

ХЕЙНО АЙНСОН

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ КАПИЛЛЯРОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К БЕЛКОВЫМ МОЛЕКУЛАМ И ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕЕ

Изучение транспортных функций лимфатической системы, в частности установление роли лимфы в распределении белков в организме, тесно связано с вопросами проницаемости капилляров (Русняк и др., 1957; Ainson, 1967; Mayerson, 1969 и др.). Выявлено, что вместе с лимфой грудного протока за сутки в кровообращение поступает около $\frac{1}{3}$ всех циркулирующих там белков (Lascelles, Morriss, 1961; Айнсон, 1970). При этом немаловажную часть этих белков составляют вышедшие через капиллярные стенки и резорбированные затем корнями лимфатической системы из тканей в лимфу плазменные белки (Рзаев, 1966; Courtice, 1971). Необходимо, однако, иметь в виду, что капилляры проницаемы не в одинаковой мере для всех белков. Установлено, что избирательная проницаемость капиллярной стенки во многом зависит от величины белковых молекул. Это имеет немаловажное значение при оценке функционального состояния именно кровеносных капилляров, так как по имеющимся данным, лимфатические капилляры проницаемы для всех известных нам веществ в экстрацеллюлярном пространстве (Grotte, 1956; Courtice, 1968; Taylor и др., 1968 и др.). Избирательной проницаемостью кровеносных капилляров объясняется, в частности, и большая по сравнению с плазмой крови относительная концентрация альбуминов в лимфе. Следует еще отметить, что избирательная проницаемость капилляров по отношению к белкам, как показали исследования последних лет (Ganrot и др., 1970), не одинакова для всех органов и тканей организма. Причины этих различий далеко еще не ясны и требуют дальнейших исследований.

Проведенные до сих пор исследования по изучению избирательной проницаемости капилляров основываются в подавляющем большинстве на введении в организм экзогенных веществ (декстрана, поливинилпролидина, меченного радиоактивным иодом альбумина), а возможность применения с этой целью эндогенных электрофоретических фракций белка оставалась почти не использованной (Ganrot и др., 1970). Целью настоящего исследования и являлось изучение избирательной проницаемости капилляров области шеи к двум электрофоретическим фракциям белка — к альбуминам и гамма-глобулинам — значительно отличающимся друг от друга по своему молекулярному весу. При этом представлялось целесообразным выяснить, имеются ли наряду с установленными нами ранее сдвигами в проницаемости капилляров (Айнсон, 1966, 1967,

1970) изменения в ее избирательной способности к вышеуказанным белкам, которые зависят от вида, возраста, пола и породы исследуемого объекта, а также возможность воздействия на нее некоторыми гормональными факторами (адреналин и питуитрин) и изменением нормальной лимфо-кровой циркуляции.

Материал и методика

В работе использованы результаты электрофоретического фракционирования белков крови из яремной вены и лимфы из яремного лимфатического сосуда (у кур) и поперечного шейного лимфатического ствола (у крупного рогатого скота и овец), на основании которых была высчитана константа избирательной проницаемости капилляров к белковым молекулам. Для этого применялась формула $S = \frac{La}{Va} / \frac{Lg}{Vg}$, в которой La — альбумины лимфы ($\%$), Va — альбумины крови ($\%$), Lg — гамма-глобулины лимфы ($\%$) и Vg — гамма-глобулины крови ($\%$). Всего использовались данные по исследованию крови и лимфы 100 кур трех пород (австралорп, нью-гемпшир, белый леггорн), 15 голов крупного рогатого скота и 20 овец. При этом из гормональных препаратов курам подкожно было введено 1 мл 0,1%-ного раствора адреналина или же 2 мл раствора питуитрина «Р» активностью 5 ЕД в 1 мл. Для нарушения лимфооттока в венозную систему использовалось выпускание лимфы из яремного лимфатического сосуда в течение 48 ч.

Результаты исследований

Результаты опытов показали, что константа избирательной проницаемости капилляров к белкам (S) в области шеи имеет у половозрелых животных существенные видовые различия. Было, например, установлено, что у кур она равна $1,14 \pm 0,02$, у овец — $1,01 \pm 0,02$, а у крупного рогатого скота — $1,69 \pm 0,04$.

Далее было установлено, что избирательная проницаемость капилляров к белкам обладает довольно четко выраженной возрастной динамикой (см. табл. 1). У кур она до годовалого возраста постепенно увеличивается, после чего наступает ее довольно резкое снижение.

