

УДК 591.11.05

БИОХИМИЯ

В. И. ЛУКЬЯНЕНКО, А. В. ПОПОВ, Э. А. МИШИН

ГЕТЕРОГЕННОСТЬ И ПОЛИМОРФИЗМ СЫВОРОТОЧНЫХ АЛЬБУМИНОВ У РЫБ

(Представлено академиком К. И. Скрябиным 9 II 1971)

Многогранная физиологическая роль сывороточных альбуминов и, прежде всего, их участие в водном обмене, определяют особое значение этой группы белков для нормальной и патологической физиологии рыб. При этом на передний план выступает вопрос о количественном содержании и степени гетерогенности альбуминов у различных по высоте организации и экологии групп рыб, т. е. с учетом особенностей водного обмена и, в частности, его различной направленности (борьба с дегидратацией или с гипергидратацией) у морских, проходных и пресноводных рыб.

Уже на первом этапе экспериментального изучения поставленных вопросов исследователи столкнулись с весьма интересным фактом: почти у всех обследованных хрящевых рыб (семь видов акул и скатов) полностью отсутствуют альбумины, а в ряде случаев и даже альфа₁-глобулины (⁸, ⁹, ¹²). Не оказалось альбуминов и у ряда более продвинутых в эволюционном онтошении видов рыб — у некоторых сельдевых, у панцирных щук и даже у окуневых (¹²). Однако у абсолютного большинства обследованных видов костистых рыб альбумины имеются, хотя их количественное содержание широко варьирует от вида к виду. Электрофоретический анализ сывороточных белков рыб, выполненный с помощью зонального электрофореза на бумаге или в агаре, демонстрировал существование у них одной гомогенной фракции альбуминов в противоположность глобулинам, которые у рыб, как и у других позвоночных, представлены альфа-, бета- и гамма-фракциями.

В 1966 г. нам удалось (¹) с помощью более совершенного метода электрофоретического анализа — дискэлектрофореза в акриламидном геле (⁷, ¹¹), обнаружить гетерогенность сывороточных альбуминов рыб. В частности, оказалось, что у некоторых особей севрюги (*Acipenser stellatus*) сывороточный альбумин представлен двумя компонентами: быстрым (A₁) и медленным (A₂). Затем двухкомпонентный альбумин выявлен (²) у русского осетра (*Acipenser güldenstadti*) и у сибирского осетра (*A. baeri*), причем у последнего альбумины представлены тремя и даже четырьмя компонентами (³). Вскоре были опубликованы сообщения о гетерогенности (двухкомпонентности) альбуминов у некоторых видов сельдевых, лососевых и окуневых (⁴, ⁵, ⁶, ¹⁰). Иными словами, гетерогенность сывороточных альбуминов не ограничивается только осетровыми, как это следовало из первоначальных наших данных, но встречается также и у костистых рыб.

Учитывая значимость этих данных для биохимической генетики и экологической физиологии рыб, мы считали необходимым продолжить изучение степени гетерогенности и полиморфизма сывороточных альбуминов на примере некоторых видов хряще-костных рыб.

Исследовали белковый состав сыворотки крови сибирского осетра обской и байкальской популяций, русского осетра северокаспийской популяции («озимая» форма) и белуги (*Huso huso*), северокаспийской популяции («озимая» форма). Сбор проб крови сибирского осетра проводили на р. Оби (тона «Парабельская») и на Байкале (устье р. Селенги) в июле — августе,

а белуги и русского осетра — на Нижней Волге (тона «Мужичья»). Анализ выполнен методом дискэлектрофореза в акриламидном геле по Ориштейну и Дэвису (⁷, ¹¹), модифицированном нами (¹) применительно к сывороточным белкам рыб. Определяли компонентный состав альбумина, относительное содержание каждого из компонентов и его относительную электрофоретическую подвижность. С этой целью измеряли расстояние

