

А. КАНГУР

## О СЕЗОННЫХ И ВИДОВЫХ ОСОБЕННОСТЯХ АДЕНОЗИНТРИФОСФАТНОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ РЫБ

В результате многочисленных исследований установлено, что миозиновые и актомиозиновые белки мышечной ткани и ряда других структур и их аденозинтрифосфатазная (АТФ-азная) активность имеют универсальное значение для движения в животном и растительном мире (Иванов, 1966; Поглазов, 1965 и др.). Взаимоотношения таких белковых структур и их АТФ-азной активности лучше изучены у высших классов животных. Значительно меньше внимания уделено АТФ-азной активности мышечных белков рыб, в частности в связи с особенностями их жизни. В жизненных процессах у рыб средних и северных широт, в том числе и в их двигательной активности, была установлена выраженная сезонность (ритмичность). Известно, что подвижность многих видов рыб, ослабленная осенью и зимой, значительно активизируется в весенне-летний период.

В нашей предыдущей работе по выяснению сезонных и видовых различий некоторых видов рыб озера Выртсъярв было показано, что количество белка в мышечной ткани претерпевает определенные изменения (Кангур, 1966). Исследования эволюции мышечных белков установили связь между накоплением актомиозина и возрастанием АТФ-азной активности в мышечных экстрактах как в эмбриональной мышце по мере развития плода (Moog, 1947; Herrmann, Nicholas, 1948), так и в мышцах насекомых во время метаморфоза (Magaуama, 1954). Имеются прямые данные о том, что АТФ-азная активность сердечной мышцы морской жабы (*Bufo marinus*) значительно колеблется в зависимости от сезона (Kennedy, Nayler, 1965).

Исходя из этого, в данной работе была поставлена задача изучить сезонные и видовые различия в АТФ-азной активности гомогенатов и экстрактов мышечной ткани у четырех видов рыб: леща, щуки, окуня и судака.

### Материал и методика

В исследовании использованы данные анализов 55 лещей, 34 окуней, 33 судаков и 51 щуки. Материал был собран из озера Выртсъярв и анализы проведены с мая 1965 по май 1966 года в зимне-весенний период перед нерестом (март, апрель), во время нереста (май, начало июня), летом после нереста (первая половина июля) и в конце нагульного периода (октябрь—декабрь). Минимальная длина исследованных лещей (без С) — 25,4 см, окуней — 14,8 см, судаков — 23,0 см и щук — 31,5 см. Пробы мышечной ткани весом 10—30 г были взяты у живой рыбы от правого бока под спинным плавником и сохранялись в холодильнике при  $-10^{\circ}\text{C}$  до анализов (3—5 ч).

Гомогенаты мышечной ткани рыб готовили из измельченной и охлажденной пробы в гомогенизаторе в течение 3 мин при скорости 3000 об/мин с прибавлением 0,6М раствора КСl (разведение 1:25). Экстракты были получены из гомогенатов после того, как они пробыли в рефрижераторе 1 час и центрифугировались в течение 20 мин со скоростью 4000 об/мин.

АТФ-азную активность определяли в реакционной смеси, содержащей следующие компоненты: 2 мл 0,05М трис-буфера, рН 7,3; 0,2 мл 0,03М  $MgCl_2$  или 0,2М  $CaCl_2$ , 0,8 мл бидистиллированной воды; 0,5 мл гомогената или экстракта и 0,5 мл 0,012М АТФ-в трис-буфере. Общий объем реакционной смеси — 4 мл. Инкубация проводилась в течение 30 мин при температуре 20°, как рекомендуется для рыб (Dingle, Hines, 1960). Реакция была остановлена добавлением 0,5 мл 40%-ной ТХУ. Отщепляющийся из АТФ под влиянием АТФ-азы неорганический фосфат определялся в безбелковой центрифугате по методу Фиске-Суббароу. Активность фермента рассчитывали в микрограммах фосфора на миллиграммы азота. Азот гомогенатов и экстрактов определялся по микрометоду Кьельдаля.

