

Выводы

1. Тканевые жидкости рыб являются филътратами плазмы крови, по концентрации белка уступающие, а по фракционному составу белков практически совпадающие с ней.
2. Наличие градиента концентрации белка между плазмой крови и тканевой жидкостью, а также разное соотношение высоко- и низкомолекулярных белков в плазме крови и тканевых жидкостях рыб позволяют предположить участие в транскапиллярном обмене белков плазмы крови рыб активных механизмов.
3. Проницаемость стенок капилляров разного типа к белкам плазмы крови имеет динамичный характер, что обеспечивает адаптацию метаболизма рыб к меняющимся условиям внешней и внутренней среды.

Литература

- Андреева А.М., Чалов Ю.П., Рябцева И.П., 2007. Особенности распределения белков плазмы между специализированными компартментами внутренней среды на примере карпа *Cyprinus carpio* (L.) // Журн. эвол. биох. и физиол. Т.43. №6. С.501–504.
- Андреева А.М., Рябцева И.П., Большаков В.В., 2008. Анализ проницаемости капилляров разных отделов микроциркуляторной системы для белков плазмы у некоторых представителей костистых рыб // Журн. эвол. биох. и физиол. Т.44. №2. С.212–214.
- Шмидт-Нильсен К., 1982. Физиология животных. Приспособление и среда. М.: Мир, 1982.
- Шульц Г., Ширмер Р., 1982. Принципы структурной организации белков. М.: Мир. 354 с.
- Itzhaki R.F., Gill D.M., 1964. A micro- biuret method for estimating protein // Anal.Biochem. Vol.9. P.401–410.
- Landis E.M., Pappenheimer J.R., 1963. Exchange of substances through the capillary walls // Handbook of Physiology. Circulation. Washington D.C.: Am.Physiol.Soc. Sect.2. Vol.II. P. 961–1034.
- Olson K.R., Kinney D.W., Dombkowski R.A., Duff D.W., 2003. Transvascular and intravascular fluid transport in the rainbow trout: revisiting Starling's forces, the secondary circulation and interstitial compliance // J.Exp.Biol. Vol.206. P.457–467.
- Phillips K., 2003. Trout with tone // J.Exp.Biol. Vol. 206. P. 424–426.

PECULIARITY OF TRANSCAPILLARY EXCHANGE OF PLASMA PROTEINS FROM FRESHWATER BONY FISHES

R.A. Fedorov, A.M. Andreeva

Papanin Institute for Biology of Internal Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Yaroslavl reg., Russia, e-mail: aam@ibiw.yaroslavl.ru

The study of the special features of the transcapillary exchange of the plasma proteins in the representatives of freshwater bony fishes showed that all tissue fluids of fishes are the filtrates of plasma, on protein concentration being inferior, and by the fractional composition of proteins practically coinciding with it. In all fishes is supported the concentration gradient of the protein between the plasma of the blood and the tissue fluid, and also the different relationship of high- and low-molecular proteins in all extracellular liquids, that they make it possible to assume participation in the transcapillary exchange of the proteins of the plasma of the blood of the fishes of active mechanisms. The results of a study showed that the permeability of the walls of different type capillaries to the plasma proteins has dynamic nature, which ensures the adaptation of the metabolism of fishes to the changing conditions of external and internal medium.

АНАЛИЗ ПРОНИЦАЕМОСТИ СТЕНОК КАПИЛЛЯРОВ МЫШЕЧНОГО ТИПА ДЛЯ БЕЛКОВ ПЛАЗМЫ КРОВИ У КАРПА *CYPRINUS CARPIO*

Р.А. Федоров, А.М. Андреева

Учреждение Российской академии наук Институт биологии внутренних вод
им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, Ярославская обл., Россия
e-mail: aam@ibiw.yaroslavl.ru

Изучение состава интерстициальной жидкости организма рыб показало, что она, в отличие от высших позвоночных, содержит значительные количества белка (Андреева и др., 2007,

