению иммунного ответа при трихинеллезе, вызванном *T. spiralis*, посвящено достаточное количество работ, в то же время, имеются лишь фрагментарные сведения о защитных реакциях организма птиц на инвазию *T. pseudospiralis*. Имеются немногочисленные сообщения об изучении патогенетических механизмов при трихинеллезе птиц, однако большинство этих работ посвящено гематологическим и биохимическим показателям, в то время как сведений о реакции селезенки на внедрение паразита не обнаружены [21-25, 28]. Учитывая вышесказанное, считаем, что изучение иммунных механизмов хозяина на модели псевдоспирального трихинеллеза является актуальным для современной паразитологии.

**Цель исследования** – изучение морфологических изменений в структуре селезенки при трихинеллезе, вызванном *T. pseudospiralis* у куриц (*Gallus domesticus*) в мышечную стадию инвазионного процесса.

### **Материалы и методы исследования**

Работа проведена на базе ФГБОУ ВО «Вятский агротехнологический университет» и центра ВНИИП - филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр – ВНИИЭВ им. К.И. Скрябина. Птица содержалась в стандартных условиях (при температуре воздуха +20°C, влажности 60%), с дачей стандартизированного рациона.

Методом аналогов сформированы 2 группы по 6 голов. Куриц опытной группы взвешивали и внутривенно вводили полученные при пасировании на лабораторных животных личинки *T. pseudospiralis* в дозе по 2 личинки на 1 г массы птиц. Личинки *T. pseudospiralis* предварительно были выделены из мышц птиц и животных сем. Felidae Дальнего Востока, и поддерживались на животных в условиях лаборатории ВНИИП-филиал ВИАЭВ [7, 8]. Для кормления птицы использовали идентичные стандартные рационы на основе комбинированных кормов, сбалансированных по витаминам и макро- и микроэлементам. Для изучения

распределения личинок в различных группах мышц у птиц, после экспериментального заражения *T. pseudospiralis*, через 3,5 мес. 6 куриц опытной группы вывели из эксперимента [7, 8]. Птиц подвергли эвтаназии в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных», учитывая все основные положения из Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board). Мышцы различных групп препарировали и подвергали пептолизу в искусственном желудочном соке (ИЖС) по методу П. А. Владимировой. ИЖС готовили по стандартизированной методике, переваривание проводили при температуре 37<sup>0</sup>С в термостате. Также проводили компрессорную трихинеллоскопию (КТ) различных групп мышц головы и шейного отдела с целью выделения личинок трихинелл. [1, 4, 10, 11]. Определяли интенсивность инвазии (ИИ, лич./г) для каждой курицы и среднюю по группе и ИИ по распределению личинок в срезе (при КТ). Далее проводили макро- и микроанатомическое исследование селезенки у инвазированных птиц, для этого готовили по классической методике, с применением парафиновой проводки, гистологические препараты. Фрагменты селезенки (0,5x0,5) фиксировали в 10 % забуференном формалине, по мере приготовления тонких срезов их окрашивали по классической методике гематоксилин – эозином [7, 8]. Препараты исследовали под большим (x100 увеличением) и подсчитывали общее количество клеток лимфоидного ряда в белой и красной пульпе. Отмечали общие особенности паренхимы и стромы селезенки, и определяли процентное содержание лимфоцитов и плазмобластов [1, 8]. Подсчет клеток на каждом гистопреparate производили по методу Г.Г. Автандилова (1991) на микроскопе МБИ – 3У42, не менее, чем в 10 полях зрения препарата, при произвольном передвижении, использовали специальную окулярную измерительную сетку для цитостереометрических исследований, предложенную вышеуказанным автором, при следующих оптических параметрах: объектив 100/1.25.ОП, окуляр WF 10x18 [1, 8, 11, 12]. Все морфометрические показатели и микрофотографии получены с использованием системы Vision Bio (Epi 2014г.) с автоматической обработкой сигнала при увеличении микроскопа x10; x200 [7, 8]. Полученные данные обрабатывали с использованием пакетов программ MS Excel и Statgraphics общепринятыми методами вариационной статистики, сравнение различий между группами проводили с применением непараметрического критерия (U) Вилкоксона-Манна-Уитни. Статистически значимыми считали различия с  $p < 0,05$ . [1, 8, 11-15].