### Результаты и их обсуждение

Активность экстрактов у рыб всех четырех видов превышала активность гомогенатов (рис. 1). Это объясняется тем, что в экстрактах актомиозиновый комплекс с АТФ-азной активностью содержится в более

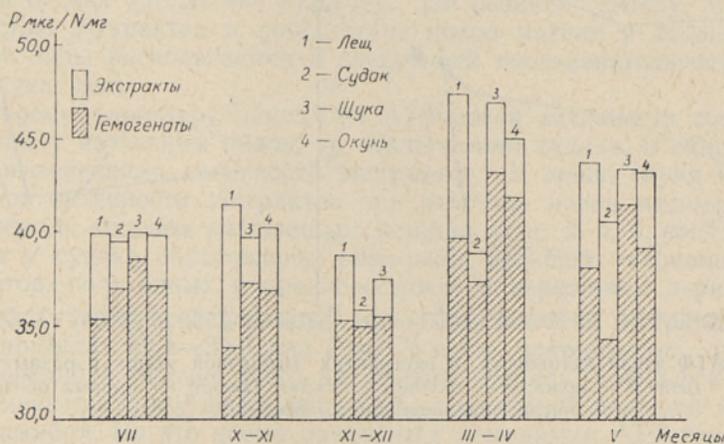


Рис. 1. АТФ-азная активность в экстрактах и гомогенатах в присутствии ионов магния (в различные сезоны года):

чистом виде, чем в гомогенатах, где имеются также белки стромы и другие белки, не обладающие АТФ-азной активностью. Так, у леща содержание белков стромы наиболее высокое, составляет до 16,7% от общего содержания азота в мышечной ткани. В соответствии с этим у него наблюдается наиболее низкая активность АТФ-азы гомогената. При определении АТФ-азной активности яиц осетра, севрюги и выюна Н. Абросимова и Р. Татарская (1963) установили, что АТФ-азная активность экстрактов приблизительно наполовину ниже, чем гомогенатов. Это, по-видимому, обусловлено тем, что при центрифугировании гомогенатов не все белки, обладающие АТФ-азной активностью, остаются в экстракте. Разница между АТФ-азной активностью гомогенатов и экстрактов, хотя и незначительная, не была одинаковой у всех изученных видов: наиболее высокая — у леща, наиболее низкая — у судака.

При изучении действия ионов кальция и магния на АТФ-азную

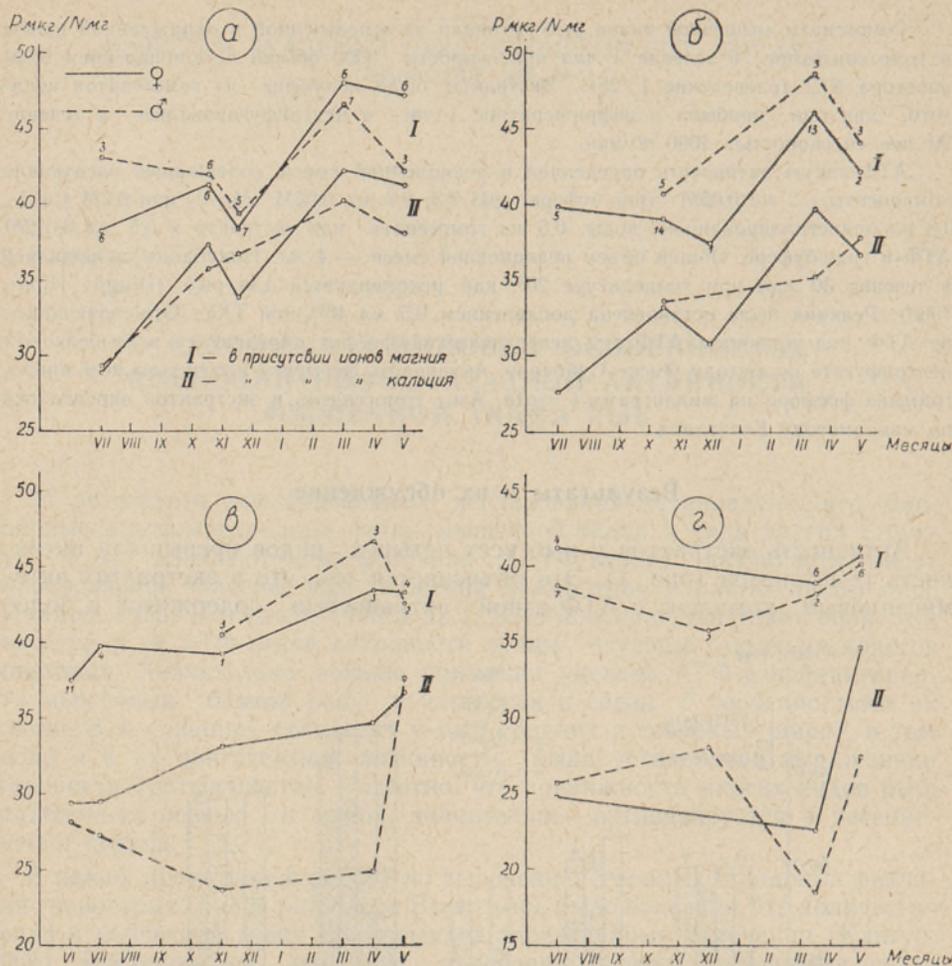


Рис. 2. АТФ-азная активность в экстрактах мышечной ткани у разных видов рыб: а — лещ; б — щука; в — окунь; г — судак. Цифры на кривых обозначают число анализированных особей.