Таблица 1

Возрастная динамика константы избирательной проницаемости капилляров к белкам (S) у петухов породы австралорп

Возраст, месяцы	Количество птиц	S
3	10	$1,01 \pm 0,03$
4	10	$0,92 \pm 0,05$
6	10	$1,01 \pm 0,02$
9	10	$1,14 \pm 0,02$
12	10	$1,43 \pm 0,03$
18	10	$0,87 \pm 0,02$
24	10	$0,86 \pm 0,01$

В показателях избирательной проницаемости капилляров имеются и определенные половые различия. Если, например, у 9-месячных петухов породы австралорп S равнялась $1,14 \pm 0,02$, то у кур той же породы и того же возраста она была $0,95 \pm 0,03$ ($P < 0,01$). Что касается породных особенностей, то они были обнаружены у 9-месячных петухов всех трех исследованных нами пород. Так, у петухов породы австралорп константа избирательной проницаемости капилляров равнялась $1,14 \pm 0,02$, у петухов белый леггорн — $0,96 \pm 0,02$ и у нью-гемпшир — $0,74 \pm 0,03$.

Опыты с выпусканьем в течение 48 ч лимфы из яремного лимфатического сосуда показали, что константа избирательной проницаемости капилляров при этом значительно снижается. Особенно резкое снижение наступает на вторые сутки лимфопотери, когда ее уровень составляет всего лишь около 35% от начального (см. табл. 2).

Таблица 2

Динамика константы избирательной проницаемости капилляров (S) у 4-месячных петухов породы нью-гемпшир при 48-часовой лимфопотере

Продолжительность лимфопотери, ч	Количество птиц	S
До начала опытов	10	0,96±0,02
6	10	0,96±0,01
12	10	0,69±0,03
24	10	0,38±0,02
36	10	0,36±0,01
48	10	0,34±0,03

Изучение воздействия гормональных факторов на избирательную проницаемость капилляров показало (см. табл. 3), что через 30 мин после введения адреналина S снижается в среднем на 30% ($P < 0,01$). Однако влияние адреналина не отличается продолжительностью, вслед-

Таблица 3

Динамика константы избирательной проницаемости капилляров (S) у 6-месячных петухов породы нью-гемпшир при подкожном введении адреналина и питуитрина

Время взятия проб, мин	Адреналин		Питуитрин	
	S	Количество птиц	S	Количество птиц
До введения препарата	0,96±0,03	10	0,96±0,03	10
15	0,92±0,02	10	1,09±0,01	10
30	0,69±0,03	10	1,00±0,02	10
60	0,88±0,03	10	0,79±0,04	10

ствие чего уже через час после его введения показатели избирательной проницаемости капилляров вновь приближаются к исходному уровню. Динамика их изменений после введения питуитрина имеет несколько иную направленность, а сами изменения выражены менее рельефно, чем в результате воздействия адреналина.

Обсуждение результатов

В нашей работе для установления избирательной проницаемости капилляров к белкам использовались данные, полученные при определении относительной проницаемости капилляров к обладающим низким молекулярным весом альбуминам и к имеющим высокий молекулярный вес гамма-глобулинам. Аналогичный прием по отношению к другим эндогенным белковым веществам был успешно применен П. О. Ганротом и его сотрудниками (Ganrot и др., 1970) при сравнительном определении избирательной проницаемости капилляров различных органов и областей тела.

Результаты опытов показали, что избирательная проницаемость капилляров к белкам в исследованной нами области тела меняется в зависимости от особенностей физиологических процессов в организме. В ней с достаточной рельефностью отражаются возрастные изменения в жизнедеятельности организма, ее видовые, половые и зависящие от породы особенности. Было также установлено, что нарушение нормальной лимфо-кровой циркуляции ведет, наряду с другими, уже известными нам (Glenn и др., 1949; Yoffey, Courtice, 1956; Айнсон, 1960, 1964, 1970 и др.) изменениями в распределении веществ между жидкостными средами организма, к весьма значительному снижению избирательной проницаемости капилляров к белкам. Естественно, что это должно вести и к серьезному нарушению равновесия между белками интра- и экстравакулярной жидкости, поскольку в результате этого из кровеносных капилляров в ткани поступает значительно больше крупномолекулярных белков, чем это имеет место при нормальных условиях. Результаты опытов показали, что увеличение уровня адреналина и питуитрина экзогенного происхождения в организме оказывает определенное влияние на избирательную проницаемость капилляров, снижая ее в первом и повышая во втором случае. Возможно, что аналогичные изменения имеют место и в результате интенсификации продуцирования самим организмом эндогенного адреналина и питуитрина и что указанные гормональные факторы принимают активное участие в регуляции избирательной способности капиллярной стенки к проникновению белковых молекул.

Таким образом, из полученных данных следует, что различные факторы физиологического, а также патологического происхождения не только меняют проницаемость капилляров вообще, но и воздействуют на избирательную проницаемость капилляров к белковым молекулам разной величины. Поэтому повышение капиллярной проницаемости, какого бы оно не было происхождения, неизбежно ведет к снижению избирательной проницаемости капилляров по отношению к белкам с более высоким молекулярным весом.