### Результаты исследования

Личинки трихинелл в мышцах птицы имеют большую вариативность по морфометрическим параметрам и расселению по группам мышц. При подсчете личинок в компрессориуме отмечали наличие свернутых личинок и расположенных вдоль мышечных волокон. После переваривания в искусственном желудочном соке мышечной массы количество личинок составило  $2570 \pm 640$  лич./г мышц (средняя ИИ от проб мышц исследуемых групп), в контрольной группе личинки трихинелл не обнаружены. Методом КТ наибольшая ИИ установлена в мышцах головы ( $5,5 \pm 1,5$  личинок в срезе).

В отличие от селезенки млекопитающих, выполняющих помимо иммунной функции и функции депо крови, селезенка у птиц является исключительно иммунокомпетентным органом [7, 8]. Поэтому структурные перестройки белой пульпы (увеличение лимфоцитов и макрофагов) в первую очередь отражают реакцию иммунной системы на внедрение паразита.

У куриц-несушек контрольной группы визуализируется хорошо оформленная структура герминативных центров, имеется четкая градация пульпарных и трабекулярных сосудов, имеются малые, средние и большие лимфоидные фолликулы. При микроскопировании выявляются герминативный центр, где помимо ретикулярных клеток, имеются в большом количестве лимфоциты, лимфобласты, плазмциты и макрофаги. В небольшом количестве визуализируется гемосидерин, частично фагоцитированный макрофагами.

Таблица 1.

### Изменения основных морфологических показателей селезенки куриц при трихинеллезной инвазии

Показатель	Инвазированные <i>T. pseudospiralis</i> куры	Контрольные куры
Выраженность зоны периартериальных влагалищ и белой пульпы	++	+++
Выраженность пульпарных артерий	+++	+++
Наличие центров размножения	++++	++
Выраженность вторичных лимфоидных фолликулов	+++	++
Увеличение размера трабекул	++	+++
Наличие спленомегалии	++++	++

У птиц с трихинеллезной инвазией имеются многочисленные узелки со светлой центральной частью, что свидетельствует об активации иммунных перестроек. Толщина маргинальной зоны фолликулов в сравнении с

показателями контрольной группы увеличено. Увеличена общая площадь герминативных центров с резким увеличением их диаметра. В результате увеличения площади белой пульпы, увеличивается и селезенка птицы при данной инвазии. При патанатомическом осмотре органа выявляется увеличение селезенки в 1,2 раза, фолликулы визуализируются невооруженным глазом, капсула легко снимается (рис. 1).