активность мышечных белков рыб установлено, что последние активизируют сильнее как АТФ-азу гомогенатов, так и АТФ-азу экстрактов (рис. 2). Данные литературы о влиянии двухвалентных катионов на АТФ-азную активность противоречивы. Так, повышенное действие ионов магния на актомиозин трески (*Cadus callarias*) было отмечено Дж. Динглом и Дж. Хайнсом (Dingle, Hines, 1960). Они же установили наличие частичного антагонизма в действии двухвалентных катионов: ионы магния заметно активизировали АТФ-азу актомиозина и угнетали АТФ-азу миозина, ионы же кальция активизировали обе АТФ-азы, причем активность актомиозина превышала активность миозина. Имеются, однако, и противоположные данные (Ушаков, 1962; Villabranca, Naumann, 1963; Villabranca, 1964), что обусловлено, по-видимому, различиями в объектах исследования.

Вместе с тем необходимо учитывать и характер белка, входящего в экстракты или гомогенаты в зависимости от объекта или условий выделения. Так, по данным Губа (цит. по Сент-Джорджи, 1947), из мышц рыб при непродолжительной экстракции извлекается почти чистый

актомиозин, в то время как у других животных — смесь его с миозином при различном соотношении компонентов. В дальнейшем было установлено, что в условиях, разработанных для получения миозина В из мышц теплокровных, мышечная ткань рыб выделяет актомиозин (Connell, 1954). В соответствии с этим, а также учитывая данные И. Банга (Banga, 1942), по которым активирующее влияние ионов кальция и магния при низких концентрациях хлористого калия (0,01M) или в отсутствие его характерно для АТФ-азы актомиозинового комплекса, можно предположить наличие как в гомогенатах, так и в экстрактах исследованных рыб именно актомиозиноподобных белков.

В табл. 1 приведены данные об АТФ-азной активности гомогенатов в присутствии ионов магния. Самая высокая АТФ-азная активность у щуки, самая низкая — у судака. В АТФ-азной активности экстрактов (рис. 2) под действием ионов магния существенных видовых и половых различий не было обнаружено. У леща, окуня и щуки величина общей активности АТФ-азы почти одинакова: у леща — 38,28—48,10, у окуня — 37,61—46,68, у щуки — 37,55—48,76 мкг Р/мг N. У судака она несколько ниже и колеблется в пределах 35,90—40,71 мкг Р/мг N. При исследовании действия ионов кальция были выявлены видовые, а у леща и окуня в отдельных случаях и половые различия: наиболее высокая АТФ-азная активность обнаружена у леща (41,11 мкг Р/мг N), наиболее низкая — у самцов судака (18,50 мкг Р/мг N). По разнице между АТФ-азной активностью экстрактов в присутствии ионов магния и кальция исследованные виды располагаются в следующей последовательности: судак, окунь, щука, лещ.

По своему характеру изменения АТФ-азной активности гомогенатов по сезонам у изученных видов, за исключением судака, в общем совпадают с изменениями активности экстрактов. У леща, окуня и щуки в АТФ-азной активности экстрактов при действии ионов магния не было обнаружено и видовых различий по сезонам (рис. 2, а, б, в). Некоторые различия у судака обусловлены, возможно, большой вариабельностью результатов, полученных в преднерестовом и нерестовом периодах.

В июле у всех исследованных видов активность экстрактов колеблется в пределах 39,4—39,9 мкг Р/мг N и не претерпевает существенных изменений в течение всего нагульного периода. Уменьшение активности отмечается сразу после ледостава — во второй половине ноября — начале декабря. На это время приходится и минимум АТФ-азной активности экстрактов в присутствии ионов магния. Не исключена возможность, что уровень АТФ-азной активности мышечных белков изученных рыб наиболее низок в поздние зимние месяцы — январе—феврале, когда у рыб сильно снижается как внутренняя, так и внешняя активность. В присутствии ионов кальция минимум АТФ-азной активности у леща, щуки и самок окуня приходится также на осенне-зимний период, у судака и самцов окуня — на зимне-весенний.

Максимум АТФ-азной активности в присутствии ионов магния у леща окуня и щуки отмечается в преднерестовый период (март, апрель), у судака — в нерестовый (май). Посленерестовое падение активности более круто идет у щуки и самцов леща и окуня. У самок леща и окуня АТФ-азная активность экстрактов не претерпевает существенных изменений, а активность гомогенатов леща даже повышается. Весной активность АТФ-азы, активизируемая ионами кальция, как у судака, так и у окуня резко повышается.