ЛИТЕРАТУРА

- Айнсон Х. Х., 1960. К характеристике белкового состава лимфы крупного рогатого скота. Дисс. канд. ветерин. н. Тарту.
- Айнсон Х. Х., 1964. О составе лимфы и крови при нарушении лимфооттока в венозную систему. Патологическая физиология сердечно-сосудистой системы. Тбилиси 2 : 261—263.
- Айнсон Х. Х., 1966. Характеристика белкового состава крови и лимфы у кур. Наследственность и изменчивость сельскохозяйственной птицы. М. : 146—153.
- Айнсон Х. Х., 1967. Влияние возраста и породы на транспортную функцию лимфатической системы у петухов. Физиология птиц. Таллин : 94—98.
- Айнсон Х. Х., 1970. Сравнительная характеристика состава лимфы у кур и у овец и влияние на него некоторых факторов. Дисс. докт. биол. н. Таллин.
- Рзаев Н. А., 1966. Роль лимфатической системы в регуляции белкового обмена между кровью и тканями. Автореф. дисс. докт. биол. н. Баку.
- Русняк М., Фельдт М., Сабо Д., 1957. Физиология и патология лимфообращения. Будапешт.
- Ainson H., 1967. Lügilise omapära esinemisest kapillaaride permeaabluses. ENSV TA Toimet., Biol. 16 (4) : 395—401.
- Courtice F. C., 1968. Lymphatic function: concepts old and new. Med. J. Australia 9 : 379—385.
- Courtice F. C., 1971. Lymph and plasma proteins: barriers to their movement throughout the extracellular fluid. Lymphology 4 (1) : 9—17.
- Ganrot P. O., Laurell C.-B., Ohlsson K., 1970. Concentration of trypsin inhibitors of different molecular size and of albumin and haptoglobin in blood and in lymph of various organs in the dog. Acta physiol. scand. 79 : 280—286.

- Glenn W. W. L., Cresson S. L., Bauer F. X., Goldstein F., Hoffman O., Healey J. E. Jr., 1949. Experimental thoracic duct fistula. Observations on the technique, the absorption of fat and fluid from the intestine and protein depletion. *Surg. Gynecol. and Obstetr.* **89** : 200—208.
- Grotte G., 1956. Passage of dextran molecules across the blood-lymph barrier. *Acta chirurg. scand. Suppl.* 211.
- Lascelles A. K., Morris B., 1961. The flow and composition of lymph from the mammary gland in merino sheep. *Quart. J. Exptl. Physiol.* **46** : 206—215.
- Mayer son H. S., 1969. Three centuries of lymphatic history — an outline. *Lymphology* **2** (4) : 143—150.
- Taylor P. M., Boonyprakob U., Watson D. W., Fireman P., 1968. Relative efflux of native proteins from the canine pulmonary vascular bed. *Amer. J. Physiol.* **214** : 1310—1314.
- Yoffey J. M., Courtice F. C., 1956. *Lymphatics, lymph and lymphoid tissue.* London.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
26/1 1972

HEINO AINSON

**KAPILLAARIDE SELEKTIIVSE PERMEAABLUSE FÜSIOLOOGILISED
ISEÄRASUSED JA PERMEAABLUSE MOJUTAMISE VOIMALUSED**

Resümee

Katsete tulemused näitavad, et kapillaaride selektiivse permeaabluse konstant (*S*) sõltub loomade liigist, vanusest, tõust ja soost. Tema suurusele avaldavad olulist mõju ka häired lümfiringes ning mitmesugused eksogeense päritoluga hormonaalsed faktorid.

Autori arvates kaasnevad verekapillaaride permeaabluse tõusuga nende selektiivse permeaabluse langus kõrgema molekulkaaluga valkude suhtes ning muutused koevalkude ainevahetuse intensiivsuses.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Eksperimentaalbioloogia Instituut

Toimetusse saanud
26. 1 1972

HEINO AINSON

**PHYSIOLOGICAL PROPERTIES OF THE SELECTIVE PERMEABILITY
OF THE CAPILLARIES AND THE POSSIBILITIES OF
AFFECTING THEM**

Summary

The results of the experiments showed that the constant of the selective permeability of the capillaries (*S*) is influenced by species of animals, by their age, sex and breed. There is significant influence on the value of this constant, exerted by destructions in the lymph system and by the different hormonal factors of an exogenous character.

In the author's mind the increase of the permeability of capillaries is associated with the decrease of their selective permeability in relation to the higher molecular weight of proteins, and in connection with changes in the intensity of the metabolic processes of tissue proteins.

Academy of Sciences of the Estonian SSR,
Institute of Experimental Biology

Received
Jan. 26, 1972