

ПРОВ 2010

ПРОВ 98

Академия наук СССР

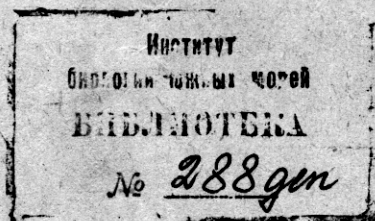
Редколлегия "Гидробиологического журнала"

5339-B90 11.10.90

УДК 597.583.1:577.3:591.11

Л.В.Точилина, Ю.С.Белокопытин

Общая активность, энергетический обмен
и гематологические показатели у сариды
Spicara maena (L.) при плавании



Киев - 1990

Известно, что мышечная нагрузка является одним из факторов изменяющих состав и свойства крови. Такие работы проведены на млекопитающих [4, II] , рыбах [2, I3, I6] и других животных.

Показана прямая связь естественной активности рыб разных видов с концентрацией гемоглобина и количеством эритроцитов. По данным Джелинео, [6]; Ракицкой, [I2] у менее подвижных рыб с низким энергетическим обменом наблюдается уменьшение количества эритроцитов и гемоглобина по сравнению с более подвижными видами. Такая же связь должна прослеживаться и на отдельных видах рыб, но находящихся в различном физиологическом состоянии (степень утомления, стадия половой зрелости, накормленность и т.п.).

С этой целью для выяснения роли физиологического состояния при мышечной нагрузке на интенсивность энергетического обмена и была проведена настоящая работа.

Материал и методика исследований.

Работа выполнена в экспедиционном рейсе на НИС "Ак. Ковалевский" летом 1988 г. в Эгейском море. Рыба была выловлена на крючок и выдерживалась перед опытом в проточном бассейне объемом 100 л. Всего для анализов крови взято 25 рыб. У 12 рыб брали кровь сразу же после вылова из аквариума, для контроля, 13 рыб было использовано в эксперименте с гидродинамическим респирометром. Кровь для гематологического анализа брали из хвостовой артерии после отсечения хвостового стебля. Определяли основные показатели крови (концентрацию гемоглобина, количество эритроцитов, лейкоцитов, гематокрит и лейкоцитарную формулу) по общепринятым методикам [5, II] .

Эксперименты по энергетическому обмену при активном плавании проведены в гидродинамическом респирометре. Опыты ставили

на одиночных экземплярах. Потребление кислорода определяли при дозированных нагрузках от 10 до 30 мин. при ступенчатом увеличении скорости плавания в пределах 20-70 см/с. Содержание растворенного в воде кислорода определяли полярографически кислородометром КЛ-II5. Температура воды составляла 22-25°C. Величины потребленного кислорода выражены в мл O_2 за 1 час на массу тела в г. Все результаты обработаны статистически. Коэффициенты уравнения и другие показатели вычислены методом наименьших квадратов. Всего поставлено свыше 40 опытов и сделано около 200 определений кислорода.

Результаты исследований и их обсуждение.

Все исследованные рыбы оказались половозрелыми самцами, которые или уже полностью выметали половые продукты (стадия IV-II), или были текущими (V стадия) или выметали одну порцию (IV-V стадия). У контрольных рыб выявлены две группы рыб с разными показателями крови (табл. I). У одной группы они были в норме, т.е. типичны для рыб данной экологии и сезона года [10]. Исследованная нами ранее [12] в апреле месяце смарида, примерно, из того же района, имела показатели крови, согласно сезону, несколько выше (концентрация гемоглобина-10,4 г%, количество эритроцитов-2,706 млн/мм³). У другой группы - гематологические показатели были ниже нормы. Визуально эти рыбы также отличались, были менее активны, при попытке выловить их из аквариума от сачка не уплывали. Такое состояние рыбы, вероятно, связано с недавним выметом половых продуктов. Известно, что после нереста показатели крови кратковременно понижаются [9, 7]. Лейкоцитарная формула обеих групп рыб носила лимфоидный ха-