К. Кэннеди и У. Нейлер (Kennedy, Nayler, 1965) отметили резко выраженную сезонность (минимум — в зимние, максимум — в летние

Таблица 1

АТФ-азная активность гомогенатов мышечной ткани рыб  
в присутствии ионов магния

Время	Пол	Количество	$\bar{x}$	$X_{min}$	$X_{max}$	$\pm m$	$\pm S$	$t$
<b>Лещ</b>								
VII/1965	♀	6	34,58	29,65	39,60	1,60	3,93	
	♂	3	36,43	33,85	38,90	1,73	2,99	0,71 (2,998)
X—XI/1965	♀	6	35,48	32,80	38,25	0,88	2,16	
	♂	6	32,68	29,10	35,90	1,10	2,69	2,00 (2,764)
XI—XII/1965	♀	5	35,11	32,00	37,80	1,10	2,49	
	♂	7	34,74	32,50	37,80	0,74	1,96	0,28 (2,764)
III/1966	♀	7	39,08	36,65	43,00	0,89	2,35	
	♂	6	40,40	38,70	42,50	0,61	1,50	1,10 (2,718)
V/1966	♀	3	39,70	38,70	40,80	0,72	1,24	
	♂	6	37,30	35,60	40,70	0,82	2,02	1,86 (2,998)
<b>Щука</b>								
V/1965	♀	3	25,27	24,65	25,85	0,41	0,71	—
VII/1965	♀	5	38,44	34,80	42,10	1,40	3,13	—
X—XI/1965	♀	14	37,65	35,40	42,50	0,56	2,08	
	♂	5	36,78	33,55	39,90	1,22	2,72	0,74 (2,567)
XII/1965	♀	1	35,50	—	—	—	—	—
III—IV/1966	♀	13	43,13	38,90	47,00	0,67	2,42	
	♂	5	43,20	39,10	46,70	1,46	3,26	0,05 (2,583)
V/1966	♀	2	40,42	39,25	41,6	—	—	
	♂	3	42,05	41,30	42,65	0,46	0,80	—
<b>Окунь</b>								
VI/1965	♀	9	33,33	30,85	36,00	0,58	1,74	
	♂	2	31,87	31,65	32,10	0,28	0,40	1,19 (2,821)
VII/1965	♀	4	37,00	33,45	39,90	1,56	3,13	—
X—XI/1965	♀	1	37,65	—	—	—	—	—
	♂	3	35,25	30,55	39,80	3,2	5,54	—
IV/1966	♀	3	40,93	38,00	45,30	2,5	4,32	
	♂	3	42,77	41,40	43,90	0,85	1,48	0,70 (3,747)
V/1966	♀	4	39,10	36,00	40,35	1,05	2,11	
	♂	2	39,22	37,60	40,85	—	—	—
<b>Судак</b>								
V/1965	♀	1	25,75	—	—	—	—	—
	♂	1	26,55	—	—	—	—	—
VII/1965	♀	4	36,21	34,25	37,80	0,862	1,725	
	♂	7	37,30	34,75	39,20	0,623	1,650	1,07 (2,821)
XII/1965	♂	2	34,95	34,80	35,10	—	—	—
V/1966	♀	4	37,90	35,70	38,80	0,753	1,506	
	♂	6	31,93	26,50	39,30	2,065	5,06	2,26 (2,896)

месяцы) в активности  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Mg}^{2+}$ -активируемой АТФ-азы мембран-микросомальной фракции сердечной мышцы морской жабы (*Bufo marinus*). Они установили также, что изменения АТФ-азной активности отражают изменения чувствительности сердечной мышцы к ионам кальция и некоторым лекарственным веществам.

АТФ-азную активность актомиозинового комплекса связывают с интенсивностью работы мышцы в единицу времени, а также с подвижностью организма вообще (Оппель, 1958). Так, у жаб и лягушек, совершающих относительно медленные движения, ее активность наименьшая ( $Q_p^* = 179-210$ ). У более подвижных теплокровных животных  $Q_p$  колеблется в пределах 720—1250 (Bailey, 1942) и, наконец, у имаго насекомых равняется 1000—5000 (Magaayama, 1954). Сопоставление наших результатов с данными литературы (Радаков, Протасов, 1964) этого не подтвердило. По-видимому, такая связь отчетливо проявляется только при сравнении относительно далеких систематических групп.