1.1. Селезенка при 3,5 месячной инвазии курицы *T. pseudospiralis*

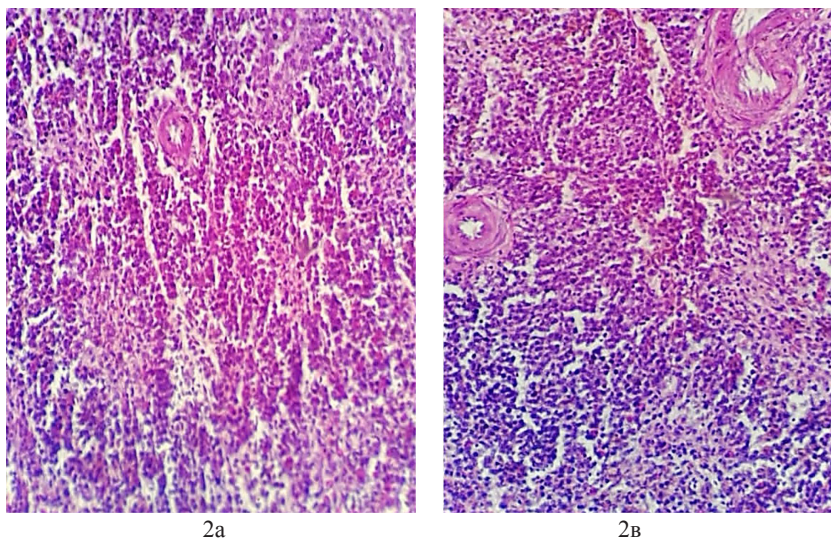


1.2. Селезенка курицы контрольной группы

**Рис. 1.** Селезенка курицы на разрезе при трихинеллезе (1.1) и у контрольных птиц (1.2)

При сравнении морфологии селезенки у инвазированных птиц с контрольной группой отмечали изменение соотношения белой пульпы к красной. У всех инвазированных курей лучше развита белая пульпа, состоящая преимущественно из средних и больших лимфоцитов, с преобладанием плазмобластов над плазмочитами. Также визуализируются макрофаги и дендритные клетки (ДК). У инвазированных личинками трихинелл птиц площадь белой пульпы достигает 90% и более от площади органа, что практически не отличается от реакции селезенки на трихинеллезную инвазию у млекопитающих, у которых также отмечается увеличение лимфоидной ткани. В то время как у здоровых птиц площадь белой пульпы составила  $76,5 \pm 5\%$  от площади органа, а красной пульпы  $10 \pm 5\%$ . Увеличивается количество больших (активированных) лимфоцитов и плазмочитов, подтверждая активное участие селезенки в иммунных реакциях. У инвазированных птиц хорошо выражены периартериальные лимфоидные влаглища (ПАЛВ). У млекопитающих ПАЛВ являются Т-зависимой зоной селезенки, поэтому в предыдущих исследованиях у инвазированных трихинеллами мышей они четко визуализируются. По периферии ПАЛВ у мышей выявляли первичные и вторичные лимфоидные узелки, которые

являются скоплениями неактивированных лимфоцитов [5, 8, 27, 28]. При гистологическом исследовании селезенки у инвазированных птиц, также было отмечена активация ПАЛВ и увеличение количества клеток лимфоидного ряда при инвазии, в белой пульпе появляются макрофаги и плазмодциты, которые у птиц контрольной группы главным образом расположены в красной пульпе (рис. 2а).



**Рис. 2.** Селезенка курицы инвазированной *T. pseudospiralis* – 2а и контрольной группы – 2б, на границе белой и красной пульпы (гистологическое исследование ув. х40, гематоксилин-эозин)

Помимо изменений в соотношении площади красной и белой пульпы, также изменялся и их клеточный состав при инвазии нематодами увеличилось количество больших лимфоцитов как в белой, так и в красной пульпе (рис 2). В красной пульпе оно составило  $10,3 \pm 2,4$  в поле зрения контрольной группы, и  $28,5 \pm 3,4$  в опытной. В белой пульпе наибольшее количество больших лимфоцитов  $12,6 \pm 2,4$  отмечали у инвазированных трихинеллами птиц, с одновременным увеличением количества плазмодцитов до  $7,3 \pm 0,4$ .

### Обсуждение

У всех куриц при инвазии *T. pseudospiralis* отмечали перестройку структуры селезенки под действием антигенов и продуктов обмена личинок

трихинелл. Особенно выражены изменения в фолликулах белой пульпы и ПАЛВ. Под действием антигенной стимуляции активируются внутриклеточные взаимодействия иммунокомпетентных клеток, у зараженных птиц лимфоидные элементы разрастаются, сливаются и становятся видны на разрезе невооруженным глазом (рис. 1). При микроскопическом анализе препаратов селезенки также выявляется реакция лимфоидной ткани селезенки на инвазию *T. pseudospiralis*, отмечено значительное увеличение количества активированных (больших) лимфоцитов и плазматических клеток как в красной пульпе, так и в белой. Также как и у других лабораторных животных при экспериментальном трихинеллезе, селезенка, в первую очередь, реагировала увеличением своего объема [8, 21, 25-29, 31]. Активированные макрофаги появляются и в красной, и в белой пульпе [6, 14-16]. У птиц контрольной группы также отмечали явное преобладание белой пульпы над красной, что является видовой особенностью для куриц, однако, у инвазированных птиц отмечали большее увеличение белой пульпы, чем у контрольной группы. [2, 3, 8-10, 15-18].

### **Заключение**

Селезенка у куриц активно вовлекается в патогенез при гельминтозе вызванном *T. pseudospiralis*. Фолликулы белой пульпы селезенки птиц как и при трихинеллезной инвазии белых мышей разрастаются, сливаясь в крупные конгломераты. У птиц, также как и у млекопитающих, увеличивается количество больших лимфоцитов и плазмоцитов, что свидетельствует о схожести межклеточных взаимодействий и реакции иммунокомпетентных клеток на внедрение паразита.