I. Гематологические показатели смирды в покое и при мышечной нагрузке

Физиологические показатели	Количество рыб	Масса, г	Длина, см	Концентрация гемоглобина, г%	Количество эритроцитов, млн/мм ³	Количество лейкоцитов, тыс/мм ³	Гематокрит, %	Лейкоцитарная формула, %		
								лимфоциты	нейтрофилы	моноциты

Контроль

П	5	123,4	20,5	3,8±0,5	0,997±0,1	15,0±4,9	11,2±1,6	80	18	2
А	7	125,9	20,8	8,1±0,1	1,74±0,08	10,0±1,2	19,7±0,8	77	21	2

Опыт

П	4	113,9	20,1	4,2±0,35	1,15±0,07	13,3±1,4	11,3±2,6	65	34	1
А	9	112,4	20,0	5,3±0,2	1,26±0,07	13,3±2,1	12,8±1,2	50	47	3

Примечание. П - пассивная группа; А - активная группа.

рактар, а процентное соотношение клеток белой крови между ними было почти идентично.

Результаты опытов по потреблению кислорода представлены в табл.2. При плавании в гидродинамическом респирометре также выявилось две группы рыб (см.табл.1). Одна группа хорошо плыла и по два часа и более выдерживала заданную скорость, показывая высокую скоростную выносливость, другая-вялая, через несколько десятков минут прибывалась к ограничительной сетке.

Потребление кислорода у этих двух групп рыб при одинаковой скорости было практически сходным, естественно росло с ее увеличением, но оставалось на одном уровне в течение всего времени при плавании с постоянной скоростью.

Небольшая разница в массе и особенно размерах позволило объединить показатели по двум группам рыб и с высокой достоверностью рассчитать уравнение общего обмена у сляриды при плавании по формуле

$$a = q \cdot v^b \quad [1]$$

которое в численном выражении имеет вид:

$$a = 15,61 \pm 0,08 \cdot 1,020^v \pm 0,002 ; \tau = 0,834$$

На рис.1 это уравнение выражено прямой линией. Затраты энергии при плавании с оптимальной скоростью 2 Л/с в 2,2 раза превышают основной обмен. При скорости близкой к крейсерской 3,5 Л/с превышение общего обмена над основным составляет 4,2 раза. На основании полученных данных была рассчитана энергетическая стоимость плавания (ЭСП) на 1 км пути при оптимальной - 2 Л/с и крейсерской скорости - 5 Л/с плавания, которая оказалась равной 1,04 и 1,36 кал/г соответственно. Эти величины несколько выше, чем рассчитанные нами ранее для большинства черноморских рыб [3] и известные из литературы.

2. Энергетические траты рыб при плавании с разной скоростью

Количество рыб	Масса, г	Длина, см	Температура воды °C	Потребление кислорода при скорости м/с						Общая физиологическая нагрузка		
				0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	время, мин	скорость м/с	пройденный путь, м

Пассивная группа

4	113,9	19,9	22,9	24,0	28,8	32,4	41,0	50,4	63,9	64,5	0,58	2245
---	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Активная группа

9	112,4	20,0	22,5	24,8	29,6	35,9	44,5	52,0	62,7	202,4	0,45	5465
---	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	------	------

Среднее

13	112,9	20,0	22,7	24,4	29,2	34,1	42,7	51,2	63,3	133,4	0,52	4162
----	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	------	------

