

УДК 591.05+591.1+591.17+597.0

ФИЗИОЛОГИЯ

Г. Е. ШУЛЬМАН, Т. Г. СИГАЕВА, В. Я. ЩЕПКИН

ЗАТРАТЫ ЖИРА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ АКТИВНОГО ОБМЕНА СТАВРИДЫ ВО ВРЕМЯ ПЛАВАНИЯ

(Представлено академиком Е. М. Крепом 23 III 1973)

Определение активного обмена у рыб чрезвычайно важно в связи с изучением эффективности их плавания и расчетом энергетического баланса. Единственным подходом к этой проблеме до последнего времени было измерение интенсивности потребления кислорода рыбой во время плавания⁽¹⁻⁶⁾. При всей надежности этот метод имеет и некоторые существенные недостатки. Так, используемые для определения активного обмена рыб респирометры различной конструкции, как правило, очень громоздки, а постановка опытов в них с предварительной акклимацией рыб весьма трудоемка. Особенно сложно использовать указанный метод в полевых условиях. Все это заставляет искать другие методические подходы к измерению активного обмена рыб.

Одним из таких подходов может стать определение затрат липидов у рыб во время плавания. Известно, что у рыб так же, как и у птиц, липиды являются основным источником энергии, обеспечивающим двигательную активность⁽⁷⁾. На птицах определение активного обмена по убыли липидов дает вполне надежные результаты⁽⁸⁾. Что касается рыб, то до последнего времени нам была известна лишь одна попытка такого определения, проведенная на канадском лососе⁽⁹⁾.

Осенью 1970 г. при изучении динамики липидного состава черноморской ставриды во время плавания нами попутно также была сделана аналогичная попытка⁽¹⁰⁾. Однако в связи с тем, что опыты ставились с другой целью, результаты расчета активного обмена по убыли жира у ставриды нельзя было признать достаточно достоверными.

Все это привело к необходимости постановки нового, специального исследования.

Настоящее исследование было проведено в июне 1972 г. в Карадагском отделении Института биологии южных морей Академии наук УССР. В качестве объекта была взята черноморская ставрида *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev — пелагическая активная рыба, хороший пловец. В исследовании использованы взрослые рыбы размером 11,8—14,7 см (вес 12,5—29,5 г). Исследование проводили на самцах и самках одновременно. Все рыбы в период исследования находились на стадии зрелости IV (по шкале Мейена⁽¹¹⁾).

Рыб, выловленных ставными неводами, выдерживали в течение 24 час. в просторных бассейнах с проточной водой. Перед опытом рыб разделяли на две группы. Одну группу немедленно брали для лабораторных анализов (контроль); другую помещали в гидродинамический лоток (опыт). Лоток представляет собой трубу с рабочей камерой емкостью 0,8 м³. Конструкция лотка подробно описана⁽¹²⁾. Рыбы в трубе находились в течение 1 часа в спокойной воде. После этого их подвергали воздействию потока воды. Скорость потока равнялась 0,8 м/сек. Для рыб указанных выше размеров эта скорость является промежуточной между бросковой и крейсерской скоростями.

Рыбы (в опыте использовалась группа) в гидродинамической трубе находились в устойчивом состоянии, продолжительное время ориентируясь против потока. За появление утомления («отхода») принимался момент, когда рыба начинала сноситься потоком и прижималась к заградительной решетке. В этот момент рыбу извлекали из трубы.

Опыт был проведен в течение одного дня (14 июня). В контроле было 39 рыб (19 самок и 20 самцов), в опыте — свыше 20 (16 самок и 8 самцов). Размеры рыб в контроле и опыте были одинаковыми. Рыбы в опыте плавали от 4 до 22 час. (в среднем 13 час.). «Отход» рыб во время опыта был равномерным.

Анализировали навески (200–350 мг) спинных белых и латеральных красных мышц. Именно в мышцах находится подавляющая часть липидных запасов ставриды (⁷, ¹³). Ткань обезвоживали растиранием с сульфатом натрия. Липиды экстрагировали по методу Фолча (¹⁴). Липидный экстракт высушивали в вакуумном шкафу при комнатной температуре, переносили на планшеты и взвешивали на микроаналитических весах ВЛМ-1 г (СМД-1000).

Таблица 1

Содержание жира в мышцах ставриды (в мг на 1 г веса ткани)*

	Рыбы	Красные мышцы	Белые мышцы
Контроль	Самки	33,9±5,6 (17)	20,7±3,3 (19)
	Самцы	34,5±6,1 (18)	21,4±3,5 (20)
Опыт	Среднее (M_K)	34,2±4,1 (35)	21,0±2,4 (39)
	Самки	22,0±2,4 (15)	12,0±1,3 (16)
	Самцы	18,8±1,7 (6)	13,7±2,4 (8)
Достоверность разницы	Среднее (M_O)	21,1±1,7 (21)	12,6±1,2 (24)
	$t_d(M_K - M_O)$	3,0 0,01 > p > 0,001	3,1 0,01 > p > 0,001

* В скобках число проанализированных рыб.

Результаты исследования представлены в табл. 1.

Половые различия в содержании жира в мышцах ставриды оказались несущественными. Это позволяет анализ полученных материалов проводить по усредненным данным.