Сравнение результатов, полученных различными исследователями, затрудняет неоднородность способов выражения (АТФ-азная активность дается в разных единицах, видоизменение которых не всегда возможно без исходных данных). Несмотря на это, можно сказать, что наши показатели более низки по сравнению с данными других авторов для некоторых видов рыб — трески (*Cadus callarias*), форели (*Salmo gairdneri*) (Dingle, Hines, 1960; Buttke, 1964). Такое расхождение объясняется, очевидно, различными условиями определения. Мы определяли АТФ-азную активность в гомогенатах и экстрактах, в то время как вышеупомянутые авторы — на чистых белках актомиозинового комплекса.

Неравномерное распределение материала по полам и сезонам лишило нас возможности установить у судака и щуки половые различия. Статистическая обработка данных не выявила достоверных половых различий в АТФ-азной активности гомогенатов и у леща. В АТФ-азной активности экстрактов в присутствии ионов как кальция, так и магния были обнаружены в отдельных случаях статистически достоверные половые различия. Так в ноябре—декабре, после ледостава, АТФ-азная активность экстрактов у самцов была выше, чем у самок, в присутствии ионов кальция соответственно — 36,7 и 33,8, в присутствии ионов магния — 39,3 и 38,3  $\text{мкг Р/мг N}$ . В первом случае критерий Стьюдента  $t=3,06$  (2,764), во втором —  $t=1,62$  (2,764). В нерестовом периоде (май), наоборот, активность АТФ-азы экстрактов самок была выше, в присутствии ионов кальция составляла соответственно 41,2 и 38,0  $\text{мкг Р/мг N}$  ( $t=1,26$  (2,998)), в присутствии ионов магния — 47,2 и 42,2  $\text{мкг Р/мг N}$  ( $t=4,36$  (2,998)).

Как видно из рис. 2, в, АТФ-азная активность экстрактов в присутствии ионов кальция у самок окуней резко превышает ее у самцов. Такая выраженная разница в ноябре отражает неодновременность определения активности экстрактов, так как мышечные экстракты самцов хранились в холодильнике на пять суток дольше, чем экстракты самок. Обычно, за редкими исключениями, определения АТФ-азной активности гомогенатов и экстрактов в присутствии обоих ионов проводились в один и тот же день, т. е. на следующий день после гомогенизации. В апреле, несмотря на небольшое количество материала, разница оказалась статистически достоверной,  $t=6,00$  (3,747).

Изучение влияния ионов на АТФ-азную активность показало, что у некоторых особей исследованных рыб она как в гомогенатах, так и в экстрактах чрезвычайно низка (табл. 2). При этом низкие величины АТФ-азной активности чаще отмечались в экстрактах под действием ионов кальция. Отклонения в АТФ-азной активности выявились не у всех особей одной и той же пробы и чаще встречались у судака. У леща такие различия выяв-

\*  $Q_p$  — сравнительная форма выражения АТФ-азной активности, предложенная М. Любимовой и В. Энгельгардтом (1939).

лены только у двух особей из пробы 17 марта (табл. 2), причем отклонения были очень резкими.

Таблица 2

Колебание АТФ-азной активности мышечных гомогенатов и экстрактов у судака и леща

Время и средства лова	Длина рыбы, мм	Пол и степень зрелости	АТФ-азная активность		
			Гомогенат		Экстракт
			Mg <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	
<b>Судак</b>					
17/III 1966 (ставные сети)	563	♀ IV	32,40	28,80	9,85
	510	♂ IV	35,40	28,70	7,00
21/III 1966 ..	512	♀ IV	33,40	28,90	8,45
	515	♀ IV	39,20	42,00	38,20
04/IV 1966 ..	436	♀ IV	42,00	46,50	38,45
08/IV 1966 ..	492	♀ IV	36,30	43,20	19,70
	457	♀ IV	39,30	44,50	20,90
16/IV 1966 ..	508	♂ IV	41,00	48,00	30,00
23/V 1966 (закол)	350	♀ II	38,45	40,50	36,30
25/V 1966 (закол)	230	♀ II	38,80	40,70	36,80
	316	♀ II	38,70	42,70	36,80
	313	♂ IV	39,30	42,90	34,90
	312	♂ IV	39,30	42,90	34,90
31/V 1966 (трал)	510	♂ IV	26,90	39,20	18,85
	460	♂ IV	26,50	41,00	19,70
	430	♂ IV	31,75	38,00	27,35
	342	♀ II	35,70	38,95	28,90
	330	♂ IV	33,85	42,60	35,50
	312	♂ IV	33,30	38,85	28,55
<b>Лещ</b>					
17/III 1966 (ставные сети)	481	♀ IV	37,35	34,60	7,12
	365	♀ IV	36,65	45,60	40,90
	(невод)	470	♀ IV	40,40	8,16