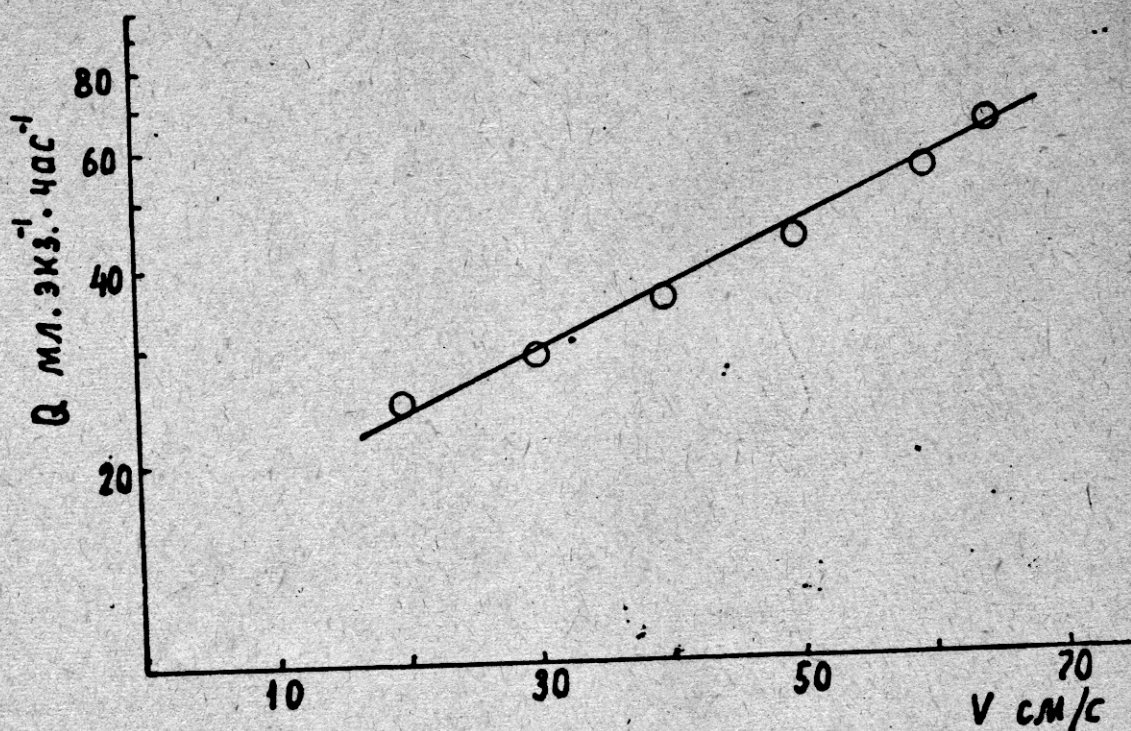


Рис. I. Зависимость потребления кислорода у смирды
при активном плавании
по оси абсцисс скорость плавания см/с
по оси ординат потребление кислорода мл. экз. · час⁻¹.

У всех исследованных рыб время свертывания крови уменьшилось, что согласуется с данными Кассилоса и др. [14]. Ускорение свертывания крови при мышечной деятельности связано с наступающей во время работы гипоксемией. Кровь стала более вязкой за счет потерь кровью воды через стенки кровеносных сосудов [8].

Исследованных после мышечной нагрузки рыб мы распределили по группам согласно пути, который они преодолели плывя в гидродинамическом респирометре. У хороших пловцов этот путь равнялся: 3255 м, 5925 м, 9660 м и 15840 м; у слабых пловцов соответственно — 1792 м и 2940 м.

Сравнивая гематологические характеристики двух групп смариды (рис. 2) видим, что у контрольных рыб с нормальными показателями крови и у смариды с хорошими скоростными качествами после нагрузки, они оказались пониженными, за исключением количества лейкоцитов. Вероятно, для половозрелой смариды, напряженные нагрузки могут вызвать усиление эритроцитоллиза, которое лишь постепенно компенсируется последующим усилением функции кроветворных органов в восстановительном периоде. У рыб с пониженными гематологическими характеристиками в покое и у ослабленных рыб плавших в трубе, все показатели крови остались, примерно, на одном уровне, небольшое повышение концентрации гемоглобина статистически недостоверно ($t_d = 0,9$). Такую реакцию организма на нагрузку можно объяснить ослабленным ее состоянием, а также кратковременным действием этой нагрузки. Рыбы просто не выдерживали такого мышечного напряжения в течение длительного времени.

