



УДК 597.554.3-147.132.3:543.215+597.554.3.35/36

СОДЕРЖАНИЕ КАТИОНОВ В ПОЗВОНКАХ ЗРЕЛЫХ И НЕЗРЕЛЫХ САМОК ПЛОТВЫ *RUTILUS RUTILUS* (L.) ПЕРЕД НЕРЕСТОМ

А.С. Маврин* и В.И. Мартемьянов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук, 152742 Борок, Ярославская область, Россия; e-mail: mavr_as@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Впервые показано, что достижение рыбами половой зрелости происходит при определенных концентрациях катионов в позвонках скелета. В позвонках зрелых самок плотвы содержание натрия и кальция выше, а калия – ниже, чем у незрелых. Сильная положительная коррелятивная связь установлена между длиной рыб и содержанием натрия в позвонках зрелых самок плотвы ($R_s=0.91$). Между содержанием кальция и магния в позвонках зрелых самок установлена положительная корреляционная связь ($R_s=0.57$).

Ключевые слова: магний, калий, кальций, катионы, накопление, натрий, плотва, позвонки, созревание гонад

THE CONTENT OF CATIONS IN VERTEBRAE OF THE MATURE AND IMMATURE FEMALES OF ROACH *RUTILUS RUTILUS* (L.) BEFORE SPAWNING

A.S. Mavrin* and V.I. Martemyanov

Papanin Institute for Biology of Inland Waters, of the Russian Academy of Sciences, 152742 Borok, Yaroslavl Province, Russia; e-mail: mavr_as@mail.ru

ABSTRACT

This paper shows, for the first time, that there is fish gonad maturity occurs at certain concentration of cations in skeleton vertebrae. In vertebrae of mature females of roach the content of sodium and calcium is higher and potassium was less than at impuberal ones. Strong positive relationship is established between fish length and content of sodium in vertebrae of mature females of roach ($R_s=0.91$). Between the content of calcium and magnesium in vertebrae of mature females is established positive correlative relationship ($R_s=0.57$).

Key words: magnesium, potassium, calcium, cations, accumulation, sodium, roach, vertebrae, gonad maturity

ВВЕДЕНИЕ

Непрерывность существования различных видов зависит от успешного воспроизводства. В связи с этим изучение закономерностей полового созревания является одной из актуальных задач современной биологии. Половое созревание рыб может происходить успешно лишь в условиях стабильности внутренней среды организма. В пресных водах существование организмов воз-

можно лишь за счет работы механизмов гиперосмотической регуляции, «следящей» за тем, чтобы соленость внутренней среды не опускалась ниже 5–8‰ (Хлебович, 1974). Стабильность внутренней среды обеспечивается за счет работы различных ионных насосов, расположенных в жаберном эпителии (Виноградов, 2000). Накопленные в костных тканях катионы участвуют в поддержании стабильного осмотического давления, кислотно-щелочного равновесия во внутренней среде организма. Как показали исследования В.Д. Романенко (1975), В.Д. Романенко и В.А. Крисаль-

*Автор-корреспондент / Corresponding author

ный (1977), В.Д. Романенко и др. (1980) при ацидотических сдвигах наблюдается выход кальция и других солей из костной ткани в плазму крови. Характерной особенностью поддержания кислотно-щелочного равновесия у рыб является способность их организма довольно тонко регулировать состояние буферных систем в условиях меняющегося газового состава среды. Гиперкапния в организме рыб способствует выделению во внеклеточное пространство ионов натрия, калия и кальция, что способствует увеличению щелочных эквивалентов. Расходование депонированных в позвоночнике рыб минеральных веществ также происходит в процессе синтеза вителлогенина при половом созревании (Carragher and Sumpter, 1991). На высших позвоночных показано (Хрисанфова и Перевозчиков, 2002), что наступление половой зрелости организма зависит от минеральной плотности костной ткани (МПКТ), которая обуславливается минеральными веществами, такими как ионы кальция, магния, натрия, калия. Для низших позвоночных таких данных нет.