Такие колебания у отдельных особей, возможно, связаны с орудиями лова. Так, наиболее выраженные колебания были найдены у рыб, выловленных ставными сетями, переборку которых рыбаки проводили нерегулярно. Относительно большое колебание в результатах отмечалось и при использовании трала. Возможно, в зависимости от способа лова или от времени, прошедшего с момента вылова до исследования, в сократительных белках мышц происходят такие вторичные изменения, которые делают эти белки и их АТФ-азную активность более чувствительными к иону кальция. Можно также полагать, что судак отличается от других исследованных нами рыб чрезвычайной чувствительностью к изменениям, связанным с асфиксией. Это проявляется в падении АТФ-азной активности экстрактов, особенно в присутствии ионов кальция.

В связи с этим интересно отметить, что, по К. Траутнеру и Ф. Брамштедту (Trautner, Bramstedt, 1962), содержание самой АТФ в мышцах рыб зависит от способа лова и составляет у рыб, выловленных сетью, — 1,40, закомом — 14,6 и электрическим током — 21,33 моль/г.

При обсуждении причин колебаний АТФ-азной активности в зави-

симости от условий лова нельзя не обратить внимания на продолжительность хранения рыб в садке до начала исследования. Как видно из рис. 3, непродолжительное (30-минутное) хранение рыб в садке после их пребывания на воздухе в течение около 30 мин значительно повышало АТФ-азную активность экстрактов при действии ионов магния, в то время как в присутствии ионов кальция повышение активности было незначительным. Это совпадает с точкой зрения Т. Судзуки и М. Мигита (1962) о том, что количество миозина значительно больше в состоянии агонии, чем до и после нее. В наших

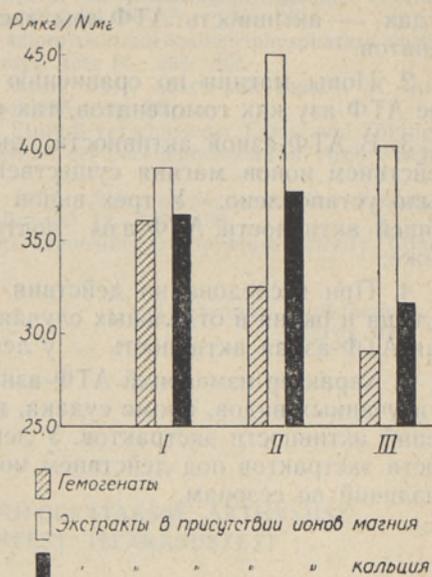


Рис. 3. Изменчивость АТФ-азной активности гомогенатов и экстрактов мышечной ткани леща:

I — проанализированы сразу после лова; II — после лова пробыли около 30 мин на воздухе, затем помещены в садок, где находились около 30 мин; III — после лова пробыли около 30 мин на воздухе, затем помещены в садок, где находились 2 дня.

опытах тоже было обнаружено некоторое повышение количества растворимого белка в 0,6M растворе хлористого калия.

При удлинении времени хранения рыб в садке (до двух дней) АТФ-азная активность падает. Действие обоих ионов при этом одинаково. АТФ-азная активность гомогенатов падает пропорционально удлинению времени хранения.

В ходе работы было установлено, что АТФ-азная активность падает с продлением времени хранения исследуемого гомогената и экстракта. Падение активности при этом зависит и от вида. Как видно из табл. 3, в экстрактах падение АТФ-азной активности происходит у щуки интенсивнее, чем у окуня.

Таблица 3

Падение АТФ-азной активности экстрактов при хранении (активатор — ионы кальция)

Вид	Количество особей	Время хранения экстрактов		
		1 день	2 дня	5 дней
Окунь	3	33,10 (31,10—35,00)	—	23,68 (21,75—26,50)
Щука	6	33,53 (31,70—37,00)	26,86 (24,50—29,75)	15,38 (11,66—17,30)

Нам кажется, что эти вопросы при обсуждении динамики АТФ-азной активности мышечных белков у рыб заслуживают внимания и могут быть объектом дальнейшего исследования.

## Выводы

1. У четырех видов рыб озера Выртсъярв — лещ, окунь, щука и судак — активность АТФ-азы экстрактов превышает активность гомогенатов.

2. Ионы магния по сравнению с ионами кальция активируют сильнее АТФ-азу как гомогенатов, так и экстрактов.

3. В АТФ-азной активности экстрактов у исследованных рыб под действием ионов магния существенных видовых и половых различий не было установлено. У трех видов — леща, окуня и щуки — величина общей активности АТФ-азы почти одинакова, у судака — несколько ниже.

