

© ЕРОФЕЕВА В.В., МАСЛЕННИКОВА О.В., 2019

Ерофеева В.В.^{1,2}, Масленникова О.В.³**ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РОЛИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ
В ПРОФИЛАКТИКЕ ТОКСОКАРОЗА**¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», 117198, Москва;²Ордена трудового красного знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», 111024, Москва;³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», 610017, Киров

Введение. Заболеваемость населения токсокарозом, вторым по распространённости геогельминтозом в России, это серьёзная проблема в последние годы, особенно в мегаполисах. Участие дождевых червей в жизненном цикле токсокароза остаётся мало изученным. Установлена роль дождевых червей *Eisenia fetida* (паратенических хозяев) в циркуляции и профилактике токсокароза.

Материал и методы. Нематоды получены в результате дегельминтизации животных. Впервые в Российской Федерации проведены опыты по заражению дождевых червей вида *E. fetida* инвазионными яйцами *Toxocara canis* и *Toxocara mystax*.

Результаты. Максимальное число паразитарных личинок *T. canis* у *E. fetida* фиксировалось первые две недели эксперимента и составило $4,01 \pm 0,63$, начиная с третьей недели отмечалось стабильное снижение до $1 \pm 0,3$. С 38-го дня эксперимента личинок токсокар у *E. fetida* не регистрировалось. Личинки *Toxocara mystax*, попав в пищеварительный тракт дождевого червя *E. fetida*, способны более 92 дней оставаться активными, слабо проникая в кожно-мышечный мешок. В течение эксперимента среднее количество личинок *T. mystax* в навозных червях равно $10,1 \pm 2,8$.

В проведённых опытах доказана возможность заражения дождевых червей *E. fetida* инвазионными яйцами *T. canis* и *T. mystax* через почву, обсеменённую 10 000 инвазионных яиц.

Заключение. Впервые установлена миграция личинок аскаридат из кишечника в кожно-мышечный мешок дождевых червей и проведено исследование с целью установления периода нахождения личинок *T. canis* и *T. mystax* в кишечнике и мускулатуре дождевых червей.

Ключевые слова: токсокароз; *Toxocara canis*; *Toxocara mystax*; инвазионные яйца; личинки; дождевые черви; *Eisenia fetida*; меры профилактики; паратенический хозяин.

Для цитирования: Ерофеева В.В., Масленникова О.В. Эколого-гигиеническая оценка роли дождевых червей в профилактике токсокароза. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(8): 897-902. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-8-897-902>

Для корреспонденции: Ерофеева Виктория Вячеславовна, кандидат биол. наук, доцент кафедры экологии, безопасности жизнедеятельности и электропитания ФГБОУ ВО «МТУСИ», 111024, Москва; ассистент кафедры судебной экологии с курсом экологии человека экологического факультета ФГАУ ВО «РУДН», 117198, Москва. E-mail: erofeeva-viktori@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Ерофеева В.В., Масленникова О.В.; сбор и обработка материала – Масленникова О.В.; статистическая обработка – Ерофеева В.В.; написание текста – Ерофеева В.В.; редактирование – Масленникова О.В.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила 06.05.2018

Принята к печати 27.05.19

Опубликована 09.2019

Erofeeva V.V.^{1,2}, Maslennikova O.V.³**EARTHWORMS ECOLOGICAL AND EPIDEMIOLOGIC CONTRIBUTION TO PREVENTION OF TOXOCARIASIS**¹Peoples' Friendship University, Moscow, 117198, Russian Federation;²Moscow Technical University of Communication and Informatics, Moscow, 111024, Russian Federation;³Vyatka State Agricultural Academy, Kirov, 610017, Russian Federation

Introduction. Morbidity toxocariasis, second in prevalence geohelminthiasis in Russia, is a serious problem in recent years, especially in metropolitan areas. The involvement of earthworms in the life cycle of toxocariasis remains poorly understood. The role of earthworms (paratenic hosts) in the circulation and prevention of toxocariasis is established. The work is aimed at a contribution finding out of earthworms *Eisenia fetida* (paratenic hosts) in toxocariasis circulation and prevention.

Material and methods. Nematodes dehelminthization derived from animals. For the first time in Russian Federation, experiments have been conducted on infestation of earthworms *E. fetida* with infective eggs *Toxocara canis* and *Toxocara mystax*.

Results. In the conducted experiments, possibility is proved of infestation of earthworms *E. fetida* with infective eggs *T. canis* and *T. mystax* via earth bacterized with 10000 infective eggs. For the first time migration was proved of ascaridate larvae from intestines to skin-muscular sac of the earthworms.

Conclusion. Besides, investigation was conducted aimed at finding out of the period duration of *T. canis* and *T. mystax* larvae staying in earthworms' intestines and sinews.

Key words: *Toxocarosis; Toxocara canis; Toxocara mystax, invasive eggs; larvae; earthworms; Eisenia fetida; preventive measures; paratenic host.*

For citation: Erofeeva V.V., Maslennikova O.V. Earthworms ecological and epidemiologic contribution to prevention of toxocarosis. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(8): 897-902. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-8-897-902>

For correspondence: Viktoria V. Erofeeva, MD, Peoples' Friendship University, Moscow, 117198, Russian Federation; Moscow Technical University of Communication and Informatics, Moscow, 111024, Russian Federation. E-mail: erofeeva-viktori@mail.ru

Information about authors:

Erofeeva V.V. <https://orcid.org/0000-0002-0236-1876>; Maslennikova O.V. <https://orcid.org/0000-0003-1859-4655>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: The concept and design of the study - Erofeeva V.V., Maslennikova O.V.; Collection and processing of material - Maslennikova O.V.; Statistical processing - Erofeeva V.V.; Writing a text - Erofeeva V.V.; Editing - Maslennikova O.V.; Approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article - all co-authors.