Целью настоящей работы было определение содержания ионов кальция, магния, натрия, калия в телах позвонков зрелых и незрелых самок плотвы (*Rutilus rutilus* L.) в преднерестовый период.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужила плотва, пойманная в р. Ильдь (Некоузский район Ярославской области) в период с 9 марта по 3 апреля 2009 г. У каждой особи измеряли длину тела (l) от начала головы до конца чешуйного покрова. Определяли пол и стадию зрелости гонад. Всех рыб разделили на 2 группы по зрелости гонад (созревшие – 11 экз., незревшие – 12 экз.). Всего были исследованы 23 самки. Определение катионов в телах позвонков (далее – позвонки) проводили методом пламенной спектрофотометрии. Для этого в среднем 2–4 позвонка брали из туловищного отдела позвоночника. Озоление позвонков, определение содержания ионов в пробах проводили по ранее описанной методике (Мартемьянов, 1992). Концентрацию катионов в позвонках выражали в ммоль/кг сырой массы ткани. Статистическая и графическая обработка данных проведена с помощью прикладных программ Microsoft Office Excel 2003, Statistica 6.0.

Связь между содержанием катионов в позвонках определяли с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (R_s). Результаты представлены в виде средних и их ошибок. Оценка достоверности проведена для уровня вероятности $P=0.05$ по U -критерию Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Незрелые (II стадия) и зрелые (IV стадия) самки плотвы имели одинаковые средние размеры – 11.3 ± 0.2 см и 11.6 ± 0.3 см соответственно. Содержание кальция и натрия в позвонках рыб с гонадами в IV стадии было достоверно больше, чем у рыб с гонадами во II стадии (см. рис. 1, А, С).

Концентрация калия у созревших рыб была достоверно ниже, чем у незревших (рис. 1, В). Достоверных различий по содержанию магния в позвонках самок двух изученных групп рыб не было установлено (рис. 1, D).

Проведенный корреляционный анализ позволил установить положительную связь между содержанием Ca и Mg ($R_s=0.57$) в позвонках зрелых рыб. Длина этих рыб положительно коррелировала с содержанием натрия в позвонках ($R_s=0.91$). У незревших самок плотвы длина рыб положительно коррелировала с концентрацией накопленного в позвонках Mg ($R_s=0.83$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Концентрация натрия в позвонках созревших самок плотвы была в 1.3 раза больше, чем у незревших. Высокое содержание натрия в позвонках зрелых самок плотвы в преднерестовый период может свидетельствовать об успешном завершении процесса вителлогенеза. Низкая концентрации Na в позвонках незревших рыб [51.9 ± 2.5 ммоль/кг сырой массы костной ткани (СМКТ)], вероятно, обусловлена дополнительными тратами натрия на поддержание гомеостатических реакций и недостатком его для активации стадии фосфорилирования фермента Na/K-АТФазы (Skocz, 1957, 1988) и других ферментативных систем, участвующих в ионообменных и синтетических процессах.

В отличие от натрия содержание калия в позвонках созревших самок было на 7.1 ммоль/кг (СМКТ) меньше, чем у незрелых самок. Низкая концентрация калия может быть вызвана не-

