

КРАТКИЕ
СООБЩЕНИЯ

УДК 591.111.1.597.42.55

ПАРАМЕТРЫ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ДВУХ ВИДОВ
ГЛУБОКОВОДНЫХ РЫБ СЕМЕЙСТВА ВЕРЕТЕННИКОВЫХ (*Paralepididae*)

© 2021 г. Г. И. Пронина*, **, А. М. Орлов***, ****, *****, *****, *****, *****, *****,
Д. В. Артеменков***, @

*Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства, ул. Сергеева, 24,
пос. Воровского, Ногинский р-н, Московская обл., 142460 Россия

**Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им.
К.А.Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550 Россия

***Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
ул. Верхняя Красносельская, 17, Москва, 107140 Россия

****Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН, Ленинский просп., 33, Москва, 119071 Россия

*****Дагестанский государственный университет, ул. Гаджиева, 43а, Махачкала, 367000 Россия

*****Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, ул. Гаджиева, 45, Махачкала, 367000 Россия

*****Томский государственный университет, просп. Ленина, 36, Томск, 634050 Россия

*****Институт океанологии им. П.П.Шириова РАН, Нахимовский просп., 36, Москва, 117218 Россия

@E-mail: artemenkov@vniro.ru

Поступила в редакцию 13.04.2020 г.

После доработки 25.07.2020 г.

Принята к публикации 25.07.2020 г.

На основании материалов комплексной экспедиции в море Ирмингера в 2018 г. впервые описаны гематологические и цитохимические параметры периферической крови паралеписа Кройера (морской щучки или ложного нотолеписа Риссо) *Arctozenus risso* и средиземноморского сиговидного веретенника *Paralepis coregonoides* (*Paralepididae*). Показано, что эритропоз у обоих изучаемых видов рыб примерно одинаковый, присутствуют нормобласты и эритроциты. Путем сравнительного анализа лейкограмм изучаемых видов установлен лимфоидный характер крови обоих видов рыб. Отмечено, что для сиговидного веретенника характерна большая доля зрелых сегментоядерных форм – нейтрофилов, отвечающих за неврожденный неспецифический клеточный иммунитет.

DOI: 10.31857/S1026347021030139

Эритроциты и лейкоциты характеризуют параметры периферической крови, а также выполняют разнообразные физиологические и иммунологические функции, защищают организм от чужеродных тел и обеспечивают адаптацию рыб (Микряков, Балабанова, 1979; Secombes, 1996; Галактионов, 2005). Особенности вида и среды обитания отражаются на составе эритроцитов и лейкоцитов рыб, основные типы которых – зрелые и базофильные эритроциты, нормобласты, а также лимфоциты, моноциты, нейтро-, эозино- и базофилы и небольшая доля незрелых форм лейкоцитов. Соотношение отдельных типов клеток может свидетельствовать о физиологическом состоянии организма и наличии биотических и абиотических стресс-факторов (Иванова, 1983; Parish *et al.*, 1986; Головина, Тромбицкий, 1989; Житенева и др., 1989; Точилина, 1994; Микряков и др., 2001).

Довольно много исследований связано с изучением клеточного состава крови рыб, обитаю-

щих в пресноводных и солоноватоводных экосистемах. Однако глубоководные рыбы, несмотря на свое широкое распространение и значительную численность в Мировом океане (Беккер, 1971; Deep-sea..., 1997), обитающие преимущественно на глубинах >400 м в условиях высокого давления, низких температур, абсолютной темноты, своеобразной кормовой базы и других биотических и абиотических факторов (Haedrich, 1996; Richards, 2006), вероятно, в силу своей меньшей доступности остались изучены крайне недостаточно или не изучены совсем (Иванова, 1983; Головина, Тромбицкий, 1989; Точилина, 1994). Они давно привлекают внимание специалистов, которыми в большей степени исследованы процессы роста, особенности морфологии, физиологии, биохимии, химического состава тела, пищевого поведения и т.д. (Childress, Somero, 1979; Deep-sea..., 1997; Rofen, 2019). Однако сведения о составе эритроцитов и лейкоцитов этих рыб в доступ-

Таблица 1. Информация о поимках паралеписа Кройера *Arctozenus risso* и средиземноморского сиговидного веретенника *Paralepis coregonoides*