Received: 06 May 2018

Accepted: 27 May 2019

Published: September 2019

Введение

В последние десятилетия на территории мегаполисов большой экологической проблемой становится биологическое загрязнение окружающей среды яйцами гельминтов домашних животных, живущих рядом с человеком. Особенно опасны для человека инвазионные яйца токсокар, выделяемые нашими питомцами (кошками и собаками) и вызывающие заболевание токсокароз.

Токсокароз – это зоонозное паразитарное заболевание, принадлежащее к группе нематодозов, которое характеризуется миграцией личинок токсокар в организме человека, с поражением внутренних органов или систем, и сопровождающееся такими тяжёлыми проявлениями, как лихорадка, бронхит, пневмония, озонофилия и др. [1, 2].

Человек заражается токсокарозом при употреблении загрязнённых продуктов и воды либо при непосредственном контакте с инвазированными собаками, в том числе при контакте с шерстью, где находятся инвазионные яйца [3, 4]. Факторы передачи – грязные руки, невымытые фрукты, овощи, ягоды, недостаточно термически обработанное мясо так называемого паратенического или резервуарного хозяина токсокар (свиней, кур, ягнят). Появившиеся из яиц личинки, мигрируя по крови, попадают из кишечника в органы и ткани. Там они инкапсулируются и на долгое время сохраняют свою биологическую активность, вызывая заболевание токсокароз. При этом чаще всего заболевают дети от 1 года до 4 лет.

Протекает заболевание с аллергическими симптомами (зудящие высыпания, лихорадка, гепатоспленомегалия, бронхопневмония, приступы мучительного кашля, удушье, одутловатость лица, образование в органах гранулем, которые содержат личинки токсокар). Встречается токсокарозный офтальмит, при котором поражается задний сегмент глаза (хориоретинит), а также кератит. Глазной токсокароз опасен необратимыми поврежде-

ниями глаз (абсцессы, мигрирующие личинки в стекловидном теле, потеря зрения) [1, 2, 5].

Учитывая различные факторы, оказывающие влияние на иммунную систему человека, личинки снова могут начать миграцию, что вызывает рецидив токсокароза. Таким образом, возбудитель в организме человека может выживать вплоть до 10 лет. Причём частично осевшие в органах личинки инкапсулируются, где постепенно и разрушаются. Важно то, что в человеке токсокары паразитируют именно на стадии личинки, поэтому люди не являются заразными для окружающих.

Актуальность проблемы профилактики токсокароза связана с тем, что в наше время в связи с экономическими и политическими кризисами в разных странах планеты снижается уровень жизни людей, ухудшаются бытовые условия существования, не соблюдаются санитарно-гигиенические нормы. Кроме того, распространение заболевания связано с волнами миграции, с беженцами. Токсокароз широко распространён в ряде регионов и стран: в Африке, Юго-Восточной Азии, России, США, в Европе.

Заболеваемость населения токсокарозом в России – это серьёзная проблема в последние годы, особенно в мегаполисах [6, 7]. Токсокароз является вторым по распространённости геогельминтозом. Всего в 2016 г. зарегистрировано около 2,5 тыс. случаев заражения токсокарозом (1,7 на 100 тыс. населения), по сравнению с 2015 г. отмечается небольшое снижение заболеваемости – на 1,2% (в 2015 г. – 2507 случаев; 1,7 на 100 тыс. населения), а в сравнении с 2014 г. – на 22,4% (в 2014 г. – 3189 случаев; 2,2 на 100 тыс. населения). В 2016 г. зарегистрированы 909 случаев заболеваний токсокарозом среди детей до 17 лет (3,2 на 100 тыс. населения) [8]. По сравнению с 2015 г. заболеваемость токсокарозом у детей данного возраста уменьшилась на 11,7% (рис. 1).

Половозрелые токсокары обитают в тонком отделе кишечника у молодых собак, кошек и их диких собратьев. Гельминты живут примерно от 4 до 6 мес. Половозрелые самки всего за одни сутки могут откладывать до 200 000 яиц [9, 10]. В 1 г фекалий больших животных может насчитываться от 12 до 15 тыс. яиц. Попав в почву, при определённых условиях температуры и влажности они созревают за срок от 5 до 30 дней, и созревшие яйца способны сохранять жизнеспособность от нескольких месяцев до нескольких лет [3, 10]. Показатель средней инфицированности среди собак и кошек – около 16%, но в ряде случаев может достигать 90% [3].

Заражение нематодами псовых происходит оральным, трансплацентарным и трансмаммарным путем. Жизненный цикл развития *Toxocara canis* проходит по основной схеме «псовые – почва – псовые» или по вспомогательной схеме «псовые – почва – паратенический хозяин – псовые» [11, 12]. Паратеническими хозяевами при токсокарозе могут выступать грызуны, дождевые черви, насекомые, свиньи, овцы, куры и человек [1]. Во второй схеме человек в роли паратенического хозяина не принимает участия в передаче инвазии и служит «биологическим тупиком».