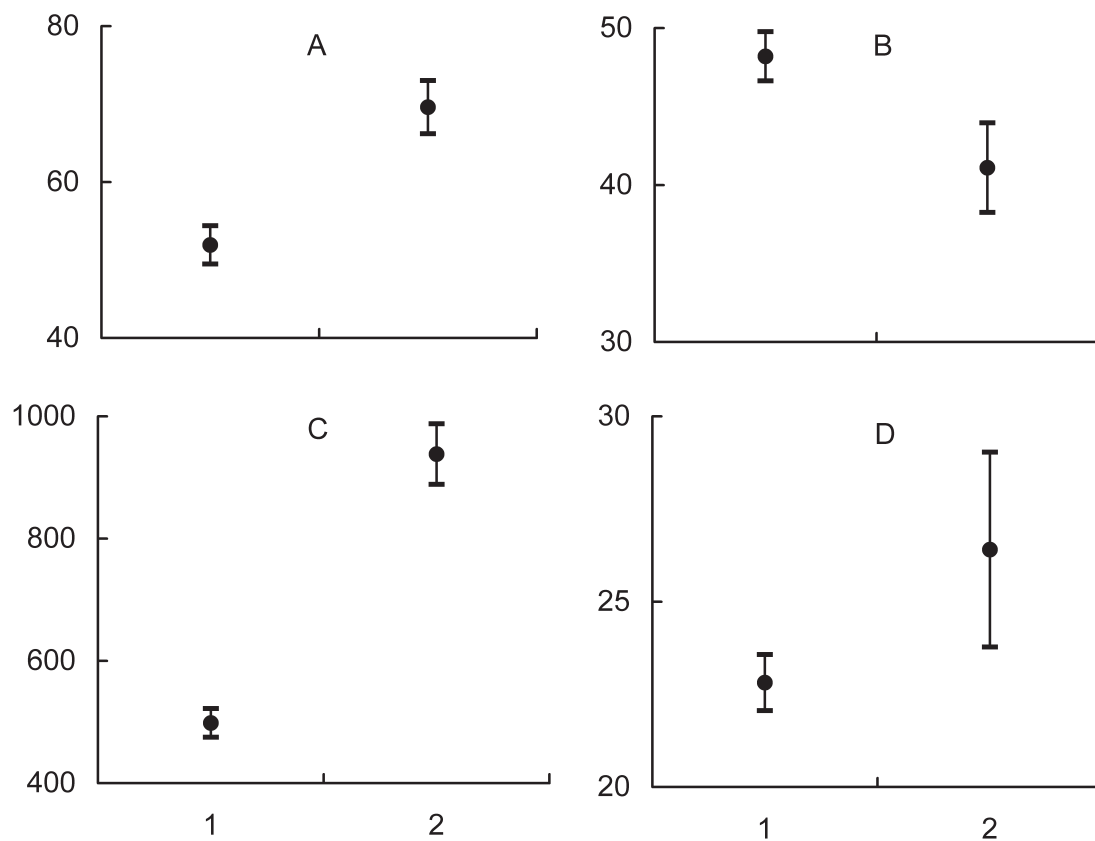


Рис. 1. Содержание катионов в телах позвонков самок плотвы в преднерестовый период. По оси абсцисс: 1 – самки несозревшие, 2 – самки созревшие. По оси ординат – содержание катионов в позвонках рыб, ммоль/кг сырой массы: A – натрий, B – калий, C – кальций, D – магний.

Fig. 1. The content of cations in vertebrae of the mature and immature females of roach before spawning: x-axis – 1 – immature females, 2 – mature females; the y-axis – content of cations in vertebrae of fishes, mmol/kg of wet weight: A – sodium, B – potassium, C – calcium, D – magnesium.

сколькими причинами. Первая причина – расход депонированного в позвонках калия в год, предшествующий году наступления половой зрелости, связанный с ростом организма. В это время происходит интенсивный рост длины и массы рыб (Шатуновский, 2001), обусловленный активностью белок-синтезирующей системы. Концентрация калия во внутриклеточной жидкости увеличивается при делении клетки, а ионы калия активируют стадии дефосфорилирования фермента Na/K-АТФазы всех клеточных мембран (Skou, 1957, 1988). Второй причиной является перераспределение калия между материнским костным депо и гонадами (IV стадия зрелости) в год полового созрания. При низком содержании ионов

калия замедляется работа белок-синтезирующей системы (Спирин и Гаврилова, 1971), и приросты длины и массы рыб уменьшаются. Третья причина – дополнительные траты калия на поддержание гомеостатических реакций половозрелых самок в зимний период.

Концентрация кальция в позвонках созревших самок плотвы была больше, чем у несозревших, на 439.8 ммоль/кг сырой массы костной ткани (СМКТ). Кальций является участником многих физиологических процессов, структурообразующим биоэлементом и главным минеральным компонентом костной ткани. В позвонках зрелых самок содержание кальция было не менее 700 ммоль/кг (СМКТ). При участии кальция

осуществляется синтез белка вителлогенина и его транспорт в гонады (Follet et al., 1968). Возможно, что достижение определенной концентрации кальция в позвонках может быть сигналом, необходимым для запуска заключительного этапа полового созревания, – трофоплазматического роста ооцитов.

