

МУСКУЛАТУРА И НЕЙРОТРАНСМИТТЕРЫ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТРЕМАТОД

Теренина Н. Б.¹,

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник,
terenina_n@mail.ru

Нефёдова Д. А.¹,

ведущий инженер

Мочалова Н. В.¹,

младший научный сотрудник

Крещенко Н. Д.²,

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

Шалаева Н. М.³,

кандидат биологических наук, доцент

Мовсесян С. О.¹,

доктор биологических наук, главный научный сотрудник

Яшин В. А.²,

ведущий инженер

Кучин А. В.²,

ведущий инженер

Аннотация

В работе анализируются результаты собственных и литературных данных, касающихся наличия мышечных элементов в различных отделах пищеварительного тракта взрослых и личиночных форм трематод. Приводятся данные о присутствии кольцевых и продольных мышечных волокон в глотке, пищеводе, кишечнике различных представителей трематод. Результаты иммуноцитохимических исследований свидетельствуют о наличии серотонинергических и пептидергических (FMR/Фамидергических) нервных эле-

¹ Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук (119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 33)

² Институт биофизики клетки ФИЦ ПНЦБИ Российской академии наук (142290, Московская обл., Пущино, ул. Институтская, д. 3)

³ Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1)

ментов в отделах пищеварительной системы трематод. Имеющиеся в литературе сведения дополнены результатами исследования, проведённого на представителе сем. *Leporeadiidae* – *Prodistomum alaskense*, кишечном паразите глубоководных рыб (*Zaprora silenus* и *Aptocyclus ventricosus*). Локализацию серотонинергических и FMRФамидергических нервных структур определяли иммуноцитохимически; окраска мускулатуры проводилась с помощью TRITC (тетраметилродамин изотиоцианат) – меченого фаллоидина. Препараты исследовались с помощью флуоресцентного микроскопа и конфокального сканирующего лазерного микроскопа. Анализ полученных данных и имеющихся в литературе сведений даёт основание полагать, что мышечная система пищеварительного тракта хорошо развита у трематод различных таксономических групп. Мускулатура органов пищеварительной системы трематод иннервируется серотонинергическими и пептидергическими (FMRФамидергическими) нервными элементами, которые принимают участие в регуляции сократительной активности различных отделов пищеварительной системы трематод.

Ключевые слова: трематоды, пищеварительная система, нейротрансмиттеры, серотонин, FMRФамид.

MUSCULATURE AND NEUROTRANSMITTERS IN THE DIGESTIVE SYSTEM OF TREMATODES

Terenina N. B. ¹,

Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher,
terenina_n@mail.ru

Nefedova D. A. ¹,

Leading Engineer

Mochalova N. V. ¹,

Junior Researcher

Kreshchenko N. D. ²,

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher

Shalaeva N. M. ³,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

¹ A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of Russian Academy of Sciences, Center of Parasitology (33, Leninsky pr., Moscow, 119071)

² Institute of Cell Biophysics of Russian Academy of Sciences (3, Institutskaya st., Pushchino, Moscow Region, 142290)

³ M. V. Lomonosov Moscow State University (1, Leninskiye Gory, Moscow, 119991)

Movsesyan S. O. ¹,

Doctor of Biological Sciences, Main Researcher

Jashin V. A. ²,

Leading Engineer

Kuchin A. V. ²,

Leading Engineer

Abstract

In this paper we analyzed the results of our own and published data concerning the presence of muscle elements in various parts of the digestive system in adult and larval forms of trematodes. The data on the localization of the circular and longitudinal muscle fibers in the pharynx, esophagus, and intestine of various representatives of trematodes are presented. The results of immunocytochemical studies indicate the presence of the serotonergic and peptidergic (FMRFamide) nerve elements in the parts of the digestive system of trematodes. The available literature data is supplemented by the studies conducted on *Prodistomum alaskense*, a representative of the family Lepocreadiidae, an intestinal parasite of deep-sea fish (*Zaprora silenus* and *Aptocyclus ventricosus*). The localization of the serotonergic and FMRFamide nervous structures was identified using immunocytochemical methods and the confocal scanning laser microscopy. For musculature staining the TRITC (tetramethylrhodamine isothiocyanate) – conjugated phalloidin was used. The preparations were examined using a fluorescence microscope and a confocal scanning laser microscope. The analysis of the data obtained and the information available in the literature suggests that the muscular system of the digestive tract is well developed in trematodes of various taxonomic groups. The musculature of the digestive system of trematodes is innervated by serotonergic and peptidergic (FMRFamide) nerve elements, which are involved in the regulation of the contractile activity of various parts of the digestive system of trematodes.

Keywords: trematodes, digestive system, neurotransmitters, serotonin, FMRFamide.