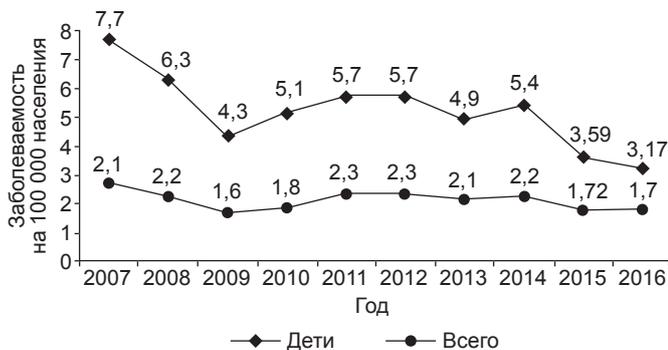


Рис. 1. Заболеваемость человека токсокарозом в России (на 100 тыс. населения).

На сегодняшний день в патологии человека научно обоснована роль мигрирующих личинок *Toxocara canis*, при этом влияние личинок *Toxocara mystax* так и остаётся полностью не изученным. Имеются лишь некоторые данные, что инвазионные яйца *T. mystax* могут наносить вред человеческому организму и опасны для здоровья. Ученые из Англии обосновали и подтвердили факт участия личинок *T. mystax* в висцеральном и глазном токсокарозе у человека [1, 13, 14, 15, 16].

Главным источником инвазии для людей являются кошки, которые выделяют яйца *Toxocara mystax* вместе с фекалиями, в результате чего происходит дальнейшее загрязнение окружающей среды [11, 17]. Однако из-за того, что яйца токсокара очень стойки к воздействию неблагоприятных условий среды, в природе происходит накопление инвазионного материала.

Поражённость кошек токсокарами и их роль в распространении инвазии среди людей мало изучены. Процент заражения кошек *Toxocara mystax* может быть очень высоким. Например, в Дании 79% бродячих кошек были заражены токсокарами, в Великобритании 91% бездомных кошек инфицированы [2, 14, 18]. Бездомные кошки представляют собой опасный источник яиц токсокара, так как они закапывают экскременты в почву, создавая благоприятные условия для развития яиц, и тем самым инвазируют окружающую среду (песочницы, клумбы).

К группам риска заражения токсокарозом относятся дети-дошкольники (особенно от 3 до 5 лет), которые активно играют с песком, землёй или с собаками и кошками [19, 13]; люди из профессиональных групп (представители ветеринаров, собаководов, кинологов, работников коммунальных учреждений, шофёров, работников питомников для разведения собак [17], продавцов овощных магазинов, лиц, имеющих контакты с почвой; владеющие дачами, приусадебными участками, земельными наделами, огородами; любители охоты с участием собак [7, 18].

Профилактические меры прежде всего заключаются в санитарно-гигиеническом воспитании детей и просвещении взрослых, в обучении основным гигиеническим навыкам людей разных возрастных групп, образования, профессий. И одним из направлений профилактики являются меры по своевременному обследованию собак и кошек, их дегельминтизации, защита детских площадок и песочниц и других мест скопления детей от посещений животных, включая хорошую инсоляцию. Только своевременные, грамотные меры могут препятствовать распространению токсокароза.

Из этого следует, что инфицирование человеческого организма возможно при попадании паразитарных яиц с пищей в пищеварительную систему. Возможно заражение токсокарозом при употреблении мяса паразитарных хозяев (свинина, баранина, птица) [14, 20]. Не меньшую группу риска представляют и люди с низким уровнем гигиены, особенно дети, которые не всегда следят за чистотой рук [2]. Не стоит исключать здесь и детскую любознательность, которая может стать причиной употребления внутрь дождевого червя [21].

Для предотвращения вспышек заражения *Toxocara mystax* и *Toxocara canis* требуется более детальное изучение паразитов, включая их жизненные циклы, для того чтобы была возможность контролировать эпидемиологическую обстановку.

Анализируя данные, полученные в мировой практике, становится понятным, что в настоящее время роль почвенных беспозвоночных недостаточно изучена в цикле развития паразитов. Есть лишь несколько лабораторных исследований по изучению дождевых червей в качестве паразитарных хозяев личинок *Toxocara* spp., проведенные в Японии и Индии [22–24].

Материал и методы

Нематоды *T. canis* и *T. mystax* были получены в результате дегельминтизации животных (взрослых кошек и месячных щенков). Отобрали самок и путем вскрытия маток получили неинвазионные яйца нематод рода *Toxocara*. Эксперименты были проведены на кафедре экологии и зоологии Вятской государственной сельскохозяйственной академии в 2014–2015 гг.

Дождевых червей (*Eisenia fetida*) поместили в пластиковые колбы, предварительно наполненные природным почвенным гумусом, высота почвы составила 10 см. Случайно отобранных

дождевых червей (10 штук) перед началом эксперимента предварительно подвергали компрессорному анализу на предмет содержания личинок токсокара, которые они могли приобрести в условиях естественной среды обитания. Концентрация инвазионных яиц для обсеменения почвы (10 000 экз.) была рассчитана методом Oshima (1961), впоследствии чистая почва была обработана данной суспензией и перемешана [25, 26].

Экспериментальные группы дождевых червей разделили следующим образом: первая группа (320 червей) была помещена в инвазированную почву (10 000 инвазионных яиц *T. mystax* и *T. canis*). Вторая группа (100 червей) выступила в качестве контрольной. Каждая группа червей находилась в одинаковых условиях и содержалась так 4 дня при комнатной температуре (колбы из пластика, наполненные 1000 г почвы).

Через 4 дня естественно заражённых дождевых червей поместили в природный гумус, не содержащий инвазионных яиц. Перед этим каждый червь был обмыт во избежание дальнейшего заражения и контакта с паразитарными яйцами. Через 40 дней проведено вторичное заражение дождевых червей яйцами *T. canis*. Для этого из первой группы отобрали дождевых червей в количестве 20 экз. и поместили в почву, обсеменённую инвазионными яйцами паразитов.