**Информация о конфликте интересов.** Конфликт интересов отсутствует.

**Информация о спонсорстве.** Источник финансирования научной работы и процесса публикации статьи: государственное задание Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, № госрегистрации 122032900045-2.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность к.в.н. Окуловой И.И., с.н.с. лаборатории ветеринарии ФГБНУ ВНИИОЗ.

### **Список литературы**

1. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия: руководство. М.: Изд. «Медицина», 1990. 384 с.

2. Асатрян А.М. Биологические и морфологические особенности *Trichinella spiralis* и *T. pseudospiralis* у различного вида хозяев: дисс... док. биол. наук. М., 1998 с.
3. Боляхина С.А., Ефремова Е.А. Сравнение морфологических изменений в крови кур при экспериментальном заражении *T. spiralis* и *T. pseudospiralis* // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2023. № 24. С. 95-99.
4. Бритов В.А. Гельминты Дальнего Востока. Хабаровск, 1973. С. 19-22.
5. Бритов В.А. Возбудители трихинеллеза. М.: Наука, 1982. 272 с.
6. Гаркави Б.Л. Трихинеллез, вызываемый *Trichinella pseudospiralis* (морфология и биология возбудителя, эпизоотология и эпидемиология, диагностика, меры борьбы и профилактика) // Российский паразитологический журнал. 2007. № 2. С. 35-116.
7. Гаркави Б.Л. Гельминтозоозы: меры борьбы и профилактика. М., 1994. 50 с.
8. Жданова О.Б., Часовских О.В., Руднева О.В., Успенский А.В. К вопросу об изменении морфологии селезенки при нематодозах у мышей при иммуностимуляции // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15. № 3. С. 11-25. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-3-11-25>
9. Жданова О.Б., Распутин П.Г., Масленникова О.В. Трихинеллез плотоядных и биобезопасность окружающей среды // Экология человека. 2008. № 1. С. 9-11.
10. Мартусевич А.К., Жданова О.Б. Информативность исследования свободного кристаллообразования при зоонозах на модели лабораторных животных // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. 2006. № 1 (22). С. 30-39.
11. Мартусевич А.К., Жданова О.Б. Исследование зависимости кристаллогенной активности биосреды от интенсивности экспериментальной инвазии *Trichinella spiralis* // Российский паразитологический журнал. 2013. № 2. С. 64-71.
12. Окулова И.И., Березина Ю.А., Бельтюкова З.Н., Домский И.А., Беспятых О.Ю. Иммуноморфологические показатели сыворотки крови у представителей семейства Canidae после имплантации мелакрила // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13. № 5. С. 11-25. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-5-11-25>
13. Руднева О.В., Жданова О.Б., Клюкина Е.С., Написанова Л.А., Мутошвили Л.Р. Влияние комплексного иммунопрепарата на лимфоидную ткань, ассоциированную со слизистой оболочкой кишечника // Морфология. 2019. Т. 155. № 2. С. 243-244.