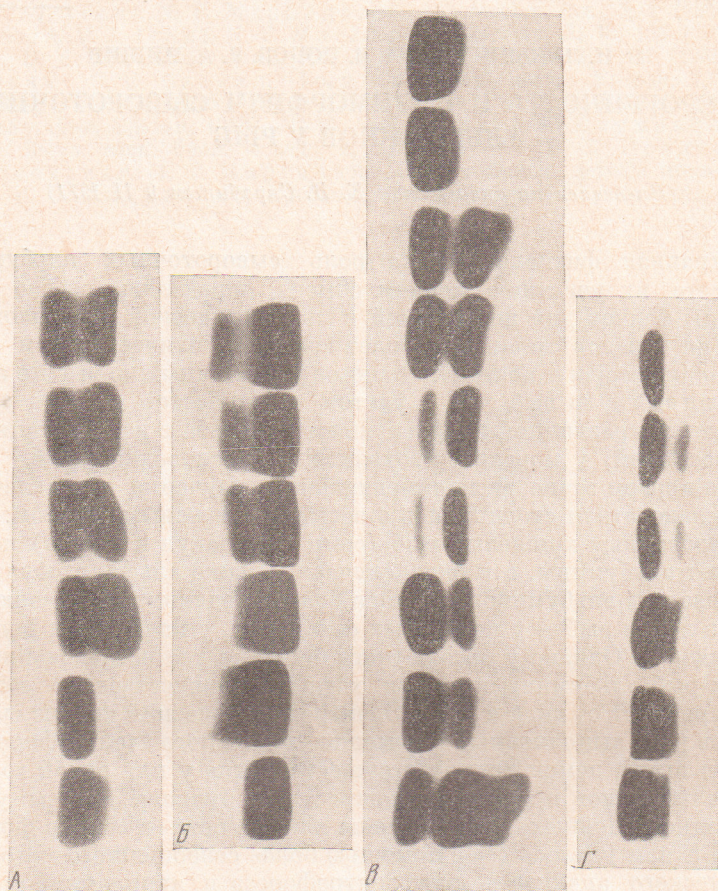


Рис. 1. Типы альбумина у белуги (А), русского осетра (Б), сибирского осетра обской популяции (Б), сибирского осетра байкальской популяции (Г). Стрелкой отмечено направление разгонки от старта к финишу

(в мм), пройденное каждым компонентом альбумина и относили его к длине всей разгонки от старта до видимой границы Кольрауша, принимаемой за единицу.

У большинства белуг (75—90% особей в различных выборках) выявлен однокомпонентный альбумин с относительной подвижностью 0,73 (lim. 0,72—0,75) и количественным содержанием 23—28% общего сывороточного белка. Вместе с тем, у части рыб (10—25% особей) альбумин представлен двумя компонентами, различающимися относительным содержанием и подвижностью (рис. 1, А). Первый из них — «быстрый» с относительной подвижностью 0,73, т. е. с подвижностью однокомпонентного альбумина первой группы рыб. Вторым компонентом — «медленный» с относительной подвижностью 0,66 (lim. 0,65—0,68). В количественном отношении первый компонент, составляющий 8—16% общего белка заметно меньше второго, 14—20%. У некоторых рыб, имеющих двухкомпонентный альбумин, «быстрый» и «медленный» компоненты в количественном отношении примерно

одинаковы. Таким образом, у каспийской белуги удалось выявить два типа альбумина: однокомпонентный или А-тип и двухкомпонентный или АВ-тип. Фенотип В, т. е. особи с одним «медленным» альбумином, не обнаружены.

У особей русского осетра, так же как и у белуги, встречаются два типа альбумина (рис. 1, В): однокомпонентный (А-тип) и двухкомпонентный (АВ-тип). Относительная подвижность однокомпонентного альбумина 0,74 (lim. 0,72—0,76). В количественном отношении он составляет около 20% общего белка при амплитуде индивидуальных колебаний от 15 до 27%. У рыб, имеющих двухкомпонентный альбумин, «быстрый» компонент с относительной подвижностью 0,74 (lim. 0,72—0,76), как правило, в количественном отношении в 2—3 раза больше «медленного», относительная подвижность которого 0,66 (lim. 0,63—0,69). Суммарное содержание альбумина у рыб фенотипа АВ составляет 21—29% общего сывороточного белка, при этом на долю «быстрого» компонента приходится 15—18%, а «медленного» — лишь 6—9% общего белка.

Наиболее высокая гетерогенность сывороточного альбумина выявлена у сибирского осетра обской популяции. Здесь число компонентов в зоне подвижности альбуминовой фракции варьирует от одного до четырех, но чаще два или три (рис. 1, В). Относительная подвижность первого, т. е. наиболее «быстрого» компонента (А) равна 0,67 (lim. 0,65—0,68), второго компонента (В) 0,62 (lim. 0,59—0,65) и третьего компонента (С) 0,58 (lim. 0,57—0,61). В количественном отношении компонент А составляет в среднем 9% (lim. 6,9—14,1%), компонент В 11,3% (lim. 4,5—19,8) и компонент С—5,7% (lim. 1,9—12,8%) общего сывороточного белка. Компонент А обнаружен у всех обследованных особей сибирского осетра, причем у некоторых рыб он представляет собой единственный или однокомпонентный альбумин (фенотип А). Абсолютное большинство особей имеет двухкомпонентный (фенотип АВ) или трехкомпонентный (фенотип АВС) альбумин. Наконец, у отдельных рыб обнаружен четырехкомпонентный альбумин (фенотип АВСД). Попутно отметим, что среди рыб, имеющих альбумин АВ-типа, имеется три варианта по количественному соотношению между компонентами А и В: $A = B$, $A > B$ и $A < B$. Обращает на себя внимание отсутствие или, быть может, малая встречаемость среди особей сибирского осетра обской популяции альбумина В-типа, С-типа и Д-типа. Все эти компоненты встречаются только в сочетании с быстро подвижным компонентом А, т. е. АВ, АВС и АВСД, в то время как сочетания компонентов ВС, ВД, СД и ВСД не обнаружены. Причины такого распределения фенотипов альбумина сибирского осетра остаются пока неясными.