Отслеживать распространение и движение личинок в тканях тела червей стали начиная с 5-го дня эксперимента. Миграция изучалась путём вскрытия тела червей из обеих групп. Для этого извлекалось 2–3 дождевых червя, затем они фиксировались в слабом растворе формалина (1%). Вскрытие проводилось с брюшной стороны с отделением желудочно-кишечного тракта от кожно-мышечного мешка. Содержимое кишечника и кожно-мышечный мешок исследовались отдельно компрессорным методом с помощью микроскопов Микромед 3 вар. 3-20 при увеличении 20 × 10.

Проведён эксперимент по пероральному заражению дождевых червей инвазионными яйцами *T. mystax* и *T. canis* в количестве 10 экз. на одного навозного червя *E. fetida* авторской методикой [27].

Результаты

Toxocara canis. На наличие паразитарных личинок были проверены обе группы навозных червей (контрольная и подвергшаяся эксперименту). Контрольная группа не показала наличие *T. canis* ни в мускулатуре дождевого червя, ни в желудочно-кишечном тракте. В экспериментальной группе личинки *T. canis* обнаруживались во всех отделах дождевого червя (кожно-мышечный мешок) и в среднем и заднем отделах кишечника. Наблюдения показали, что все личинки, обнаруженные у дождевых червей, покинули оболочки своих яиц. В почве из содержимого кишечника встречались лишь пустые оболочки от яиц. Также наблюдения показали, что некоторая часть паразитарных личинок через отдел кишечника попадала в мускулатуру червя (кожно-мышечный мешок), где были выявлены длительная жизнеспособность и подвижность личинок. Паразитарные личинки *T. canis* фиксировались в мускулатуре и желудочно-кишечном тракте дождевого червя.

Необходимо отметить, что интенсивность заражения личинками *T. canis* была незначительной. Личинки обнаруживались в основном в переднем и среднем отделах кожно-мышечного мешка у дождевых червей, подвергшихся вскрытию в первые дни эксперимента. Самая высокая интенсивность инвазии была зарегистрирована в первые 7 дней исследований. Более всего личинок *T. canis* (7) обнаружено в среднем отделе кожно-мышечного мешка (рис. 2). В основном они локализовались в среднем отделе кожно-мышечного мешка, менее в переднем. Начиная с 13-го дня эксперимента паразитарные личинки перестали фиксироваться в переднем отделе кожно-мышечного мешка. Чаще в этом отделе мы регистрировали 1 личинку, реже 2 (1,17 ± 0,17).

Паразитарные личинки наиболее часто локализовались в средней части мускулатуры (кожно-мышечного мешка), в среднем – 2,44 ± 0,58 (1–7 личинок). Живые личинки фиксировались в первые 14 дней опыта, по истечении этого времени регистрировались в основном погибшие, но встречались и живые. Две личинки, лишённые подвижности, были зафиксированы в среднем

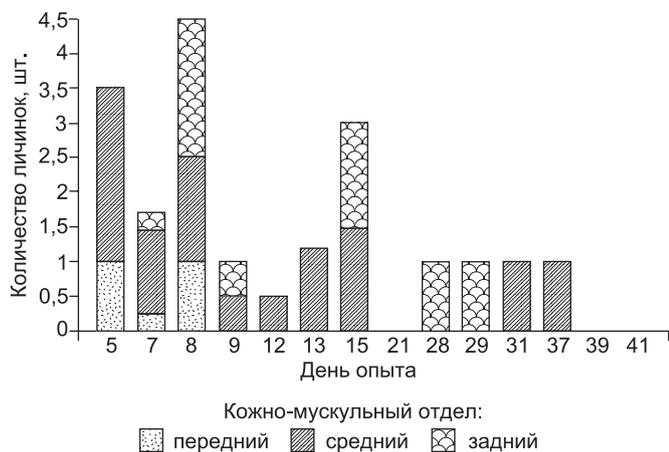


Рис. 2. Личинки *Toxocara canis* в кожно-мышечном отделе дождевых червей *Eisenia fetida*, их распространение в зависимости от отдела и времени.

отделе кожно-мышечного мешка на 37-й день. В заднем отделе кожно-мышечного мешка личинки начали регистрироваться с 7-го дня опыта по 29-й, причём на 29-й день эксперимента была обнаружена живая личинка *T. canis*.

Паразитарные личинки обнаруживались и в желудочно-кишечном тракте червей. Передний отдел кишечника не содержал инвазионных личинок *T. canis*.

Наиболее часто и в большем количестве паразитарные личинки встречались в среднем отделе кишечного тракта – $2,6 \pm 0,6$ (1–6). Задний отдел кишечника содержал, как правило, меньшее количество *T. canis*, но в этой части кишечника личинки регистрировались наиболее длительное время. На 31-й день исследований живые паразитарные личинки *T. canis* обнаружены в заднем отделе кишечного тракта.

На 38-й день эксперимента личинки *T. canis* у дождевых червей *Eisenia fetida* больше не фиксировались. Сокращение количества паразитарных личинок было прямо пропорционально времени эксперимента, таким образом, среднее количество обнаруженных с 1-го по 15-й день личинок составило $4,01 \pm 0,63$, а среднее количество, начиная с 16-го по 39-й день, составило $1 \pm 0,3$. Начиная с 16-го дня зафиксировано резкое снижение количества обнаруживаемых паразитарных личинок. Половина (50%) регистрируемых в этот период личинок были подвижными и фиксировались преимущественно в кожно-мышечном мешке. Среднее количество паразитарных личинок *T. canis* отражено на рис. 3.