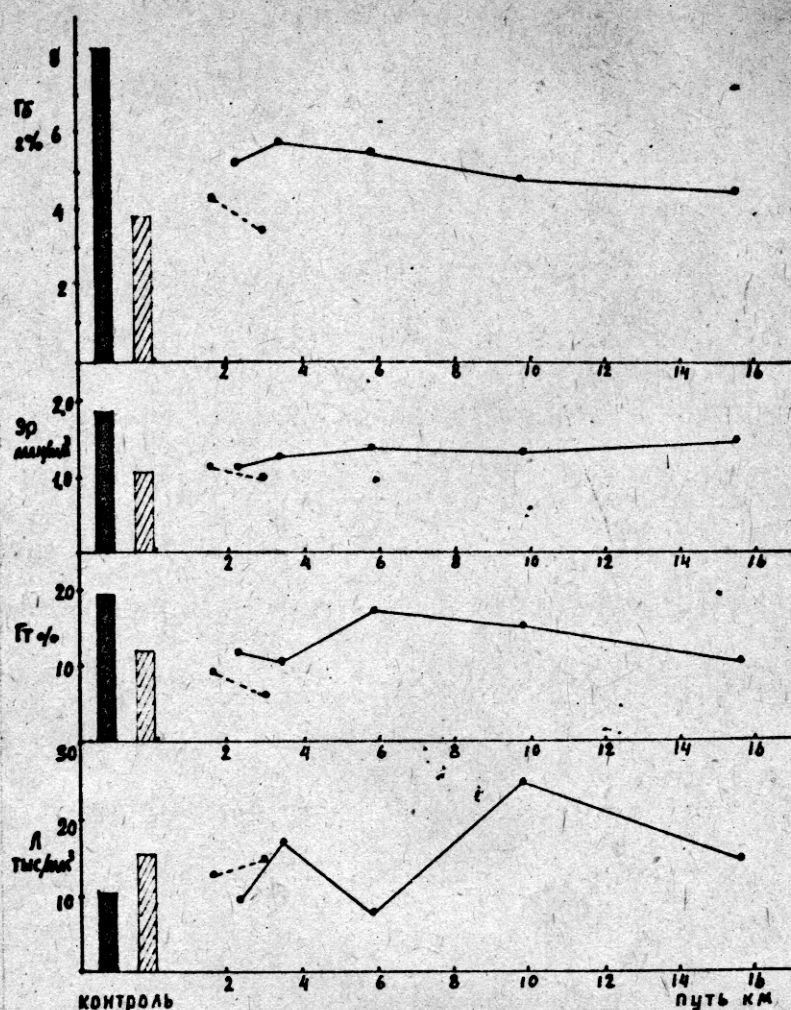


Рис.2 Зависимость морфо-физиологических показателей крови снарида от пройденного пути.

активная группа

пассивная группа

по оси абсцисс пройденный путь в км

по оси ординат гематологические показатели:

концентрация гемоглобина г%,

количество эритроцитов млн/мм³,

гематокрит %,

количество лейкоцитов тыс/мм³.

После плавания изменилось и процентное соотношение в лейкоцитарной формуле. У первой, активной группы, она приближается к миелоидному характеру, процент нейтрофилов увеличивается на 26%, моноцитов на 1%. У второй, пассивной группы, хотя характер ее остался лимфоидным, все же процент нейтрофилов увеличился на 16%, а незначительное количество моноцитов уменьшилось еще на 1%. Ваинреб [15] показал на форели, что "стресс" вызывает снижение в числе циркулирующих лимфоцитов и тромбоцитов и повышение количества нейтрофилов.