Из табл. 1 видно, что содержание жира как в красных, так и в белых мышцах ставриды значительно ниже в опыте по сравнению с контролем (0,01 > p > 0,001). Следовательно, во время плавания в гидродинамическом лотке содержание жира в мышцах ставриды достоверно уменьшается.

Нам не удалось уловить разницу в содержании жира в мышцах рыб, плававших разное количество времени (от 4 до 22 час.). По-видимому, это связано со значительной индивидуальной вариабельностью содержания жира в мышцах рыб в момент старта. Тем не менее, в подавляющем большинстве случаев, содержание жира в мышцах ставриды в опыте было ниже, чем в контроле. Чтобы нивелировать индивидуальные колебания в содержании жира, мы ведем все дальнейшие расчеты, принимая среднюю продолжительность плавания равной 13 час.

Расход жира за 13 час. плавания ставриды ($M_k - M_0$) составляет на 1 г красных мышц 13,1 мг, а на 1 г белых мышц 8,4 мг. Соответственно за 1 час плавания этот расход составляет 1,1 и 0,6 мг.

Принято считать, что у большинства рыб (в том числе у ставриды) на 100 г веса приходится 5 г красных и 50 г белых мышц⁽¹⁵⁾. Следовательно, на 100 г веса ставрида затратила за 1 час плавания 1,1·5 мг жира в красных и 0,6·50 мг в белых мышцах. Суммарные траты жира составят 5,5 мг + 30,0 мг = 35,5 мг в час. На один грамм веса ставриды затраты жира составляют 0,355 мг в час. Умножив эту величину на калорический коэффициент жира (9,3 кал), получаем 3,3 кал на 1 г в час. Сопоставим полученную величину с данными по стандартному и активному обмену у рыб, известными из литературы.

По данным⁽¹⁶⁾, полученным в опытах по потреблению кислорода, ставрида имеет такие же размеры, что и в наших опытах, при стандартном обмене потребляет 1 кал на 1 г веса в час. Определение активного обмена ставриды по потреблению кислорода из-за технических трудностей до сих пор не проводилось. Однако у кефали, по размерам сходной с исследованной нами ставридой, получена⁽⁵⁾ в респирационных опытах величина активного обмена, равная 2 кал на 1 г веса в час. Наконец, Бретт⁽²⁾, определяя активный обмен у лососей по убыли жира во время плавания, получил 3 кал на 1 г веса в час. Таким образом, данные о величине, с одной стороны, хорошо согласуются с литературными данными по активному обмену рыб, с другой — показывают трехкратное увеличение по сравнению со стандартным обменом, что также хорошо соответствует общепринятым представлениям⁽¹⁾.

Мы полагаем, что расчет активного обмена по убыли жира во время плавания может найти применение в исследованиях по биоэнергетике рыб. По-видимому, наиболее целесообразно использовать этот метод параллельно с определением потребления кислорода для взаимного контроля получаемых результатов. В тех же случаях, когда из-за громоздкости респирационный метод определения активного обмена рыб оказывается непригодным, рассматриваемый нами метод может иметь и самостоятельное значение. При этом необходимо, однако, помнить, что определение активного обмена у рыб по затратам жира требует использования значительного экспериментального материала (как в опыте, так и в контроле). Только большие выборки могут нивелировать существенную индивидуальную вариабельность содержания жира в мышцах рыб, что совершенно необходимо для получения достоверного результата.

В заключение выражаем глубокую благодарность А. Л. Морозовой и В. В. Трусевичу за помощь в постановке эксперимента и В. В. Хаскину — за ценные советы при обсуждении результатов исследования.

Институт биологии южных морей
Академии наук СССР
Севастополь

Поступило
19 III 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. Г. Вилберг, Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб, Минск, 1956. ² G. R. Brett, J. Fish. Res. Board Canada, 21, 1183 (1964). ³ P. Blazka, Physiol. Zool., 31, 117 (1958). ⁴ В. А. Матюхин, В. В. Хаскин, А. Я. Столбов, Вопр. ихтиол., 10, 925 (1970). ⁵ К. Д. Алексеева, В сборн. Обмен веществ и биохимия рыб, М., 1967, стр. 193. ⁶ Ю. С. Белокопытин, Гидробиол. журн., 4, 16 (1968). ⁷ Г. Е. Шульман, Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб, М., 1972. ⁸ В. Р. Дольник, Журн. общ. биол., 30, 273 (1969). ⁹ J. R. Brett, Sci. Am., 213, 85 (1965). ¹⁰ Г. Е. Шульман, В. Я. Щепкин, Т. Г. Сигаева, Вопр. ихтиологии, 13, № 3, 550 (1973). ¹¹ И. Ф. Правдин, Руководство по изучению рыб, М., 1966. ¹² А. Л. Морозова, В. В. Трусевич, В сборн. Эволюция вегетативных функций, Л., 1971, стр. 56. ¹³ В. Я. Щепкин, Вопр. ихтиологии, 11, 697 (1971). ¹⁴ J. Folch, J. Ascoli et al, J. Biol. Chem., 191, 833 (1951). ¹⁵ И. Я. Клейменов, Химический и весовой состав рыб водоемов СССР и зарубежных стран, М., 1962. ¹⁶ М. А. Муравская, Матер. конфер. по экол. фи-зиол., 99 (1967).