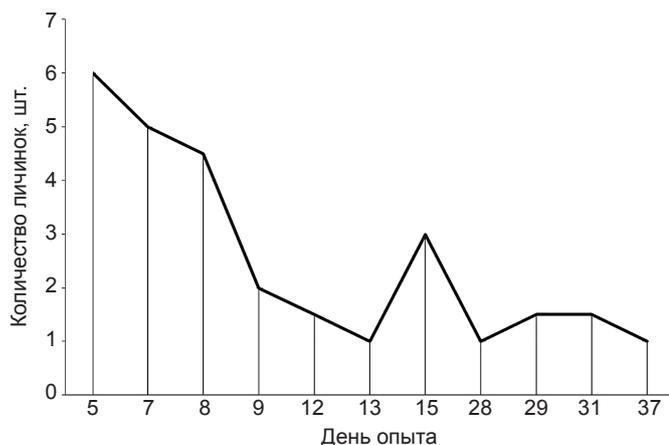


Рис. 3. Среднее количество личинок *T. canis* в дождевом черве *E. fetida*.

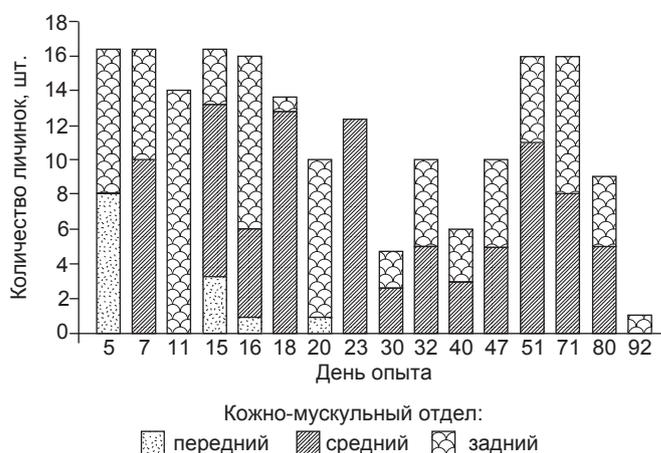


Рис. 5. Распределение инвазионных личинок *T. mystax* в пищеварительном тракте дождевых червей *E. fetida*.

При вторичном заражении *E. fetida* инвазионными яйцами *T. canis* установлено значительное уменьшение проникновения паразитарных личинок в мускулатуру червей (рис. 4, см. на 3-й стр. обложки). Длительность эксперимента составила 48 дней. За этот период времени только у 3 исследуемых дождевых червей было зафиксировано по одной паразитарной личинке в мышечных волокнах. Личинки, которые попадали в организм дождевого червя вместе с почвой, локализовались в кишечнике. В последний день эксперимента в кишечном тракте регистрировалось до 24 паразитарных личинок *Toxocara canis*, сохранивших подвижность. В течение опыта в пищеварительной трубке дождевых червей *E. fetida* регистрировалось от 6 до 24 живых личинок токсокар, в среднем $10,2 \pm 1,9$, то есть среднее количество фиксируемых личинок при вторичном заражении значительно выше, чем их количество при первичном инфицировании.

***Toxocara mystax*.** Длительность эксперимента составила 92 дня. В течение этого периода было проведено вскрытие дождевых червей из контрольной и экспериментальной групп. Контрольная группа не дала положительных результатов регистрации личинок на протяжении всех 92 дней. В экспериментальной группе личинки *T. mystax* регистрировались в кишечном отделе и в мускулатуре *E. fetida*. За время эксперимента паразитарные личинки обнаруживались постоянно, исключение составили 2 особи *E. fetida*, где личинки токсокар зафиксированы не были.

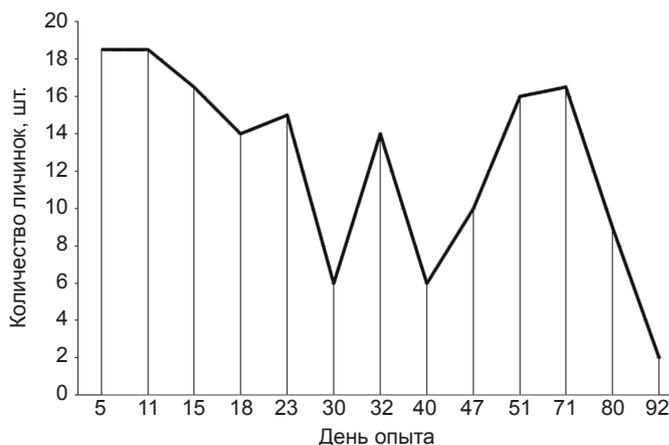


Рис. 6. Среднее количество личинок *T. mystax* в дождевых червях *E. fetida*.

Кожно-мышечный мешок не у всех дождевых червей содержал личинки *T. mystax*, а лишь у половины особей *E. fetida* из экспериментальной группы. Большинство выявленных личинок были неподвижны и регистрировались в средней или задней части мускулатуры дождевого червя. Передний отдел содержал личинки всего у двух особей (от 1 до 3) в первые дни эксперимента. Средний отдел кожно-мышечного мешка содержал личинки гораздо чаще, примерно в половине случаев (от 1 до 4). Задний отдел кожно-мышечного мешка содержал паразитарные личинки в 38% случаев (от 1 до 4 штук). Примерно 50% паразитарных личинок *T. mystax* не двигались. При этом в мышечных волокнах дождевого червя зарегистрировано в среднем $1,9 \pm 0,35$ личинки.