4. При исследовании действия ионов кальция выявлены видовые, а у леща и окуня в отдельных случаях и половые различия: наиболее высокая АТФ-азная активность — у леща, наиболее низкая — у судака.

5. Характер изменений АТФ-азной активности гомогенатов по сезонам у изученных видов, кроме судака, в общем совпадает с характером изменений активности экстрактов. У леща, окуня и щуки в АТФ-азной активности экстрактов под действием ионов магния не обнаружено и видовых различий по сезонам.

## ЛИТЕРАТУРА

- Абросимова Н. М., Татарская Р. И., 1963. Аденозинтрифосфатаза и некоторые другие ферменты фосфорного обмена в гомогенатах и экстрактах яиц рыб. Биохимия 28 (1) : 128—136.
- Иванов И. И., 1966. Некоторые итоги и перспективы изучения механизма трансформации энергии АТФ в механическую работу. Успехи соврем. биол. 61 (1) : 3—16.
- Кангур А. К., 1966. О сезонной динамике белков, азотистых экстрактивных веществ и аденозинтрифосфатазная (АТФазная) активность мышц у некоторых видов рыб озера Выртсъярв (Эстонская ССР). Тезисы докл. Всесоюзного сов. по экол. физиол. рыб : 40—41. М.
- Любимова М. Н., Энгельгардт В. А., 1939. Аденозинтрифосфатаза и миозин. Биохимия 4 (6) : 716—736.
- Оппель В. В., 1958. Эволюция мышечных белков. Успехи соврем. биол. 46 3(6) : 281—300.
- Поглазов Б. Ф., 1965. Структура и функции сократительных белков. М.
- Радаков Д. В., Протасов В. Р., 1964. Скорости движения и некоторые особенности зрения рыб. Справочник. М.
- Сент-Джорди А. Г., 1947. О мышечной деятельности. М.
- Судзуки Танеко, Мигита Масао, 1962. Посмертное изменение миозина рыб. 1. Некоторые физико-химические изменения, связанные с видом и условиями смерти у рыб. Нихон суйсан гаккайси. Bull. Japan. Soc. Scient. Fish 28 (1) : 61—72. (Цит. по РЖ Бх 1963, 5 Ф 772).
- Ушаков В. Б., 1962. Некоторые особенности белкового состава тонических и тетанических скелетных мышц лягушки. Биохимия 27 (5) : 828—835.
- Bailey K., 1942. Myosin and adenosinetriphosphate. Biochem. J. 36 : 121—129.
- Banga I., 1941—1942. The phosphatase activity of myosin. Studies Inst. Med. Chem. Univ. Szeged I : 27—36.
- Buttkus H., 1966. Preparation and properties of trout myosin. J. Fish. Res. Board Canada 23 (4) : 563—573.
- Connell I. I., 1954. Studies of the proteins of fish skeletal muscle. Biochem. J. 58 : 360—367.
- Dingle J. R., Hines J. A., 1960. Protein in fish muscle. 16. Adenosinetriphosphatase activity of cod myosin and actomyosin. Canad. J. Biochem. Physiol. 38 (12) : 1437—1447.

- Herrmann H., Nicholas I. S., 1948. Enzymatic liberation of inorganic phosphate from adenosinetriphosphate in developing rat muscle. *J. Exptl Zool.* **107** : 177—184.
- Kennedy K. G., Nayler W. G., 1965. Seasonal variation in the activity of the Na-K activated Mg-dependent ATPase enzyme in the membrane-microsomal fraction of toad cardiac muscle. *Comp. Biochem. Physiol.* **16** (2) : 175—180.
- Maruyama K., 1954. The activity change of actomyosin-adenosinetriphosphatase during insect metamorphosis. *Biochem. et Biophys. Acta* **14** : 284—295.
- Moog Fr., 1947. Adenylpyrophosphatase in brain, liver, heart and muscle of chick embryos and hatched chick. *J. Exptl Zool.* **105** : 29—36.
- Trautner K., Bramstedt F., 1962. Der Einfluß verschiedener Fang- und Tötungsmethoden auf den ATP- und Glykogengehalt der Forellensmuskulatur. *Arch. Fischereiwiss.* **13** (13) : 130—138.
- Villabranca G. W., Naumann D. C., 1964. Some properties of the myosin B ATPase from limulus. *Comp. Biochem. Physiol.* **12** : 143—156.
- Villabranca G. W., 1964. Frog myofibrillar adenosinetriphosphatase activity. *Comp. Biochem. Physiol.* **13** : 87—95.