У особей байкальской популяции сибирского осетра обнаружены те же три основные типы альбумина: А, АВ и АВС (рис. 1, Г). К сожалению, мы не имеем возможности рассчитать частоту встречаемости тех или иных фенотипов среди особей байкальской популяции сибирского осетра, поскольку в нашем распоряжении было всего лишь шесть рыб, и следовательно, сегодня нельзя ответить на вопрос об особенностях распределения и частоте обнаруженных нами типов альбумина у особей обской и байкальской популяций сибирского осетра.

Что касается видовых особенностей частоты встречаемости отдельных фенотипов альбумина, то они весьма демонстративно проявляются при сопоставлении русского и сибирского осетров (табл. 1). Анализ представленных материалов показывает, что между обоими видами имеются принципиальные различия в частоте встречаемости альбумина А-типа. У русского осетра большинство рыб представлено фенотипом А, в то время как у сибирского они почти отсутствуют. Однако, различия между сопоставляемыми видами проявляются не только в особенностях распределения общих для обоих осетров типов альбумина, но и их генофондом. В частности, у особей сибирского осетра имеется альбумин АВС- и АВСД-типа, неизвестный пока для русского осетра.

Таблица 1

Частота встречаемости (%) и особенности распределения типов альбумина у двух систематически близких видов рода *Acipenser*

Вид и популяция	Число рыб	Типы альбумина					
		А	В	С	АВ	АВС	АВСД
Русский осетр, северокаспийская популяция	48	60,5	—	—	39,5	—	—
Сибирский осетр, обская популяция	30	7	—	—	43	40	10

Обобщая полученные данные, отметим следующее. В сыворотке крови осетровых выявлены четыре типа альбумина: А, АВ, АВС и АВСД, из которых первые два типа встречаются у всех обследованных видов (хотя и с различной частотой). Альбумин АВС-типа обнаружен только в сыворотке крови сибирского осетра обеих популяций, а альбумин АВСД-типа пока лишь у особей обской популяции. У белуги преобладают особи с альбумином А-типа (75—90%), у русского осетра — А-типа (60,5%), и АВ-типа (39,5%), а у сибирского осетра — АВ-типа (43%) и АВС-типа (40%). Между русским и сибирским осетрами имеются различия не только по частоте встречаемости общих для них типов альбумина, но и по их генофонду. Мы полагаем, что полученные нами данные, свидетельствующие о существовании у осетровых полиморфизма альбумина, могут служить основанием для проведения специальных генетико-популяционных исследований. В экологическом плане определенный интерес представляет меньшая гетерогенность альбумина у типично проходного русского осетра в сравнении с сибирским осетром, некоторые популяции которого и, в первую очередь байкальская, являются пресноводными. Большая гетерогенность альбумина у сибирского осетра, лежащая в основе функциональной дифференцировки этой фракции сывороточных белков, отражает, по-видимому, особенности белкового метаболизма и водного обмена, обусловленные переходом байкальской популяции от проходного образа жизни к пресноводному.

Центральный научно-исследовательский
институт осетрового хозяйства
Астрахань

Поступило
9 II 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. И. Лукьяненко, Г. А. Ермолин и др., ДАН, 174, № 1 (1967).
- ² В. И. Лукьяненко, А. В. Попов и др., Зоол. журн., 47, № 3 (1968). ³ В. И. Лукьяненко, А. В. Попов, ДАН, 186, № 1 (1969).
- ⁴ Г. Н. Нефедов, Физиолого-биохимический анализ дифференциации золотистого и клювкрылого окуней северной Атлантики, Автореф. кандидатской диссертации, МГУ, 1970.
- ⁵ Г. Г. Новиков, Ю. С. Решетников, Вопр. ихтиол., 9, № 1 (1969).
- ⁶ J. Carbery, Res. Veterin. Sci., 10, № 3 (1969).
- ⁷ B. Davis, Ann. N. Y. Acad. Sci., 121, № 2 (1964).
- ⁸ A. Drilhon, J. Fine, C. R. Soc. Biol., 248, № 16 (1959).
- ⁹ H. Irisawa, A. Irisawa, Science, 120, № 7 (1954).
- ¹⁰ G. Naevdal, Fiskeridirect. skr. ser. havundersk., 15, № 3 (1969).
- ¹¹ L. Ornstein, Ann. N. Y. Acad. Sci., 121, № 2 (1964).
- ¹² L. Sulya, B. Box, G. Gunter, Am. J. Physiol., 200 (1961).