Основная часть паразитарных личинок *T. mystax* была зафиксирована в кишечном отделе *E. fetida* (рис. 5), особенно много в его средней части. За время эксперимента в пищеварительном тракте фиксировалось от 1 до 30 личинок *T. mystax*, среднее значение составило $7 \pm 1,6$ [28].

В среднем за всё время эксперимента у одного дождевого червя *E. fetida* зарегистрировано $10,1 \pm 2,8$ паразитарные личинки *T. mystax*. В конце 3-го месяца нашего эксперимента установлено снижение количества инвазионных личинок *T. mystax* в дождевых червях (рис. 6). При вскрытии на 71-й день опыта два червя *E. fetida* содержали 2 и 31 подвижные личинки соответственно.

Проведённые эксперименты по естественному заражению дождевых червей *Eisenia fetida* инвазионными яйцами *T. canis* и *T. mystax* были подтверждены опытами по пероральному заражению *E. fetida* инвазионными яйцами токсокар по авторской методике (Ерофеева, Хрусталева, Пухляк, 2015) [27].

Обсуждение

В мировой науке описаны эксперименты, проводимые с дождевыми червями S. Okoshi и M. Usui в 1968 г. в Японии, T.K. Pahari, N.K. Sasmal в 1991 г. в Индии [22–24, 26]. Okoshi и Usui (1968) ранее ставили эксперимент с дождевыми червями (*E. fetida*) для того, чтобы доказать, что заражение домашних птиц и грызунов паразитарными личинками токсокар возможно от червя *E. fetida*. Они работали с двумя видами токсокар: *Toxocara canis* и *Toxocara mystax*. Проведённые ими эксперименты дали положительные результаты. Черви действительно заражались инвазионными личинками собачьих и кошачьих токсокар. Они доказали, что дождевые черви являются паратеническими хозяевами токсокар, так как инвазионные личинки не претерпевали особых изменений и служили источниками заражения кур и лабораторных мышей. Наши эксперименты подтвердили данные японских учёных об участии дождевых червей в жизненном цикле токсокар. S. Okoshi и M. Usui также утверждали, что интенсивное заражение дождевых червей инвазионными личинками токсокар не влияет отрицательно на жизнедеятельность навозных червей. Данный факт мы, к сожалению, проверить не смогли. Это является недостатком нашего эксперимента.

Данных по распределению личинок *Toxocara spp.* в дождевых червях *E. fetida* и сроках их жизнеспособности у паратенического хозяина оставалось неизвестным. T.K. Pahari и N.K. Sasmal (1991) заражали личинками *T. canis* другой вид дождевого червя – *Pheretima posthuma*. Они исследовали лишь время пребывания личинок токсокар в дождевом черве *P. posthuma* [24]. Данные эксперименты длились в среднем 15–20 дней, затем опыт прекращался, поскольку при вскрытии червя дождевого личинки не регистрировались.

Полученные нами данные по заражению дождевых червей личинками *T. canis* в основном схожи с данными подобных экспериментов в мировой науке. Совершенно точно подтверждено, что дождевые черви подвержены заражению инвазионными яйцами *T. canis*, но длительность жизни паразитарных личинок зависит от многих факторов, в том числе и от видовой принадлежности червя дождевого. При эксперименте с инвазионными яйцами *T. canis* мы регистрировали в кожно-мышечном мешке *E. fetida* паразитарных личинок на 37-й день опыта, но при этом контрольная группа не давала

положительных показателей по содержанию личинок *T. canis* ни в одном из отделов тела червя.

Можно предположить, что после попадания паразитарной личинки в кожно-мышечный мешок она гибнет, что и является причиной уменьшения общего числа личинок к 48-му дню эксперимента. Кроме того, неподвижные (погибшие) личинки обнаруживались при первом эксперименте в мускулатуре *E. fetida*, что объясняет их отсутствие в этом отделе к концу эксперимента [29].

При повторном заражении навозных червей, освобождённых от личинок *T. canis*, мы практически не регистрировали (кроме 3 случаев) их внедрения в кожно-мышечный мешок. По-видимому, при вторичном инфицировании дождевого червя отмечается иммунная реакция, которая препятствует движению инвазионных личинок паразитов *T. canis* в мышечные волокна червя (кожно-мышечный мешок). При проникновении в мускулатуру мы регистрировали гибель тех немногих личинок токсокар, которые туда проникали. В кишечном отделе личинки *T. canis* более длительное время сохраняли жизнеспособность. Следовательно, навозные черви *Eisenia fetida* могут являться источником заражения токсокарами – *T. canis* в период, пока паразитарные личинки сохраняют свою жизнеспособность в организме червей (в нашем эксперименте – 48 дней).

Учитывая свойство кишечного отдела дождевого червя освобождаться от переваренной пищи за 3 дня, остаётся неясной причина задержки при кишечном отделе паразитарных личинок. Вероятно, что личинки *Toxocara mystax* питаются содержимым кишечного тракта, поскольку их величина становится несколько больше исходной. Впервые увеличение личинок в размерах установили в опыте S. Okoshi и M. Usui (1968) (Япония), данный факт подтверждён и нами [22–23, 28–30].

Как правило, в качестве резервуарного хозяина *Toxocara mystax* выбирает животных с постоянной температурой организма (теплокровные). Такой хозяин позволяет им сохранять свою активность на протяжении 6–10 лет, а условия проживания являются настолько благоприятными, что позволяют не покрываться капсулой. Дождевые черви не относятся к теплокровным животным, но при этом позволяют *Toxocara mystax* сохранять подвижные функции до 3 мес при отсутствии яйцевой оболочки.