Вид	Длина, см	Масса, г	Дата поимки	Широта, с.ш.	Долгота, з.д.	Глубина, м
<i>Arctozenus risso</i>	23.8	21.7	25.06.2018	62°34′	30°50′	400
	23.1	20.3	28.06.2018	62°35′	39°21′	375
	24.2	22.0	28.06.2018	62°35′	39°21′	375
<i>Paralepis coregonoides</i>	28.4	55.1	29.06.2018	62°05′	37°1′	700
	22.7	42.6	29.06.2018	62°05′	37°1′	700

ной литературе крайне редки (Гордеев и др., 2014), поэтому исследование данного направления важно для понимания морфофизиологических перестроек в процессе адаптации к глубоководным условиям обитания.

Цель данной работы – исследование гематологических и цитохимических параметров периферической крови двух видов глубоководных рыб (*Arctozenus risso*, *Paralepis coregonoides*) семейства веретенниковых (Paralepididae).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рыб отлавливали в экспедиции НИС “Атлантида” в июне–июле 2018 г. в море Ирмингера (62°34′–64°50′ с.ш., 30°50′–39°21′ з.д.) на глубине от 375 до 700 м разноглубинным тралом 78.7/416 м проекта 2492-02, канатная и сетная части которого изготовлены из современных облегченных материалов, размеры ячеи в крыльях и кутце 68 и 16 мм соответственно.

Для проведения клинических исследований рыб взяты 5 проб из уловов 3 тралений (паралепис Кройера – 3, сиговидный веретенник – 2 экз., табл. 1). У свежельвовленных рыб пробы крови брали из хвостовой артерии. Сразу изготавливали препараты на предметных стеклах в двух повторностях на одну пробу. После изготовления мазки крови высушивали в темном проветриваемом месте до исчезновения влажного блеска. Высушенные мазки хранили при комнатной температуре, обернув мазки в бумагу, и транспортировали в лабораторию для анализа (Иванов и др., 2013).

Состав эритроцитов и лейкоцитов определяли в мазках периферической крови, окрашенных по Романовскому–Гимза (Иванов и др., 2013). В каждом мазке определяли содержание основных типов клеток и относительное их количество под цифровым микроскопом Optika DM-15 (Польша) с увеличением 10 × 60.

Результаты исследований обработаны статистически с использованием *t*-теста при уровне достоверности $p \leq 0.05$ стандартным пакетом программ (Statistica v.12).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Паралепис Кройера (морская щучка или ложный нотолепис Риссо) *A. risso* (Bonaparte, 1840) и средиземноморский сиговидный веретенник *P. coregonoides* (Risso, 1820) – хищные рыбы средних размеров, обитающие в умеренных и холодных водах. Первый вид встречается на глубинах от поверхности до 3465 м, обычен в диапазоне глубин 200–1000 м (Orlov, Tokranov, 2019). Распространение практически космополитическое (Гупоногов, Кодолов, 2014), в российских водах встречается в западной части Берингова и в Охотском море, а также в тихоокеанских водах Курильских о-вов, где считается обычным видом (Parin et al., 2014). Второй вид распространен преимущественно в Северной Атлантике (от Гренландии, Исландии и Северного моря на севере до приблизительно 30° с.ш., включая Средиземное море), изредка встречается в Мексиканском заливе и в Карибском море, а в восточной тропической Атлантике его находки привязаны к материковому склону Африки (Porteiro et al., 2017).

Особи паралеписа Кройера могут достигать длины 31 см (Thompson, 2002), сиговидного веретенника – 50 см (Muus, Nielsen, 1999). Основные объекты питания обоих видов – мелкие рыбы, креветки и различные беспозвоночные (Post, 1984; Парин, 1988).