Содержание магния в позвонках созревших и незревших самок достоверно не отличалось. Это связано со значительной вариабельностью содержания магния в позвонках зрелых рыб – от 13.2 до 36.1 ммоль/кг (СМКТ). У незрелых самок плотвы концентрационный диапазон содержания магния в позвонках был меньше и составлял от 18.7 до 28.5 ммоль/кг (СМКТ). Большая вариабельность этого показателя у зрелых самок плотвы, возможно, связана с ускорением процесса накопления магния в позвонках, с одной стороны, а с другой – со значительным расходом депонированного магния во многих ферментативных физиологических реакциях половозрелых рыб. Известно (Skou, 1988), что магний ускоряет стадию дефосфорилирования фермента Na/K-АТФ Фазы всех клеточных мембран, и его действие сопряжено с расходом энергии АТФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлено, что зрелые и незрелые самки плотвы, имеющие одинаковые размеры, отличаются по содержанию катионов в позвонках в преднерестовый период. Содержание кальция и натрия в позвонках созревших самок плотвы было более 700 и 50 ммоль/кг сырой массы костной ткани соответственно, а у незревших самок – меньше этих значений. Вероятно, что низкое содержание кальция и натрия в позвоночнике незревших самок плотвы, являющегося депо этих катионов для процесса синтеза белка вителлогенина, лимитирует включение заключительной фазы вителлогенеза – период трофоплазматического роста ооцитов. Средние концентрации натрия, калия, кальция, магния в позвонках зрелых рыб составляют 69.6 ± 3.4 , 41.1 ± 2.9 , 938 ± 50 , 26.4 ± 2.6 ммоль/кг СМКТ соответственно, в то время как у незревших – 51.9 ± 2.5 , 48.2 ± 1.6 , 498 ± 23 , 22.8 ± 0.8 соответственно. С увеличением длины зрелых самок плотвы увеличивается со-

держание натрия в позвонках, что является важной адаптацией для обеспечения гомеостаза. В позвонках незрелых самок эта закономерность не установлена.

ЛИТЕРАТУРА

- Виноградов Г.А. 2000.** Процессы ионной регуляции у пресноводных рыб и беспозвоночных. М.: Наука. 216 с.
- Мартемьянов В.И. 1992.** Содержание катионов в плазме, эритроцитах и мышечной ткани рыб Волжского плеса Рыбинского водохранилища. *Журнал эволюционной биохимии и физиологии*, **28(5)**: 576–581.
- Романенко В.Д. 1975.** Физиология кальциевого обмена. Киев: Наукова думка. 171 с.
- Романенко В.Д. и Крисальный В.А. 1977.** Некоторые особенности ионного обмена у рыб при адаптации их к повышенному содержанию CO_2 в воде. *Гидробиологический журнал*, **13(2)**: 83–86.
- Романенко В.Д., Евтушенко Н.Ю. и Коцарь Н.И. 1980.** Метаболизм углекислоты у рыб: эколого-физиологические аспекты. Киев: Наукова думка. 180 с.
- Русанов В.В. 1979.** Влияние различных гидрохимических условий на содержание кальция в костях и чешуе сеголетков и двухлетков карпа. Современные вопросы экологии и физиологии рыб. – Москва. С. 102–105.
- Спирин А.С. и Гаврилова Л.П. 1971.** Рибосома. М.: Наука. 254 с.
- Хлебович В.В. 1974.** Критическая соленость биологических процессов: Наука, 236 с.
- Хрисанфова Е.Н. и Перевозчиков И.В. 2002.** Антропология. МГУ. М.: Высшая школа. 267 с.
- Шатуновский М.И. 2001.** Эколого-физиологические подходы к периодизации онтогенеза рыб // Экологические проблемы онтогенеза рыб: физиолого-биохимические аспекты. Москва: МГУ. С. 13–19.
- Carragher J.F. and Sumpter J.P. 1991.** The mobilization of calcium from calcified tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) induced to synthesize vitellogenin. *Comparative Biochemistry and Physiology*, **99A(1/2)**: 169–172.
- Follet B.K. and Nicholls T.J. and Redshaw M.R. 1968.** The vitellogenic response in the South African clawed toad (*Xenopus laevis* Daudin). *Journal of Cellular Physiology*, **72**: 91–102.
- Skou J.C. 1957.** The influence of some cations on an adenosine triphosphatase from peripheral nerves. *Biochimica et Biophysica Acta*, **23**: 394–401.
- Skou J.C. 1988.** Overview: The Na, K-pump. *Methods in Enzymology*, **156**: 1–25.