Введение. Мышечная система трематод хорошо развита и играет важную роль в жизнедеятельности паразита. Описанию морфологии мышечной системы трематод посвящено ряд работ. Наряду с данными об организации мышц стенки тела, прикрепительных органов, репродуктивной системы в литературе имеются сведения о наличии мышечных элементах в различных отделах пищеварительной

¹ A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of Russian Academy of Sciences, Center of Parasitology (33, Leninsky pr., Moscow, 119071)

² Institute of Cell Biophysics of Russian Academy of Sciences (3, Institutskaya st., Pushchino, Moscow Region, 142290)

системы трематод. Так, отмечается, что мускулатура пищеварительной системы (пищевода, кишечных стволов) трематод *Cryptocotyle concavum*, *Cryptocotyle lingua*, *Gymnophallus deliciosus*, *Plagiorchis laricola*, *Allocreadium isoporum*, *Paramphistomum cervi* включает наружный продольный и внутренний кольцевой слои. Мышечные элементы описаны в фаринксе церкарий и взрослых форм *Diplodiscus subclavatus* и в отделах пищеварительной системы (фаринкс, эзофагус, кишечник) церкарий и метацеркарий *Diplostomum pseudospathaceum*. Кольцевые и продольные мышечные волокна выявлены в фаринксе метацеркарий, а также в пищеварительной системе взрослых форм *Echinostoma caproni*. В тоже время в кишечной стенке *Schistosoma mansoni* описано наличие только кольцевых мышечных волокон. У взрослых форм *Opisthorchis felineus* в глотке обнаружены радиальные и продольные, а в пищеводе и кишечнике — кольцевые и продольные мышечные волокна. У метацеркарии *O. felineus* кольцевые и продольные мышечные волокна обнаружены в кишечнике. Имеются сведения о наличии радиальных и кольцевых мышечных волокон в мускулистой шарообразной глотке трематоды *Allocreadium isoporum*. Фаринкс *Rhipidocothyle campanula* содержит сильно развитые радиальные мышцы. В пищеводе, ведущем в крупный мешкообразный кишечник *R. campanula*, видна кольцевая мускулатура. Мускулатура стенки кишечника этого паразита представлена соединёнными попарно кольцевыми и продольными мышечными волокнами [1–4]. Сократительная активность мышц пищеварительной системы способствует продвижению пищи в глотке, пищеводе и кишечнике паразита.

Нейромедиаторы серотонин и нейропептид FMRFамид имеют широкое распространение в нервной системе плоских червей и играют фундаментальную роль в нервно-мышечной физиологии паразитов. Сведения об иннервации мышц пищеварительной системы трематод ограничиваются несколькими работами. В различных отделах пищеварительной системы личиночных и взрослых форм трематод (глотка, пищевод, кишечник) обнаружены серотонинергические и пептидергические нейроны и их отростки. Так, серотонинергические и FMRFамидергические компоненты нервной системы выявлены в кишечнике метацеркарии *D. pseudospathaceum*, нервная сеть иммунореактивных к серотонину волокон обнаружена в эзофагусе и фаринксе. 5-HT-иммунопозитивные нервные волокна обнаружены среди мышечных элементов глотки метацеркарии *O. felineus*. Сеть 5-HT-иммунореактивных волокон выявлена в глотке *A. isoporum*. Иннервация фаринкса и эзофагуса серотонинергическими и FMRFамидергическими нервными компонентами выявлена у пред-

ствителя сем. *Vucephalidae* — *Rh. campanula* и *Opisthioglyphe ranae* (сем. *Plagiorchiiidae*). Сведения об иннервации мускулатуры фаринкса пептидергическими и серотонинергическими нервными волокнами имеются также в отношении трематоды *Bucephaloides gracilescens* [1, 2, 5].

В настоящей работе приводятся полученные нами данные о наличии и распределении нейромедиаторов — серотонина и нейропептида FMRFамида в пищеварительном тракте трематоды *Prodistomum alaskense* (сем. *Leporeadiidae*) — кишечном паразите глубоководных рыб — *Zaprora silenus* и *Aptocyclus ventricosus*.

Материалы и методы. В работе использовали трематод *Prodistomum alaskense* (Ward & Fillingham, 1934) Bray & Merrett, 1998 (сем. *Leporeadiidae*) из кишечника рыб — запроры (*Z. silenus*) и рыбы-лягушки (*A. ventricosus*), выловленных в северо-западной части Тихого океана. Гельминтов фиксировали в 4% параформальдегиде в 0,1 М фосфатном буферном растворе (рН 7,4) при 4°C и затем сохраняли в 10% сахарозе, приготовленной на 0,1 М фосфатном буфере. Локализацию серотонинергических и FMRFамидергических нервных структур определяли иммуноцитохимическим методом. Окраска мускулатуры проводилась с помощью TRITC (тетраметилродамин изотиоцианат) меченого фаллоидина. Препараты исследовались с помощью флуоресцентного микроскопа Leica DM 1000 и конфокального сканирующего лазерного микроскопа Leica TCS SP5 (Сектор Оптической микроскопии и спектrophотометрии ЦКП ПНЦБИ РАН).