2008; Olson et al., 2003; Phillips, 2003). Физиологическое значение этой особенности трансапиллярного обмена белков рыб заключается, вероятно, в снижении величины давления крови, а именно – онкотического давления, создаваемого интраваскулярными белками, хотя в качестве основных факторов снижения давления крови у рыб считаются особенности организации сердечно-сосудистой системы и пониженное (по сравнению с высшими позвоночными) содержание общего белка в крови (Шмидт-Нильсен, 1982). Ранее нами было показано, что все тканевые жидкости рыб являются филтратами плазмы крови (Андреева и др., 2007, 2008). Однако, тканевая жидкость белых мышц, будучи также филтратом плазмы крови, резко отличается от остальных тканевых жидкостей по соотношению в ней белков плазмы, что позволяет предположить наличие активных механизмов, поддерживающих градиент концентрации отдельных белков относительно стенки капилляра.

Целью данной работы является анализ проницаемости стенки капилляра мышечного типа для белков плазмы крови карпа.

Материалы и методы

В качестве объектов использовали сеголетков карпа обыкновенного *Cyprinus carpio* L.. Кровь отбирали пипеткой-дозатором, наконечник которого смочен раствором гепарина. В работе использовали плазму крови ПК. Интерстициальную жидкость белых мышц ИЖБМ отбирали напityванием полоски хроматографической бумаги Watmann 3ММ размером 0,5х4мм (Андреева и др., 2007, 2008). Концентрацию общего белка в плазме крови определяли микробиуретовым методом (Itzhaki et al., 1964), в ИЖ с помощью программного пакета OneDscan (Андреева и др., 2007, 2008). Белки плазмы и ИЖ дифференцировали в градиенте концентраций ПААГ (5–40%), в ПААГ с 8М мочевиной и в SDS-ПААГ (Laemmli, 1970). Для определения ММ нативных белков в ПААГ и денатурированных в ПААГ с 8М мочевиной использовали маркеры сывороточный альбумин человека САЧ (полимерные формы) и овальбумин ОА (полимерные формы); в SDS-ПААГ – набор PageRuler™ Prestained Protein Ladder Plus (Fermentas). Результаты обрабатывали статистически с помощью программного пакета OneDscan.

Для оценки избирательной проницаемости стенки системных капилляров мышечного типа для отдельных белков плазмы крови использовали коэффициент пропускания (γ), равняющийся отношению концентраций отдельного белка в ИЖ и ПК. При более высоком содержании белка в ИЖ его $\gamma > 1$, при превосходящем содержании белка в ПК его $\gamma < 1$.

Результаты и обсуждение

Содержание общего белка в плазме крови сеголетков карпа составило 4,8 г%, в ИЖ белых мышц – 1,9 г% или 40% от концентрации белка в плазме крови. В ИЖ обнаружены практически все белки, присутствующие в ПК, а также ряд низкомолекулярных белков с ММ от 12 до 50 kDa, не содержащихся в ПК или содержащихся в следовых количествах (рис.1). У карпа, как и других костистых рыб, фракционный состав белков ИЖ белых мышц (в отличие от перитонеальной жидкости, тканевых жидкостей мозга и печени) наиболее выражено отличается от ПК особым соотношением белков, а именно, доминированием низкомолекулярных белков (рис.2). Относительное содержание низкомолекулярных белков в ИЖ сеголетка карпа достигало 61,2%, а в ПК – всего 3,9% (рис.2).

Расчет коэффициента пропускания для отдельных белков плазмы крови показал, что наибольшие коэффициенты пропускания имеют два компонента плазмы, имеющие ММ в градиенте ПААГ соответственно 60 и 90 kDa (рис.3). В SDS-электрофорезе ММ этих белков составила около 50 и 67 kDa. Коэффициенты пропускания белков с ММ около 83 kDa (рис.3), имеющих в SDS-электрофорезе ММ около 76 kDa, составили менее 0,3. Коэффициенты пропускания γ_1 - и γ_2 -глобулинов также не превышали 0,3, хотя ММ γ -глобулинов в градиенте ПААГ составили выше 400 kDa (за счет их агрегации), а в электрофорезе с мочевиной не превышали 180–200 kDa (Андреева, 2001, 2008).