Институт зоологии и ботаники  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
12/VI 1967

A. KANGUR

## KALADE LIHASKOE ADENOSIINTRIFOSFATAASSE AKTIIVSUSE SESOONSETEST JA LIIGILISTEST ISEÄRASUSTEST

Resüme

Võrtsjärves uuriti nelja kalaliigi — latika, ahvena, haugi ja koha — lihaskoe homogenaatide ja 0,6M KCl-ekstraktide ATF-aasset aktiivsust sõltuvalt liigist, sesoonist, soost ja kaltsium- ning magneesiumioonide aktiveerivast toimest. Analüüse tehti 1965. a. maist kuni 1966. a. maini sesooniti, neli korda aastas. Fermendi aktiivsus määrati 20° C juures.

Kõikidel uuritud liikidel oli ATF-aasne aktiivsus ekstraktides kõrgem kui homogenaatides, mis oli tingitud ATF-aasse aktiivsusest valkude suuremast sisaldusest viimastes.

Homogenaatides oli ATF-aasne aktiivsus kõrgeim haugil, madalaim kohal. Ekstraktide ATF-aasne aktiivsus oli latikal, ahvenal ja haugil enam-vähem võrdne, kohal veidi madalam.

Sesoonsed ATF-aasse aktiivsuse muutused homogenaatides ja ekstraktides olid kolmel liigil — latikal, ahvenal ja haugil — sarnased: minimaalset aktiivsust täheldati sügisel ja talvel (novembris-detsembris), maksimaalset kevadel (märtsis-aprillis). Kohal ilmnis ATF-aasse aktiivsuse miinimum märtsis-aprillis, maksimum mais.

Magneesiumioonid avaldasid nii homogenaatides kui ka ekstraktides tugevamat aktiveerivat toimet ATF-aasale aktiivsusele kui kaltsiumioonid. Magneesiumioonide juuresolekul ei avastatud liigist ja soost tingitud statistiliselt olulisi iseärasusi ATF-aases aktiivsuses. Kaltsiumioonid avaldasid suurimat aktiveerivat toimet latikal, vähimat kohal. Kaltsiumioonide juuresolekul ilmnisid ATF-aases aktiivsuses soolised iseärasused ahvenal ja latikal.

Uurimine näitas, et ATF-aasne aktiivsus langeb nii kalade pikaajalisel hoidmisel sumbas kui ka homogenaatide ja ekstraktide säilitamisel külmutuskapis. ATF-aasne aktiivsus sõltub teatud määral ka kasutatud püünistest.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Zooloogia ja Botaanika Instituut

Saabus toimetuses  
12. VI 1967

A. KANGUR

ON THE SEASONAL CHARACTER AND SPECIFIC PECULIARITIES  
OF THE ATP-ASE ACTIVITY OF THE MUSCULAR TISSUE OF  
FISHES

*Summary*

Four fish species — bream, perch, pike and pike perch — of Lake Võrtsjärv were studied in respect to the ATP-ase activity of the homogenates and 0.6M KCl extracts of muscular tissue, in dependence on the species, season, sex and activating effect of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$ . The corresponding analyses were effected each season four times a year, from May 1965 to May 1966. The activity of the ferment was determined at 20° C.

In all the species studied the ATP-ase activity of the extracts was higher than that of the homogenates, this phenomenon being due to the higher content in homogenates of proteins that reveal no ATP-ase activity.

In homogenates, the ATP-ase activity was highest in pike, and lowest — in pike perch. The ATP-ase activity of extracts was approximately the same in three of the species — in perch, bream and pike, whereas in pike perch it was somewhat lower.

Three species — bream, perch and pike — revealed similar seasonal changes in the ATP-ase activity of the homogenates and extracts, the minimum activity being during the autumn and winter months (November and December), and the maximum — during the spring months (March and April).

In pike perch, the minimum ATP-ase activity showed in March and April, and the maximum — in May.

The  $\text{Mg}^{2+}$  revealed a stronger activating effect upon the ATP-ase activity, both in homogenates and extracts, as compared to the  $\text{Ca}^{2+}$ . In the presence of  $\text{Mg}^{2+}$  no statistically important specific or sexual peculiarities of the ATP-ase activity were discovered. In the presence of  $\text{Ca}^{2+}$ , however, sexual peculiarities were apparent in the ATP-ase activity of perch and bream. The  $\text{Ca}^{2+}$  had the highest activating effect upon the ATP-ase activity of bream, and the lowest — upon that of pike perch.

In the course of the research work it appeared that the ATP-ase activity decreases when the fish are kept in storage in corfs for a prolonged time as well as when the homogenates and extracts are kept in a refrigerator. The ATP-ase activity also depends, to a certain extent, upon the kind of the fishing-tackle used.

*Academy of Sciences of the Estonian SSR,  
Institute of Zoology and Botany*

Received  
June 12, 1967