Морфология и размеры клеток эритропоэтического ряда у обоих рассматриваемых видов аналогичны таковым у других видов рыб (Иванова, 1983; Головина, Тромбицкий, 1989). Среди типов клеток были отмечены нормобласты, базофильные эритроциты и зрелые полихроматофильные эритроциты, за исключением гемоцитобластов и эритробластов (табл. 1). Доля созревающих клеток составляла 15.0–15.2%, базофильные эритроциты – 13.0 ± 3.5 и 11.7 ± 3.5 соответственно у паралеписа Кройера и сиговидного веретенника, нормобласты – соответственно 2.2 ± 0.9 и 3.3 ± 1.5 . Зрелые эритроциты были самой многочисленной группой и составляли 84.8 ± 8.8 и 85.0 ± 4.9 соответственно. Повышенное содержание зрелых эритроцитов в составе клеток эритропоэтического ряда по сравнению с таковым у пресноводных рыб (Грушко, 2010) может быть обусловлено вы-

Таблица 2. Параметры периферической крови паралеписа Кройера *Arctozenus risso* и средиземноморского сиговидного веретенника *Paralepis coregonoides*

Показатели	Паралепис Кройера <i>Arctozenus risso</i>	Средиземноморский сиговидный веретенник <i>Paralepis coregonoides</i>
Эритропоэз, %		
Гемоцитобласты, эритробласты	—	—
Нормобласты	2.2 ± 0.9	3.3 ± 1.5
Базофильные эритроциты	13.0 ± 3.5	11.7 ± 3.5
Сумма зрелых и полихроматофильных эритроцитов	84.8 ± 8.8	85.0 ± 4.9
Лейкоцитарная формула, %		
Миелобласты	—	—
Промиелоциты	—	0.3 ± 0.3
Миелоциты	0.4 ± 0.4	1.7 ± 0.8
Метамиелоциты	1.0 ± 0.6	0.7 ± 0.3
Палочкоядерные нейтрофилы	2.4 ± 0.8	2.7 ± 0.3
Сегментоядерные	2.8 ± 0.9	8.7 ± 2.0*
Эозинофилы	1.0 ± 0.6	2.0 ± 0.9
Базофилы	—	—
Моноциты	0.6 ± 0.4	0.3 ± 0.3
Лимфоциты	91.8 ± 1.6	83.6 ± 3.5

Примечание. * — разность по сравнению с относительным числом типов клеток у паралеписа Кройера достоверна при $p \leq 0.05$, “—” — данные типы форменных элементов не наблюдались.

полнением функции переноса кислорода в условиях высокого давления на больших глубинах.

Данные о составе лейкоцитов у рассматриваемых видов семейства веретенниковых, как и у пресноводных видов рыб, представлены теми же типами лейкоцитов, за исключением миелобластов и базофилов. В лейкоцитарной формуле (табл. 2) основную долю составляют лимфоциты, далее в порядке убывания следуют сегментоядерные и палочкоядерные нейтрофилы, эозинофилы, сумма миелоцитных форм клеток (1.4 и 2.7%) и моноциты. Поэтому можно отметить, что оба рассматриваемых вида имеют сходный состав лейкоцитов, но наблюдается примерно в 3 раза большая доля зрелых сегментоядерных нейтрофилов в лейкограмме средиземноморского сиговидного веретенника *P. coregonoides* по сравнению с паралеписом Кройера *A. risso*. Так как сегментоядерные нейтрофилы — фагоциты, то относительно высокое их содержание свидетельствует о значительном потенциале клеточного фактора врожденного иммунитета.

Лимфоидный характер крови паралеписа Кройера и сиговидного веретенника позволяет предположить, что лимфоциты составляют большую часть иммунокомпетентных клеток в их органах кроветворения, почках и селезенке. Рассматриваемые глубоководные виды рыб имеют аналогичную другим видам рыб морфологию и размеры

лейкоцитов: диаметры лимфоциты — 5.0 мкм, моноцитов, нейтрофилов и эозинофилов 11.0–12.0 мкм, бластных клеток — 10.0 мкм. Гранулоциты этих видов, как и у большинства представителей отряда Perciformes, представлены тремя типами: эозинофилами, палочкоядерными и сегментоядерными нейтрофилами (Иванова, 1983; Головина, Тромбицкий, 1989; Балабанова, 2002).

Необходимо отметить, что при изучении лейкограмм морских костистых рыб из отрядов Clupeiformes, Beloniformes, Gadiformes, Perciformes, Pleuronectiformes и семейств Serranidae, Labridae и Muctophidae были выделены пять типов клеток (лимфоциты, моноциты, нейтрофилы, нейтро-, эозино- и базофилы) (Точилина, 1994). В нашем исследовании базофилы отсутствовали. Данная популяция лейкоцитов в норме у млекопитающих и большинства костистых рыб составляет 0–3% (Иванов и др., 2013; Пронина, Корягина, 2015). Поэтому полученная информация свидетельствует об отсутствии патологии, в частности воспалений у исследуемых рыб.