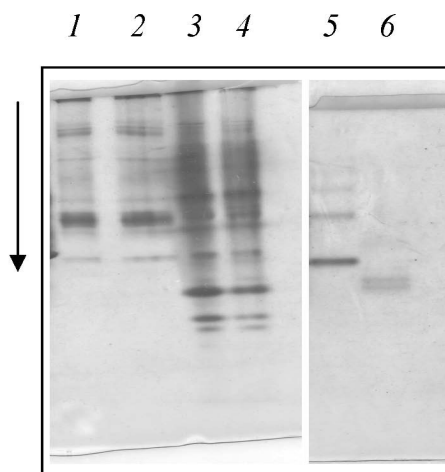


Рис. 1. Электрофорез в градиенте концентраций ПААГ (5-40%) белков плазмы крови (1, 2) и интерстициальной жидкости белых мышц (3, 4) сеголетков карпа. Вертикальная стрелка указывает направление электрофореза. 5 – САЧ, 6 – ОА (обозначения в тексте)

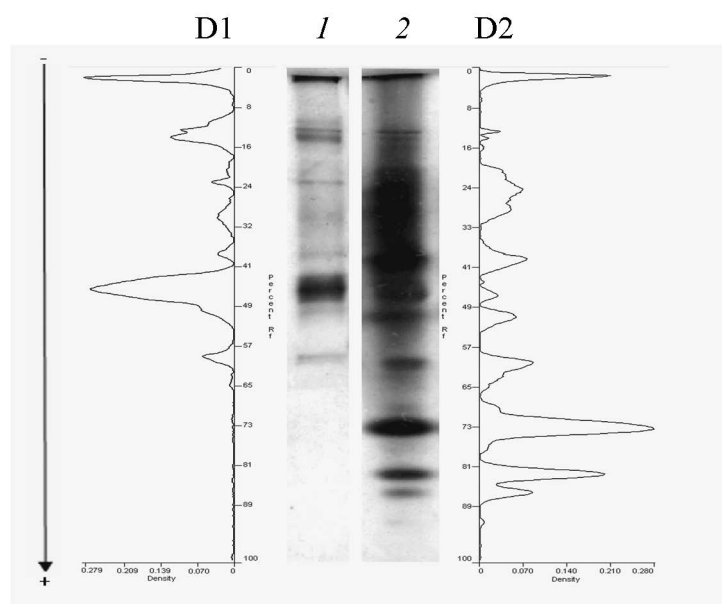


Рис. 2. Электрофорез в градиенте концентраций ПААГ (5–40%) белков плазмы крови (1) и интерстициальной жидкости белых мышц (2) сеголетка карпа. D1 и D2 – денситограммы белков плазмы крови и интерстициальной жидкости соответственно. Вертикальная стрелка указывает направление электрофореза