14. Сапин М.Р., Никитюк Д.Б. Иммунная система, стресс и иммунодефицит. М.: АПП «Джангар», 2000. 184 с.
15. Ставинская О.А., Добродеева Л.К., Патракеева В.П. Влияние некроза и апоптоза лимфоцитов на выраженность иммунных реакций // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13. № 4. С. 209-223. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-209-223>
16. Самчук М.Г., Панасенкова О.Г., Яковлева А.В., Яковлев А.А., Щелкунова И.Г. Клинический случай диагностики стронгилоидоза у пациента в хроническом критическом состоянии на фоне тяжелого поражения головного мозга // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13. № 1. С. 78-93. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-78-93>
17. Успенский А.В., Жданова О.Б., Андреянов О.Н., Написанова Л.А., Малышева Н.С. Трихинеллоскопия туш домашних и диких животных // *Российский паразитологический журнал*. 2021. Т. 15. № 3. С. 71-75.
18. Эпидемиологический надзор за трихинеллёзом: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. 26 с.
19. Boulos L.M., Samara L.A., Hagaz H.J.A. 8 Intern. Conf. of trichinellosis. Abstract book. Rom, 1995. P. 29.
20. Bruschi F., Pozio E., Watanabe N. et al. *Inter. Archiv. of Allergy and Immunology*. 1999. Vol. 119, № 4. P. 291-296.
21. Mestecky J. The common mucosal immune system and current strategies for induction of immune responses in external secretions // *Clin. Immunol*. 1987. № 7. P. 265-276.
22. Jongwutiwes S., Chantachum N., Kraivichian P., Siriyasatien P., Putaporntip C., Tamburrini A., La Rosa G.F., Sreesunpasirikul C., Yingyouard P., Pozio E. First outbreak of human trichinellosis caused by *Trichinella pseudospiralis* // *J. Clin. Infect. Dis*. 1998. Vol. 26 (1). P. 111-115.
23. Pozio E., La Rosa G., Rossi P., Murrell K.D. *J. Parasitol*. 1992. Vol. 78, № 4. P. 647-653.
24. Pozio E., Shaikenov B., La Rosa G., Obendorf D.I. Allozymic and biological characters of *Trichinella pseudospiralis* isolates from free-ranging animals // *J. Parasitol*. 1992. Vol. 78. P. 1087-1090.
25. Pozio E., Christensson D., Steen M., Marucci G. *Trichinella pseudospiralis* foci in Sweden // *J. Vet. Parasitology*. 2004. Vol. 125. P. 335-342. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.07.020>
26. Ranque S., Fauge`re B., Pozio E., La Rosa G., Tamburrini A., Pellisier J. F., Brouqui P. *Trichinella pseudospiralis* outbreak in France // *J. Emerg. Infect. Dis*. 2000. Vol. 6 (5). P. 543-547.

27. Rudneva O.V., Napisanova L.A., Zhdanova O.B., Berezhko V.K. Evaluation of the protective activity of different immunostimulatory drugs at the experimental trichinosis on white mice // *International Journal of High Dilution Research*. 2018. Vol. 17. № 2. C. 17-18.
28. Shepherd C., Navarro S., Wangchuk P., Wilson D., Daly N. L., Loukas A. Identifying the immunomodulatory components of helminths // *Parasite Immunol*. 2015. Vol. 37 (6). P. 293–303.
29. Tahoun A., Mahajan S., Paxton E., Malterer G., Donaldson D.S., Wang D., Tan A, Gillespie T.L., O’Shea M., Roe A.J., Shaw D.J., Gally D.L., Lengeling A., Mabbott N.A., Haas J., Mahajan A. Salmonella transforms follicle-associated epithelial cells into M cells to promote intestinal invasion // *Cell Host Microbe*. 2012. Vol. 12, No. 5. P. 645–656. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2012.10.009>
30. Zhdanova O.B., Haidarova A.A., Napisanova L.A., Rossohin D., Lozhnicina O. The possibility of using trichinella spiralis as an experimental model in the field of high dilutions // *International Journal of High Dilution Research*. 2015. Vol. 14. № 2. P. 60-61.
31. Zhdanova O.B., Rudneva O.V., Akulinina Yu.K., Napisanova L.A. Evaluation of the effectiveness of different immunostimulatory medicine at the experimental trichinosis and leishmaniosis on white mice // *International Journal of High Dilution Research*. 2019. Vol. 18. № 2. P. 12.

### References

1. Avtandilov G.G. *Medical morphometry: manual*. Moscow: Izd. “Medicine”, 1990, 384 p.
2. Asatryan A.M. *Biological and morphological features of Trichinella spiralis and T. pseudospiralis in different kinds of hosts*. M., 1998 p.
3. Bolyakhina SA, Efremova EA Comparison of morphological changes in the blood of chickens during experimental infection with T. spiralis and T. pseudospiralis. *Theory and practice of the fight against parasitic diseases*, 2023, no. 24, pp. 95-99.
4. Britov V.A. *Helminths of the Far East*. Khabarovsk, 1973, pp. 19-22.
5. Britov V.A. *Trichinellosis pathogens*. Moscow: Nauka, 1982, 272 p.
6. Garkavi B.L. Trichinellosis caused by Trichinella pseudospiralis (morphology and biology of the causative agent, epizootology and epidemiology, diagnosis, control measures and prophylaxis). *Russian Parasitological Journal*, 2007, no. 2, pp. 35-116.
7. Garkavi B.L. *Helminthozoonoses: control measures and prevention*. M., 1994, 50 p.

