

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ МОЛЛЮСКОВ В АКВАКУЛЬТУРЕ

И.Н. Бахмет

Институт биологии Карельского Научного Центра РАН, г.Петрозаводск

NEW OPPORTUNITIES OF MONITORING THE MUSSEL FUNCTIONAL CONDITION IN AQUACULTURE

При изучении функционального состояния беспозвоночных наиболее часто исследуются такие интегральные показатели, как потребление кислорода и двигательная активность организмов [Проссер, 1977; Дье, 1987 и др.]. Многие другие физиологические характеристики оцениваются гораздо реже, прежде всего из-за методических сложностей. Так, например, широкое использование такого информативного показателя, как скорость сердцебиения [Pickens, 1965; Waune, 1973] было затруднено из-за различных артефактов, вызванных имплантацией электродов и/или другими повреждающими воздействиями. В последнее время этот недостаток был преодолен, благодаря использованию новой методики дистантной регистрации частоты сердечных сокращений [Depledge, Andersen, 1990; Marshall, McQuaid, 1993]. Методика заключается в записи изменения объема сердечной мышцы (плетизмограмма). Она основана на излучении инфракрасного света в область расположения сердца и записи отраженных лучей при помощи специального датчика [Depledge, Andersen, 1990]. В нашей работе были использованы оптические сенсоры CNY-70. С помощью специально разработанного усилителя с системой фильтров и портативного цифрового осциллографа Fluke 125 сигнал передавался на персональный компьютер. Его запись и обработка производились при помощи программы FlukeView 3.0 [De Pirro et al., 1999]. Вес датчика не превышает 2-3 граммов, размер – 5x5x4 мм. Эти параметры позволяют приклеивать его на панцирь или раковину достаточно мелких беспозвоночных, сокращая воздействие прибора к минимуму. Энергия инфракрасного света настолько мала, что также не дает какого-либо видимого эффекта на поведение и физиологию животных. Исследования показали наличие положительной

корреляции между уровнем метаболизма и частотой сердечных сокращений у некоторых видов морских беспозвоночных [Marshall, McQuaid, 1992; Santini et al., 2000]. Это позволяет оценивать степень изменения общего обмена веществ по сердечной активности животных.

Использование данного метода позволило нам провести исследование сердечной ритмики литоральных и сублиторальных (аквакультура) мидий *Mytilus edulis* L. при изменении солёности среды. Эксперимент был поставлен не только для отслеживания адаптивной реакции моллюсков, но и для сравнения реакции сердечной деятельности с другими показателями, уже использовавшимися ранее. Результаты опыта показали, что частота сердечных сокращений изменяется аналогично таким показателям, как двигательная активность и потребления кислорода. В итоге была получена классическая адаптационная кривая с первоначальным подъемом активности после изменения солёности и возвратом на прежний уровень через 12 дней [Бахмет и др., 2005].

Кроме того, исследовались особенности изменения сердечной ритмики у сублиторальных (аквакультура) и литоральных мидий *Mytilus edulis* L. и двустворчатого моллюска *Hiatella arctica* L. в долговременном эксперименте при константных условиях. Как у литоральных, так и у сублиторальных мидий были обнаружены периодические изменения частоты сердечных сокращений (ЧСС). Регулярные снижения сердечной активности шли вплоть до временного прекращения сердцебиений. Изменение сердечной ритмики у *H. arctica* L. было выражено гораздо слабее, чем у мидий, а остановки сердцебиений отмечено не было. При помощи оригинальной методики "filtring" были выделены несколько периодических и аperiodических колебаний ЧСС у моллюсков [Бахмет, Халаман, 2006].

Дополнительно проводились исследования влияния других беспозвоночных (морская звезда *Asterias rubens*, двустворчатый моллюск *Hiatella arctica* и асцидия *Styella rustica*) на сердечную ритмику мидий, выращенных на субстратах (аквакультура). Было выявлено, что каждый из видов вызывает свой, особый ответ сердечной ритмики *M. edulis*. На наш взгляд, качество ответа зависело от стратегии поведения вида (хищник или конкурент).