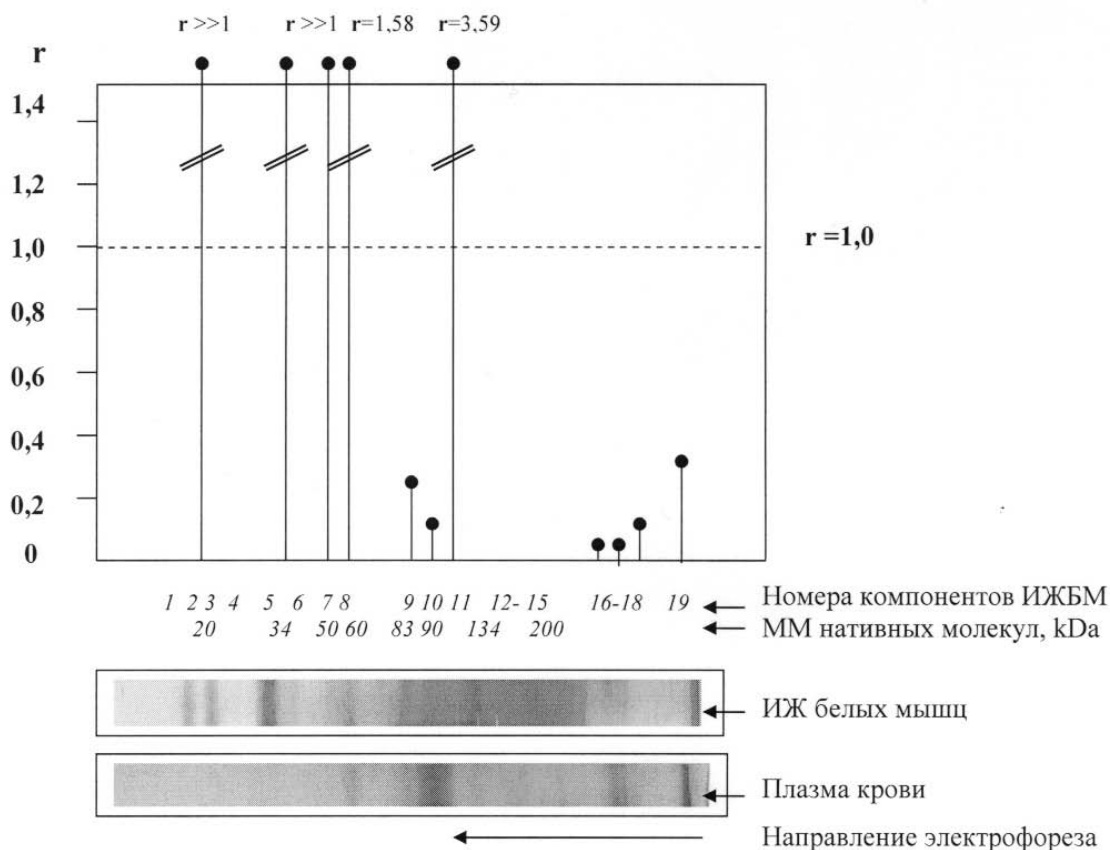


Рис. 3. Коэффициент пропускания r белков плазмы крови капиллярами мышечного типа для некоторых белков плазмы сеголетка карпа. 1–19 – нумерация белков интерстициальной жидкости белых мышц ИЖБМ на оси абсцисс и белков плазмы крови на электрофореграмме (градиент концентраций ПААГ 5–40%); 20–200 – величины ММ нативных молекул в kDa; 1–8 – низкомолекулярные белки. Стрелка показывает направление электрофореза

Доминирование в ИЖБМ низкомолекулярных белков предполагает действие активных механизмов, поддерживающих градиент концентраций данной фракции относительно стенки капилляра. При этом четкой зависимости величины коэффициента пропускания от величины ММ белка не наблюдалось и, следовательно, стенки капилляров мышечного типа свойств молекулярного сита не проявляют. Проницаемость капилляров мышц для белков плазмы крови носит избирательный характер. Обнаружение избирательной проницаемости капилляров белых мышц для разных белков плазмы крови характеризует транкапиллярный обмен белков как активный транспорт.

Выводы

1. Стенки капилляров мышечного типа сеголетков леща не проявляют свойств молекулярного сита.
2. Проницаемость системных капилляров мышечного типа сеголетков карпа для отдельных белков плазмы крови носит избирательный характер, что характеризует транкапиллярный обмен белков плазмы как активный процесс.

Литература

- Андреева А.М., Чалов Ю.П., Рябцева И.П., 2007. Особенности распределения белков плазмы между специализированными компартментами внутренней среды на примере карпа *Cyprinus carpio* (L.) // Журн. эвол. биох и физиол. Т.43. №6. С.501–504.
- Андреева А.М., Рябцева И.П., Большаков В.В., 2008. Анализ проницаемости капилляров разных отделов микроциркуляторной системы для белков плазмы у некоторых представителей костистых рыб // Журн. эвол. биох и физиол. Т.44. №2. С.212–214.
- Шмидт-Ниельсен К., 1982. Физиология животных. Приспособление и среда. М.: Мир.