8. Zhdanova O.B., Chasovskikh O.V., Rudneva O.V., Uspensky A.V. To the question of changes in the morphology of the spleen in nematodosis in mice with immunostimulation. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2023, vol. 15, no. 3, pp. 11-25. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-3-11-25>
9. Zhdanova, O.B.; Rasputin, P.G.; Maslennikova, O.V. Trichinellosis of carnivores and biosecurity of the environment. *Human ecology*, 2008, no. 1, pp. 9-11.
10. Martusevich A.K., Zhdanova O.B.. Informativeness of the study of free crystal formation in zoonosis on the model of laboratory animals. *Izvestiya vysokikh uchebnykh obrazovaniya. Volga region*, 2006, no. 1 (22), pp. 30-39.
11. Martusevich A.K., Zhdanova O.B.. Study of the dependence of the crystallogenic activity of the biosphere on the intensity of experimental invasion of *Trichinella spiralis*. *Russian Parasitological Journal*, 2013, no. 2, pp. 64-71.
12. Okulova I.I., Berezina Yu.A., Beltyukova Z.N., Domsy I.A., Bespyatykh O. Yu. Immunomorphologic indices of blood serum in representatives of the family Canidae after implantation of melacryl. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 5, pp. 11-25. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-5-11-25>
13. Rudneva O.V., Zhdanova O.B., Klyukina E.S., Nicanova L.A., Mutoshvili L.R. The effect of complex immunopreparation on the lymphoid tissue associated with the intestinal mucosa. *Morphology*, 2019, vol. 155, no. 2, pp. 243-244.
14. Sapin M.R., Nikityuk D.B. *Immune system, stress and immunodeficiency*. Moscow: APP "Dzhangar", 2000, 184 p.
15. Stavinskaya O.A., Dobrodeeva L.K., Patrakeeva V.P. Effect of necrosis and apoptosis of lymphocytes on the severity of immune responses. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 4, pp. 209-223. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-209-223>
16. Samchuk M.G., Panasenkova O.G., Yakovlev A.V., Yakovlev A.A., Shchelkunova I.G. Clinical case of strongyloidiasis diagnosis in a patient in chronic critical condition against the background of severe brain damage. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2021, vol. 13, no. 1, pp. 78-93. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-78-93>
17. Uspensky A.V., Zhdanova O.B., Andreyanov O.N., Nicanova L.A., Malysheva N.S. Trichinelloscopy of carcasses of domestic and wild animals. *Russian Parasitological Journal*, 2021, vol. 15, no. 3, pp. 71-75.
18. *Epidemiologic surveillance of trichinellosis: Methodological guidelines*. Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2014, 26 p.



19. Boulos L.M., Samara L.A., Hagaz H.J.A. *8 Intern. Conf. of trichinellosis. Abstract book*. Rom, 1995, p. 29.
20. Bruschi F., Pozio E., Watanabe N. et al. *Inter. Archiv. of Allergy and Immunology*, 1999, vol. 119, no. 4, pp. 291-296.
21. Mestecky J. The common mucosal immune system and current strategies for induction of immune responses in external secretions. *Clin. Immunol.*, 1987, no. 7, pp. 265-276.
22. Jongwutiwes S., Chantachum N., Kraivichian P., Siriyasatien P., Putaporntip C., Tamburrini A., La Rosa G.F., Sreesunpasirikul C., Yingyourd P., Pozio E. First outbreak of human trichinellosis caused by *Trichinella pseudospiralis*. *J. Clin. Clin. Infect. Dis.*, 1998, vol. 26 (1), pp. 111-115.
23. Pozio E., La Rosa G., Rossi P., Murrell K.D. *J. Parasitol. Parasitol.*, 1992, vol. 78, no. 4, pp. 647-653.
24. Pozio E., Shaikenov B., La Rosa G., Obendorf D.I. Allozymic and biological characters of *Trichinella pseudospiralis* isolates from free-ranging animals. *J. Parasitol. Parasitol.*, 1992, vol. 78, pp. 1087-1090.
25. Pozio E., Christensson D., Steen M., Marucci G. *Trichinella pseudospiralis* foci in Sweden. *J. Vet. Vet. Parasitology*, 2004, vol. 125, pp. 335-342. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.07.020>
26. Ranque S., Fauge`re B., Pozio E., La Rosa G., Tamburrini A., Pellisier J. F., Brouqui P. *Trichinella pseudospiralis* outbreak in France. *J. Emerg. Emerg. Infect. Dis.*, 2000, vol. 6 (5), pp. 543-547.
27. Rudneva O.V., Napisanova L.A., Zhdanova O.B., Berezhko V.K. Evaluation of the protective activity of different immunostimulatory drugs at the experimental trichinosis on white mice. *International Journal of High Dilution Research*, 2018, vol. 17, no. 2, pp. 17-18.
28. Shepherd C., Navarro S., Wangchuk P., Wilson D., Daly N. L., Loukas A. Identifying the immunomodulatory components of helminths. *Parasite Immunol.*, 2015, vol. 37 (6), pp. 293-303.
29. Tahoun A., Mahajan S., Paxton E., Malterer G., Donaldson D.S., Wang D., Tan A., Gillespie T.L., O'Shea M., Roe A.J., Shaw D.J., Gally D.L., Lengeling A., Mabbott N.A., Haas J., Mahajan A. *Salmonella* transforms follicle-associated epithelial cells into M cells to promote intestinal invasion. *Cell Host Microbe.*, 2012, vol. 12, no. 5, pp. 645-656. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2012.10.009>
30. Zhdanova O.B., Haidarova A.A., Napisanova L.A., Rossohin D., Lozhenicina O. The possibility of using *trichinella spiralis* as an experimental model in the field of high dilutions. *International Journal of High Dilution Research*, 2015, vol. 14, no. 2, pp. 60-61.