Заключение

В ходе экспериментов получены данные, подтверждающие способность дождевых червей *Eisenia fetida* к инфицированию инвазионными яйцами паразитических нематод *T. canis* и *T. mystax*, вызывающих у человека заболевание токсокароз. Заражение происходит путём попадания обсеменённой почвы (10 000 паразитарных яиц) в пищеварительный тракт навозного червя *E. fetida*. Максимальное число паразитарных личинок *T. canis* у *E. fetida* фиксировалось первые две недели эксперимента и составило $4,01 \pm 0,63$, начиная с третьей недели отмечалось стабильное снижение до $1 \pm 0,3$. С 38-го дня эксперимента личинок токсокар у *E. fetida* не регистрировалось. Вторичное инфицирование навозных червей яйцами *T. canis* показало, что личинки не проникают в мышечные волокна дождевого червя, а обитают в кишечном тракте. Личинки *Toxocara mystax*, попав в пищеварительный тракт дождевого червя *E. fetida*, способны более 92 дней оставаться активными, слабо проникая в кожно-мышечный мешок. В течение эксперимента среднее количество личинок *T. mystax* в навозных червях равно $10,1 \pm 2,8$.

Дождевые черви *E. fetida* способны аккумулировать в себе инвазионные личинки токсокар, выполняя при этом санитарную роль по очистке почвы. Личинки *T. canis* более активно проникают в кожно-мышечный мешок дождевого червя, а личинки *T. mystax* локализуются чаще в кишечнике дождевого червя, оставаясь жизнеспособными более 3 мес. Дождевые черви *E. fetida* выступают в качестве паратенических хозяев и могут являться альтернативными источниками заражения человека и других восприимчивых животных токсокарозом.

Литература

(пп. 3–5, 9, 10, 12, 14–18, 20–26, 30 см. References)