Результаты исследований. Полученные результаты показали наличие хорошо развитых радиальных мышечных волокон в фаринксе *P. alaskense*. Вблизи нижней части мускулистого фаринкса выявлено две 5-НТ-иммунореактивные нервные клетки, волокна которых иннервируют эту часть пищеварительной системы паразита. Среди мышц нижней части фаринкса обнаружены FMRFамидергические нервные волокна. Две FMRFамид-иммунореактивные нервные клетки, а также нервные волокна выявлены в области кишечника до его бифуркации. Полученные данные дают основание предположить, что активность мускулатуры пищеварительной системы *P. alaskense*, фаринкса и верхних отделов кишечника, регулируется серотонинергическими и пептидергическими нервными элементами.

Заключение. Таким образом, анализ полученных нами данных и имеющихся в литературе сведений показывает, что отделы пищеварительной системы трематод — глотки, пищевода, кишечника имеют хорошо развитые мышечные элементы, сокращения которых способствуют продвижению пищи. Мускулатура органов пищеваритель-

ной системы трематод иннервируется серотонинергическими и пептидергическими (FMRFамидергическими) нервными элементами, которые принимают участие в регуляции сократительной активности мышц различных отделов пищеварительной системы трематод.

Литература

1. Теренина Н.Б., Густафссон М.К.С. Функциональная морфология нервной системы паразитических плоских червей (трематоды, цестоды). М.: КМК, 2014. 296 с.
2. Kreshchenko N., Terenina N., Nefedova D., Mochalova N., Voropaeva E., Movsesyan S. The neuroactive substances and associated muscle system in *Rhipidocotyle campanula* (Digenea, Bucephalidae) from the intestine of the pike *Esox lucius*. *Journal of Morphology*. 2020; 281: 1047-1058.
3. Krupenko D.Y. Muscle system of *Diplodiscus subclavatus* (Trematoda: Paramphistomida) cercariae, pre-ovigerous, and ovigerous adults. *Parasitol. Res.* 2014; 113: 941-952.
4. Petrov A., Podvyaznaya I. Muscle architecture during the course of development of *Diplostomum pseudospathaceum* Niewiadomska, 1984 (Trematoda, Diplostomidae) from cercariae to metacercariae. *J. Helminthology*. 2016; 90(3): 321-326.
5. Terenina N.B., Kreshchenko N.D., Mochalova N.V., Nefedova D.A., Voropaeva E.L., Movsesyan S.O., Demiaszkiewicz A., Yashin V.A., Kuchin A.V. The new data on the serotonin and FMRFamide localization in the nervous system of *Opisthorchis felineus* metacercaria. *Acta Parasitologica*. 2020; 165(2): 1-14.

References

1. Terenina N.B., Gustafsson M.K.S. The functional morphology of the nervous system of parasitic flatworms (trematodes, cestodes). Moscow, KMK Scientific Press LTD., 2014. 296 p. (In Russ.)
2. Kreshchenko N., Terenina N., Nefedova D., Mochalova N., Voropaeva E., Movsesyan S. The neuroactive substances and associated muscle system in *Rhipidocotyle campanula* (Digenea, Bucephalidae) from the intestine of the pike *Esox lucius*. *Journal of Morphology*. 2020; 281: 1047-1058.
3. Krupenko D.Y. Muscle system of *Diplodiscus subclavatus* (Trematoda: Paramphistomida) cercariae, pre-ovigerous, and ovigerous adults. *Parasitol. Res.* 2014; 113: 941-952.
4. Petrov A., Podvyaznaya I. Muscle architecture during the course of development of *Diplostomum pseudospathaceum* Niewiadomska, 1984 (Trematoda, Diplostomidae) from cercariae to metacercariae. *J. Helminthology*. 2016; 90(3): 321-326.
5. Terenina N.B., Kreshchenko N.D., Mochalova N.V., Nefedova D. A., Voropaeva E.L., Movsesyan S.O., Demiaszkiewicz A., Yashin V.A., Kuchin A.V. The new data on the serotonin and FMRFamide localization in the nervous system of *Opisthorchis felineus* metacercaria. *Acta Parasitologica*. 2020; 165(2): 1-14.