31. Zhdanova O.B., Rudneva O.V., Akulinina Yu.K., Napisanova L.A. Evaluation of the effectiveness of different immunostimulatory medicine at the experimental trichinosis and leishmaniosis on white mice. *International Journal of High Dilution Research*, 2019, vol. 18, no. 2, p. 12.

### **ВКЛАД АВТОРОВ**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

### **AUTHOR CONTRIBUTIONS**

The authors contributed equally to this article.

### **ДАнные ОБ АВТОРАХ**

**Жданова Ольга Борисовна**, д.б.н., профессор кафедры зоогигиены, физиологии и биохимии; с.н.с. Лаборатории паразитарных зоонозов ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ; Всероссийский институт паразитологии - филиал ФГБНУ ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН  
Октябрьский проспект, 133, г. Киров, 610017, Российская Федерация; ул. Б. Черемушкинская, 28, г. Москва, 117218, Российская Федерация  
[jdanova@vniigis.ru](mailto:jdanova@vniigis.ru)

**Часовских Ольга Владимировна**, к.в.н., доцент, кафедры зоогигиены, физиологии и биохимии  
ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ  
Октябрьский проспект, 133, г. Киров, 610017, Российская Федерация  
[beoli@mail.ru](mailto:beoli@mail.ru)

**Успенский Александр Витальевич**, Член-корр. РАН, зав. Лабораторией паразитарных зоонозов  
Всероссийский институт паразитологии - филиал ФГБНУ ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН  
ул. Б. Черемушкинская, 28, г. Москва, 117218, Российская Федерация  
[uspensky@vniigis.ru](mailto:uspensky@vniigis.ru)

**DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Olga B. Zhdanova**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the department of Animal Hygiene, Physiology and Biochemistry; Senior Researches *Vyatka State Agrotechnological University; All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”*

*133, Oktyabrsky Prospekt, Kirov, 610017, Russian Federation; 28, B. Cheremushkinskaya Str., Moscow, 117218, Russian Federation*

*jdanova@vniigis.ru*

*SPIN-code 2528-4402*

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

*Scopus Author ID: 55912373700*

**Olga V. Chassokikh**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the department of Animal Hygiene, Physiology and Biochemistry *Vyatka State Agrotechnological University*

*133, Oktyabrsky Prospekt, Kirov, 610017, Russian Federation*

*beoli@mail.ru*

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

*SPIN-code: 5503-6214*

**Aleksandr V. Uspensky**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

*All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”*

*28, B. Cheremushkinskaya Str., Moscow, 117218, Russian Federation*

*uspensky@vniigis.ru*

*SPIN-code 2283-2497*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9115-9890>*

*Scopus Author ID: 57195472164*

Поступила 30.11.2023

После рецензирования 28.12.2023

Принята 12.01.2024

Received 30.11.2023

Revised 28.12.2023

Accepted 12.01.2024