- Лысенко А.Я., Константинова Т.Н., Авдюхина Т.И. *Токсокароз: учебное пособие*. М.: РМАПО, 2004. 40 с.
- Тумольская Н.И., Сергиев В.П., Лебедева М.Н. и соавт. *Токсокароз. Клиника. Диагностика. Лечение. Профилактика*. М., 2004. 48 с.
- О заболеваемости геогельминтозами в Российской Федерации в 2013 году: Письмо Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 29 сентября 2014 г. № 01/11370-14-27. <http://www.consultant.ru> от 09.04.2015.
- Шишканова Л.В., Васерин Ю.И., Хроменкова Е.П., Димидова Л.Л., Упырев А.В., Твердохлебова Т.И., Пригодин А.В. Обсемененность почвы яйцами гельминтов в Ростовской области. *Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями: матер. докл. науч. конф.* М., 2009. Вып. 10: 439–41.
- О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 2017. 206 с.
- Мальшева Н.С., Самофалова Н.А., Плехова Н.А., Борзосекон А.Н. Паразитологическая оценка качества среды обитания на урбанизированных территориях Курской области. *Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. Матер. докл. науч. конф.* М.; 2009; Вып. 10: 255–7.
- Сергиев В.П., Успенский А.В., Романенко Н.А. и соавт. Новые и возвращающиеся гельминтозы как потенциальный фактор социально-эпидемических осложнений в России. *Медицинская паразитология*. 2005; 4: 6–8.
- Постнова В.Ф., Шендо Г.Л., Джаркенов А.Ф., Базельцева Л.И., Постнов А.Б., Окунская Е.И. Оценка эпидемиологической значимости почвы при токсокарозе. *Теория и практика борьбы с паразит. бол.: матер. докл. науч. конф.* М.; 2009; 10: 304–6.
- Ерофеева В.В., Хрусталев А.В., Пухляк В.П. Способ подготовки дождевых червей для исследования заражения их яйцами гельминтов. Патент РФ № 2578511: 2016.
- Масленникова О.В., Ерофеева В.В., Береснева А.И., Аскарова А.Р. Роль дождевых червей в распространении токсокароза. *Медицина и здравоохранение: материалы III Междунар. науч. конф. Казань, май 2015 г.* Казань: Бук; 2015: 15–7.
- Масленникова О.В., Ерофеева В.В., Аскарова А.Р., Береснева А.И. Дождевые черви *Eisenia fetida* в жизненном цикле *Toxocara cati*. *Молодой ученый*. 2016; 11: 549–52.
- sitic diseases: mater. dokl. nauch. konf.* Moscow; 2009; 10: 439–441. (in Russian)
- О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году: Государственный доклад. Moscow: Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka; 2017. 206 p. (in Russian)
- Beaver P.C. Larvamigrans. *Exp Parasitol*, 1956; 5: 587–621.
- Sprent J.F.A. On the invasion of the central nervous system by nematodes II. Invasion of the nervous system in Ascariasis. *Parasitology*. 1955; 45: 41–55.
- Malysheva N.S., Samofalova N.A., Plehova N.A., Borzosekov A.N. Parasitological assessment of habitat quality in urban areas of the Kursk region. *Theory and practice of fighting parasitic diseases: Mater. dokl. nauch. konf.* Moscow; 2009; 10: 255–7. (in Russian)
- Unruh D.H.A., King J.E., Eaton R.D.P., Allen J.R. Parasites of dogs from Indian settlements in northwestern Canada: A survey with public health implications. *Can J Comp Med*. 1973; 37: 25–32.
- Sergiev V.P., Uspenskij A.V., Romanenko N.A. et al. New and returning helminthiasis as a potential factor of social and epidemic complications in Russia. *Medical Parasitology*. 2005; 4: 6–8. (in Russian)
- Done J.T., Richardson M.D., Gibson T.E. Experimental visceral larva migrans in the pig. *Res Vet Sci*. 1960; 1: 133–51.
- Won K.Y., Kruszon-Moran D., Schantz P.M., Jones J.L. National seroprevalence and risk factors for zoonotic *Toxocara* spp. Infection. *Am J Trop Med Hyg*. 2008; 79: 552–7.
- Yamaguchi N., Macdonald D.W., Passanisi W.C., Harbour D.A., Hopper C.D. Parasite prevalence in free-ranging farm cats, *Felis silvestris catus*. *Epidemiol Infect*. 1996; 116: 217–23.
- Sprent J.F.A. Observations on the development of *Toxocara canis* (Werner, 1782) in the dog. *J Parasitol*. 1958; 48; 3: 184–209.
- Eng K. et al. A survey of helminths in stray cats from Copenhagen with ecological aspects. *Z Parasitenkd*. 1984; 70: 87–94.
- Postnova V.F., Shendo G.L., Dzharzenov A.F., Bazhel'ceva L.I., Postnov A.B. Assessment of the epidemiological significance of soil under toxocarosis. *Theory and practice of struggle bor'by s parazit. bolez.: mater. dokl. nauch. konf.* М., 2009; 10: 304–306. (in Russian)
- Okoshi S., Usui M. Experimental studies on *Toxascaris leonina*. IV. Development of eggs of three ascarids, *T.leonine*, *Toxocara canis* and *Toxocara cati*, in dogs and cats. *Jpn J Vet Sci*. 1968; 30: 29–38.
- Okoshi S., Usui M. Experimental studies on *Toxascaris leonina*. Experimental infection of mice, chickens and earthworms with *Toxascaris leonina*, *Toxocara canis* and *Toxocara cati*. *Jpn J Vet Sci*. 1968; 30: 151–66.
- Okoshi S., Usui M. Experimental studies on *Toxascaris leonina*. IV. Development of eggs of three ascarids, *T.leonine*, *Toxocara canis* and *Toxocara cati*, in dogs and cats. *Jpn J Vet Sci*. 1968; 30: 29–38.
- Okoshi S., Usui M. Experimental studies on *Toxascaris leonina*. Experimental infection of mice, chickens and earthworms with *Toxascaris leonina*, *Toxocara canis* and *Toxocara cati*. *Jpn J Vet Sci*. 1968; 30: 151–66.
- Pahari T.K. and Sasmal N.K. Experimental infection of Japanese quail with *Toxocara canis* larvae through earthworms. *Vet Parasitol*. 1991; 99: 337–40.
- Nichols R.L. The etiology of visceral larva migrans. I. Diagnostic morphology of infective second-stage *Toxocara larvae*. *J Parasitol*. 1956; 42: 349–62.
- Oshima T. Standardization of techniques for infecting mice with *Toxocara canis* and observations on the normal migration routes of the larvae. *J Parasitol*. 1961; 47: 652–6.
- Ерофеева В.В., Хрусталев А.В., Пухляк В.П. The method of preparing earthworms for the study of their infection with helminth eggs. Патент РФ № 2578511: 2016. (in Russian)
- Maslennikova O.V., Erofeeva V.V., Askarova A.R., Beresneva A.I. Earthworms *Eisenia fetida* in the *Toxocara cati* life cycle. *Young scientist*. 2016; 11: 549–52. (in Russian)
- Maslennikova O.V., Erofeeva V.V., Beresneva A.I., Askarova A.R. The role of earthworms in the spread of toxocarosis. *Medicine and Public Health: materialy III Mezhdunar. nauch. konf. (Kazan, may 2015)*. Kazan: Buk; 2015: 15–7. (in Russian)
- Galvin T.J. Experimental *Toxocara canis* infections in chickens and pigeons. *J Parasitol*. 1964; 50: 124–7.

References

- Lysenko A.Ja., Konstantinova T.N., Avdjuhina T.I. *Toxocariasis: Text-book*. Moscow: Russian Medical Academy of Postgraduate Education; 2004; 40 p.
- Tumol'skaja N.I., Sergiev V.P., Lebedeva M.N. et al. *Toxocarosis. Clinic. Diagnostics. Treatment. Prevention*. Moscow; 2004. 48 p. (in Russian)
- Fisher M. *Toxocara cati*: an underestimated Zoonotic agent. *J Parasitol*. 2003; 19: 167–70.
- Sarles M.P. and Stoll N.R. On the resistance of the cat to superimposed infection with the ascarid, *Toxocara cati*. *J Parasitol*. 1935; 21: 277–91.
- Tomimura T., Yokota M., Takiguchi H. Experimental visceral larva migrans in monkeys. Clinical, haematological, biochemical and gross pathological observations on monkeys inoculated with embryonated eggs of the dog ascarid, *Toxocara canis*. *Jpn J Vet Sci*. 1976; 38: 533–48.
- O zabolevaemosti geogel'mintozami v Rossijskoj Federacii v 2013 godu: Pis'mo Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka ot 29 sentjabrja 2014 N 01/11370-14-27. <http://www.consultant.ru> от 09.04.2015.
- Shishkanova L.V., Vaserin I., Hromenkova E.P., Dimidova L.L., Upyrev A.V., Tverdohlebova T.I., Prigodin A.V. Soil contamination with helminth eggs in the Rostov region. *Theory and practice of combating para-*