Ввиду наблюдаемого состава клеток эритропоэтического ряда обратим внимание на то, что эритропоэз у двух исследованных видов глубоководных рыб достоверно не различался. Однако было отмечено повышенное содержание зрелых эритроцитов относительно такового у пресновод-

ных рыб, находящихся в различных условиях обитания.

Результаты изучения лейкоцитов периферической крови паралеписа Кройера и сиговидного веретенника свидетельствуют о том, что их морфофункциональные характеристики гетерогенны и представлены разными по структуре клетками (лимфоциты, сегментоядерные и палочкоядерные нейтрофилы, эозинофилы, моноциты и бластные формы клеток (промиелоциты, миелоциты, метамиелоциты)). Анализ лейкоцитарной формулы двух рассматриваемых видов глубоководных рыб показал, что периферическая кровь имеет лимфоидный характер.

Обнаруженное достоверное различие — большая доля зрелых сегментоядерных нейтрофилов в лейкограмме паралеписа Кройера по сравнению с сиговидным веретенником свидетельствует о значительном потенциале их клеточного фактора врожденного иммунитета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Балабанова Л.В.* Ультраструктура гранулоцитов некоторых видов окунеобразных рыб // Биология внутр. вод. 2002. № 1. С. 79–84.
- Беккер В.Э.* Жизнь животных. Т. 4. Ч. 1. Рыбы. Семейство Веретенниковые (Paralepididae). М.: Просвещение, 1971. 655 с.
- Галактионов В.Г.* Эволюционная иммунология: учебное пособие. М.: Академкнига, 2005. 408 с.
- Головина Н.А., Тромбицкий И.Д.* Гематология прудовых рыб. Кишинев: Штиинца, 1989. 156 с.
- Гордеев И.И., Микряков Д.В., Балабанова Л.В., Микряков В.Р.* Состав лейкоцитов периферической крови антарктического клякача *Dissostichus mawsoni* (Nototheniidae) // Вопр. ихтиол. 2014. Т. 54. № 3. С. 1–4.
<https://doi.org/10.7868/S0042875214030047>
- Грушко М.П.* Морфофизиологические особенности кроветворения у костистых рыб (на примере воблы (*Rutilus rutilus caspicus*)) // Вопр. рыболовства. 2010. Т. 11. № 2(42). С. 327–340.
- Житенева Л.Д., Полтавцева Т.Г., Рудницкая О.А.* Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб. Ростов н/Д.: Ростов. книж. изд-во, 1989. 111 с.
- Иванов А.А., Пронина Г.И., Корягина Н.Ю., Петрушин А.Б.* Клиническая лабораторная диагностика в аквакультуре. Методические указания. М.: Изд-во ТСХА, 2013. 50 с.
- Иванова Н.Т.* Атлас клеток крови рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. 184 с.
- Микряков В.Р., Балабанова Л.В.* Клеточные основы иммунитета у рыб. Физиология и паразитология пресноводных животных. Л.: Наука, 1979. С. 57–64.
- Микряков В.Р., Балабанова Л.В., Заботкина Е.А., Липирова Т.Б., Попов А.В., Силкина Н.И.* Реакция иммунной системы рыб на загрязнение воды токсикантами и закисление среды. М.: Наука, 2001. 126 с.
- Парин Н.В.* Рыбы открытого океана. М.: Наука, 1988. 272 с.
- Пронина Г.И., Корягина Н.Ю.* Референтные значения физиолого-иммунологических показателей гидробионтов разных видов // Вестн. Астрахан. гос. тех. ун-та. 2015. № 4. 2015. С. 103–108.
- Точилина Л.В.* Лейкоцитарная формула морских рыб // Гидробиол. журн. 1994. Т. 30. № 3. С. 50–57.
- Туноногов В.Н., Кодолов Л.С.* Полевой определитель промысловых и массовых видов рыб дальневосточных морей России. Владивосток: Русский остров, 2014. 336 с.
- Childress J.J., Somero G.N.* Depth-related enzymic activities in muscle, brain and heart of deep-living pelagic marine teleosts // Mar. Biol. 1979. V. 52. P. 273–283.
<https://doi.org/10.1007/BF00398141>
- Deep-sea fishes / Eds Randall D.J., Farrell A.P. San Diego: Acad. Press, 1997. 387 p.
- Haedrich R.L.* Deep-water fishes: evolution and adaptation in the earth's largest living spaces // J. Fish. Biol. 1996. V. 49. P. 40–53.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb06066.x>
- Muus B.J., Nielsen J.G.* Sea fish. Denmark; Hedehusene: Scand. Fish. Year Book, 1999. 340 p.
- Orlov A.M., Tokranov A.M.* Checklist of deep-sea fishes of the Russian northwestern Pacific Ocean found at depths below 1000 m // Progr. Oceanogr. 2019. V. 176. Pt 102143. 13 p.
<https://doi.org/10.1016/j.pocan.2019.102143>
- Parin N.V., Evseenko S.A., Vasileva E.D.* Fishes of Russian Seas: Annotated Catalogue. М.: КМК, 2014. 733 p.
- Parish N., Wrathmell A., Hart S., Harris J.E.* The leucocytes of the elasmobranch *Scyliorhinus vanicula* L. A morphological study // J. Fish. Biol. 1986. V. 28. № 5. P. 545–561.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1986.tb05192.x>
- Porteiro F.M., Sutton T., Byrkjedal I., Orlov A.M., Heino M., Menezes G., Bergstad. O.A.* Fishes of the Northern Mid-Atlantic Ridge Collected During the MAR-ECO Cruise in June–July 2004: An Annotated Checklist. Arquipelago. Life and Marine Sciences. 2017. Supplement 10. 125 p.
- Post A.* Paralepididae // Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Paris: UNESCO, 1984. P. 498–508.
- Richards W.J.* Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for Western Central North Atlantic. Boca Raton: Taylor and Francis, 2006. 1312 p.
- Rofen R.R.* Family Paralepididae // Fishes of the Western North Atlantic. New Haven: Yale Univ. Press, 2019. Pt 5. P. 205–448.
- Secombes C.J.* The nonspecific immune system: cellular defense // The fish immune system: organism, pathogen and environment. London: Acad. Press, 1996. P. 63–105.
- Thompson B.A.* Paralepididae // The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic. Rome: FAO, 2002. P. 933–934.