Itzhaki R.F., Gill D.M., 1964. A micro- biuret method for estimating protein // Anal.Biochem. Vol.9. P.401–410.

Laemmli U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage // Nature (Gr.Brit.). 4. Vol.227. №5259. P. 680–685.

Olson K.R., Kinney D.W., Dombkowski R.A., Duff D.W., 2003. Transvascular and intravascular fluid transport in the rainbow trout: revisiting Starling's forces, the secondary circulation and interstitial compliance // J.Exp.Biol. Vol.206. P.457–467.

Phillips K., 2003. Trout with tone // J.Exp.Biol. Vol. 206. P. 424–426.

THE ANALYSIS OF PENETRATION OF THE CAPILLARY WALL OF MUSCULAR TYPE FOR PLASMA PROTEINS FROM *CYPRINUS CARPIO*

R.A. Fedorov, A.M. Andreeva

Papanin Institute for Biology of Internal Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Yaroslavl reg., Russia, e-mail: aam@ibiw.yaroslavl.ru

The permeability of the wall of muscular type capillary for the plasma proteins of the carp *CYPRINUS CARPIO* was studied. Results showed that the tissue fluid of white muscles of carp is the filtrate of the plasma of the blood and contains significant quantities of protein. The tissue fluid of white muscles sharply is differed from other ones (peritoneal, liver fluid, brain fluid) in the relationship of the proteins of plasma, which makes it possible to assume the presence of the active mechanisms, which support the concentration gradient of separate proteins relative to the wall of capillary. The wall of system capillaries of the muscular type do not manifest the properties of the molecular sieve, however, the permeability of capillaries for the separate plasma proteins had selective nature.

ПОЛОВАЯ СТРУКТУРА МОРСКОЙ ЗВЕЗДЫ *ASTERIAS RUBENS* L. НА ТЕРРИТОРИИ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ В 2003 ГОДУ

О.В. Фомина

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Россия
e-mail: ofomina@onego.ru

Летом популяция беломорских *Asterias rubens* концентрируется у 0 глубин, а именно в прибрежной мелководной полосе, включающей часть литорали, обсыхающей до шести часов в сутки и сублитораль до глубины 4–6 м (Безр, 1979). Здесь с июня по сентябрь протекают самые интенсивные составляющие онтогенетических процессов (вегетативные и генеративные части жизненного цикла) этих иглокожих животных – питание, рост, развитие и размножение.

Asterias rubens – бореальный вид Белого моря. В основном морские звезды раздельнополы, и только у *Asterias rubens* отмечен гермафродитизм (Retzius, 1911 по Кауфман, 1977). Винберг (1970) полагает, что у молодых особей имеет место смена полов.

Целью настоящей работы явилось исследование и представление полового состава на литорали и верхней сублиторали акватории Кандалакшского государственного природного заповедника в июне-августе 2003 года.

В июне – августе 2003 года половой состав вида на литорали Кандалакшского залива Белого моря представлен в Таблице 1.

Из таблицы 1 и диаграммы 1, видно, что *Asterias rubens* в половом соотношении во всех местах отбора проб преобладают самки, исключение Турий мыс (8) где в процентном соотношении преобладают самцы. По (Винберг, 1970) в случае значительного численного превосходства самок над самцами потомство будет многочисленное, но менее жизнеспособное; а в случае преобладания самцов над самками, вероятнее всего ожидать оплодотворения самок наиболее сильными и жизнеспособными самцами, тогда потомство будет малочисленное, но более жизнеспособное. Вероятней всего, данное превосходство самок *Asterias rubens* над другими группами объясняется периодом нереста, который в Белом море приходится на конец июня – июль, иногда на начало августа, при температуре воды 4 – 9 ° С и солёности 25,7‰. Звезда мигрирует для нереста в верхнюю сублитораль.