Таким образом мы приходим к выводу, что помимо известного положения о прямой связи уровня видовой естественной подвижности с содержанием гемоглобина и составом крови, такая же связь имеет место и внутри вида. Ослабленные, а также утомленные после плавания рыбы содержат пониженное количество гемоглобина и другие гематологические показатели.

Литература

1. Белокопытин Ю.С. Методы определения и способы обработки данных по основному и активному обмену у рыб // Бионика.-1977.- Вып. II.-С. 77-82
2. Белокопытин Ю.С., Ракицкая-Точилина Л.В. Гематологические показатели морских рыб разной экологии - ставриды *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev и барабули *Mullus barbatus ponticus* Essipov в покое и при мышечной нагрузке. // Вопросы ихтиологии.-1981-21, Вып. 3.-С. 504-511.
3. Белокопытин Ю.С., Шульман Г.Е. Об энергетической стоимости плавания рыб. // Журнал общей биологии.-1989.-№3
4. Гандельсман А.Б. Функции системы крови и мышечной деятель-

II

- ность//Физиология мышечной деятельности труда и спорта.-Л. Наука.-1969.-С.242-251.
5. Голодец Г.Г. Лабораторный практикум по физиологии рыб.-М.: Пищепромиздат, 1955.-92 с.
 6. Джелинео С. Активность морских рыб и концентрация гемоглобина у них.//Экология водных организмов.-М.Наука.-1966.-С. 155-161.
 7. Житнева Л.Д., Гориславская М.М. Гематологические показатели сельди *Clupea pallasii pallasii* Val. в зависимости от ее физиологического состояния.//Вопросы ихтиологии-1986.-26, Вып. I.-С.137-146.
 8. Жуковская Е.С. Возрастные особенности гемокоагуляции при мышечной деятельности и механизмы наступающих изменений.//Автореф. дисс...канд.биол.наук:М.-1965.-22 с.
 9. Калужная Т.И. Сезонные изменения физиологического состояния половозрелой корфо-карагинской сельди.//Биология моря.-1982, -№3- С.46-51.
 10. Котов А.М. Морфологические и физиолого-биохимические особенности крови черноморских рыб в различные периоды годового цикла и при отравлении нефтепродуктами.//Автореф. дисс... канд.биол.наук: Баку-1976.-23 с.
 - II. Кудрявцев А.А., Кудрявцева Л.А., Привольнев Т.И. Гематология животных и рыб.-М: Колос, 1969 - 320 с.
 12. Ракицкая-Точилина Л.В. Некоторые морфофизиологические показатели крови средиземноморских рыб разных экологических групп.//Вопросы ихтиологии.-1982.-Вып.4.-С.690-693.

13. Black E.C., Manning G.T., Hayshi K, Changes in levels of hemoglobin, oxygen, carbon dioxide, pyruvate and lactate in venous in blood of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) during and following severe muscular activity // J.Fish.Res.Board Canada.-1966.-v.23,-№6.-P.783-795.
14. Casillas E., Smith L. Effect of stress on blood coagulation and Haematology in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // J. Fish.Biol.-1977.-10,-№5,-P.481-491.
15. Weinreb E.L. Studies on the histology and histopathology of the rainbow trout, *Salmo gairdneri* iridius. I. Haematology under normal and experimental conditions of inflammation // Zoologica N.Y.-1958-43 -P.145-154.
16. Wood C.M., McMahon B.R., McDonald D.G. An analysis of changes in blood pH following exhausting activity in the starry flounder, *Platichthys stellatus*. // J.Exp.Biol.,-1977.-v.69-P.280-292.

Институт биологии южных морей АН УССР
Севастополь

13

Печатается в соответствии с решением Редакционной коллегии
"Гидробиологического журнала" от 27 ноября 1989 года



В печать 17.04.90

Тир. 1

Зак. 32702

Производственно-издательский комбинат ВИНТИ
Люберцы, Октябрьский пр., 403