Peripheral Blood Parameters of Two Species of Deep-sea Fish Family Paralepididae

G. I. Pronina^{1, 2}, A. M. Orlov^{3, 4, 5, 6, 7, 8}, and D. V. Artemenkov^{3, #}

¹Russian Scientific Research Institute of Irrigation Fisheries,
ul. Sergeeva, 24, pos. Vorovskogo, Noginsky r-n, Moscow obl., 142460 Russia

²Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy,
ul. Timiryazevskaya, 49, Moscow, 127550 Russia

³Russian Federal Research Institute Of Fisheries and Oceanography,
Verkhnyaya Krasnoselskaya ul., 17, Moscow, 107140 Russia

⁴Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Leninsky prosp., 33, Moscow, 119071 Russia

⁵Dagestan State University, ul. Gadzhieva, 43a, Makhachkala, 367000 Russia

⁶Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Center RAS,
ul. Gadzhieva, 45, Makhachkala, 367000 Russia

⁷Tomsk State University, prosp. Lenina, 36, Tomsk, 634050 Russia

⁸Shirshov Institute of Oceanology RAS, Nakhimovsky prosp., 36, Moscow, 117218 Russia

#e-mail: artemenkov@vniro.ru

Hematological and cytochemical parameters of the peripheral blood of spotted barracudina *Arctozenus risso* and sharpchin barracudina *Paralepis coregonoides* (Paralepididae) are firstly studied on the materials of the survey to the Irminger Sea in 2018. It was shown that erythropoiesis in both studied fish species is approximately the same. Normoblasts and erythrocytes are present. The lymphoid character of the blood of both fish species was established by comparative analysis of leukograms. It was noted that a large proportion of mature segmented forms – neutrophils responsible for non-congenital nonspecific cellular immunity – is characteristic of sharpchin barracudina.