Однако все вышеупомянутые работы проводились в лабораторных условиях. С одной стороны, это облегчало интерпретацию полученных результатов. С другой – не давало возможности достаточно точно экстраполировать данные на поведение мидий в природе. С этой целью нами была разработана методика полевых исследований сердечной активности *M. edulis*. Инструментальной основой на данном этапе остается вышеупомянутая схема. Регистрирующая аппаратура располагается на плоту или на льду. Датчики приклеиваются к мидиям, которые, в свою очередь, прикреплены к субстрату. После приклеивания, субстрат опускается обратно в воду и, таким образом, воздействие на животных сводится к минимуму. Как нами было показано, в зимних условиях уже через 24 часа можно начинать регистрацию сердечных сокращений. Первые же эксперименты выявили отсутствие периодов покоя у сублиторальных мидий при температуре $+1 - 0^{\circ}\text{C}$. Как было показано выше, феномен эпизодической остановки сердца был обнаружен как у литоральных, так и у сублиторальных моллюсков, находящихся в лабораторных условиях. Причины же отсутствия периодов «молчания» у мидий в природных условиях пока неясны. Одно из возможных объяснений – недостаточность питания в аквариальных условиях. Однако эта гипотеза требует проверки. В то же время, флуктуации сердечной ритмики присутствовали у всех экспериментальных животных.

Таким образом, доказана возможность регистрации сердечной активности у мидий, находящихся на субстратах. В дальнейшем, автор намерен продолжить подобные исследования не только с сублиторальными, но и с литоральными животными. Для этих целей разработана модель непрерывной регистрации сердечной активности в течение сколь угодно долгого времени.

В заключение хотелось бы поблагодарить директора Беломорской биологической станции ЗИН РАН "Картеш", профессора Бергера Виктора Яковлевича, старшего научного сотрудника станции Халамана Вячеслава Вячеславовича и всех работников биостанции за неоценимую помощь в проведении экспериментов.

Литература

- Бахмет И.Н., Бергер В.Я., Халаман В.В. 2005. Сердечный ритм у мидии *Mytilus edulis* L. (Bivalvia) при изменении солёности. Биология моря. Т. 31. № 5. С. 363-366
- Прессер К.Л. 1977. Сравнительная физиология животных. В 3-х тт. Т. 2. М.: Мир. 571 с.

Bakhmet I.N., Berger V.Ja., Khalaman V.V. 2005. The effect of salinity change on the heart rate of *Mytilus edulis* specimens from different ecological zones. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. V. 318. № 2. P. 121-126.

Bayne B.L. 1973. The responses of three species of bivalve mollusks to declining oxygen tension at reduced salinity. Comp. Biochem Physiol. V. 45A. P. 393-406.

De Pirro M., Santini G., Chelazzi G. Cardiac responses to salinity variations in two differently zoned Mediterranean limpets. J. Comp. Physiol. B. V. 169. № 7. P. 501-506.

Depledge M.H., Andersen B.B. 1990. A computer-aided physiological monitoring system for continuous, long-term recording of cardiac activity in selected invertebrates. Comp. Biochem. Physiol. V. 96. P. 474-477.

Dye A.H. 1987. Aerial and aquatic oxygen consumption in two siphonariid limpets (Pulmonata: Siphonariidae). Comp. Biochem. Physiol. V. 87A. P. 695-698.

Marshall D.J., McQuaid C.D. 1993. Effects of hypoxia and hyposalinity on the heart beat of the intertidal limpets *Patella granularis* (Prosobranchia) and *Siphonaria capensis* (Pulmonata). Comp. Biochem. Physiol. V. 106A. P. 65-68.

Pickens P. 1965. Heart rate of mussels as a function of latitude, intertidal height and acclimation temperature. Physiol. Zool. V. 38. № 4. P. 390-405.