

УДК 636.2:636.083:591.111

Адаптация кур к разным режимам освещения

Бусловская Л.К., доктор биологических наук, профессор

Ковтуненко А.Ю., кандидат биологических наук, доцент

Рыжкова Ю.П., кандидат биологических наук,

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Аннотация.

Авторы установили, что смена режима освещения в птичнике вызывает у кур адаптационные процессы, реализующиеся на уровне клеток крови. Отмечены значительные и характерные изменения морфофункциональных параметров эритроцитов, затрагивающие в первую очередь их способность к деформации. В процессе адаптации кур к изученным световым режимам отмечена тенденция к уменьшению геометрических размеров клеток, снижению их объёма и жёсткости структур цитоскелета.

Ключевые слова:

куры, режим освещения, стресс, адаптация, эритроциты: площадь поверхности, ширина, глубина околядерного пространства, модуль упругости, потенциал поверхности.

Adaptation to Different Lighting Regimes in Chickens

Buslovskaya L.K., Dr. of Biol. Sci., Prof.

Kovtunencko A.Yu., Cand. of Biol. Sci., Assoc. Prof.

Ryzhkova Yu.P., Cand. of Biol. Sci., Belgorod National Research University

Summary.

Authors found that a shift of lighting regime within the poultry house triggers adaptive processes in blood cells in chicken. The severe and characteristic changes in morpho-functional properties of red blood cells were found affecting primarily their ability for deformation. The adaptation of chickens to experimental lighting regimes was accompanied by the trends toward the decrease in cell surface and volume, in the rigidity of cytoskeletal structures.

Key words:

chicken, lighting regime, stress, adaptation, red blood cells, surface area, width and depth of the perinuclear space, elasticity coefficient, surface potential.

Экспериментальными и клиническими исследованиями установлено, что изменения морфометрических свойств клеток относятся к числу универсальных составляющих адаптационных и компенсаторных реакций организма при дисфункциях различного генеза и степени их выраженности. Они позволяют давать объективную оценку физиологического состояния организма и прогнози-

ровать развитие адаптационного процесса в меняющихся условиях среды (5, с. 14; 6, с. 158; 12, с. 100).

Эритроциты крови птицы, как известно, имеют целый ряд существенных отличий от млекопитающих, поэтому изучение закономерностей их функционирования при адаптационном синдроме имеет особую актуальность. Эти знания могут быть

применены для диагностики и оценки стресс-воздействий, нередко возникающих в условиях промышленного способа содержания и выращивания птицы, а также для снижения риска экономических потерь.

Показатели геометрии эритроцитов определяют способность красных клеток деформироваться под влиянием внешних сил и изменять вязкостные свойства





крови, что во многом характеризует качество капиллярного кровотока и свидетельствует об изменении реологических свойств крови (8, с. 11326; 10, с. 2489; 14, с. 581). В связи с этим изучение структурно-метаболического статуса эритроцитов крови кур при адаптации к факторам производства представляет не только научный, но и практический интерес.

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) позволяет изучать морфометрические и функциональные свойства не только клетки в целом, но и отдельных её участков. Создав на основе данных АСМ физико-механический образ клетки, в который входит совокупность параметров, характеризующих свойства клеточной мем-

браны, можно проводить диагностику её состояния, в том числе выявлять патологию. Знание физико-механических свойств эритроцитов необходимо для раннего выявления изменений функций клеток и прогноза возможных нарушений в системе кровообращения (13, с. 727).

Цель исследования — изучить динамику некоторых морфометрических и функциональных параметров эритроцитов крови кур в процессе адаптации к разным световым режимам.

Экспериментальная часть работы была выполнена в условиях вивария Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина на курах-несушках кросса «Хайсекс браун» 10-месячного возраста.

Было создано три группы, по 16 особей в каждой: 1-я группа — контроль, кур содержали при световом режиме 12 ч свет (С) — 12 ч темнота (Т); 2-я группа — 7 ч С — 1 ч Т; 3-я — 2 ч С — 3 ч Т; 5 ч С — 1 ч Т; 4 ч С — 9 ч Т. Адаптивные особенности организма кур изучали в течение 30-и суток (1, с. 143).

Кровь для исследования морфофункциональных параметров клеток брали у кур из подкрыльцовой вены по 5 мл на 6-, 16- и 30-е сутки адаптации.

Сканирование клеток (n=10) проводили полуконтактным методом на атомно-силовом микроскопе «ИНТЕГРА Вита» (НТ МДТ, Зеленоград) в научно-исследовательской лаборатории «Физиология адаптационных процессов»

Таблица 1. Динамика геометрических параметров эритроцитов крови кур при адаптации к разным режимам освещения

Геометрические параметры	Сутки	Группа		
		1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная
Площадь поверхности, мкм ²	6-е	90,8±2,1	83,2±2,5**	70,4±3,5**
	16-е	91,4±1,4	92,7±4,5	100,6±6,1
	30-е	92,2±3,2	101,1±5,1	92,5±6,3
Объём, мкм ²	6-е	64,1±1,8	57,9±3,1	41,5±2,1**
	16-е	65,2±1,4	55,7±2,1**	67,2±3,3
	30-е	66,8±1,7	67,7±2,5	76,6±7,8
Длина, мкм	6-е	10,4±0,1	9,9±0,2	9,4±0,2
	16-е	10,2±0,3	9,6±0,2*	9,5±0,4*
	30-е	10,4±0,1	9,6±0,3*	9,1±0,7
Ширина, мкм	6-е	6,6±0,1	6,5±0,3	5,8±0,1*
	16-е	6,9±0,9	6,2±0,3	6,6±0,3
	30-е	6,8±0,4	0,4±0,1**	5,3±0,3*
Высота, мкм	6-е	0,9±0,02	0,9±0,1	0,8±0,03*
	16-е	0,8±0,1	1,01±0,1	0,9±0,01
	30-е	0,9±0,02	0,8±0,02*	0,9±0,1
Ширина околоядерного пространства, нм	6-е	6,9±1,5	41,7±0,2***	2,1±0,5**
	16-е	6,2±1,2	6,0±1,2	16,5±3,5*
	30-е	7,1±0,8	6,0±1,3	2,7±1,0*
Глубина околоядерного пространства, нм	6-е	44,8±2,5	159,0±2,9**	94,8±2,1***
	16-е	42,3±1,6	47,0±5,1	2,3±0,4***
	30-е	48,2±2,2	25,5±3,1**	41,4±4,1

Примечание: достоверность различий по сравнению с данными 1-й группы при * P<0,05; ** P<0,01.



НИУ БелГУ, результаты обработки при помощи программного обеспечения Nova 1.0.26 Build 1397 (НТ МДТ). Потенциал поверхности клеток оценивали методом Зонда Кельвина.

Расчёт индекса деформируемости эритроцитов производили по формуле: $ID=S/V$, где S — площадь поверхности эритроцита, V — объём. Достоверность различий оценивали по t -критерию Стьюдента.

Анализ морфометрических параметров эритроцитов крови позволяет изучать клеточные механизмы адаптационных и компенсаторных реакций организма. Так как характеристика адаптивных реакций организма по современным представлениям не может быть полной без анализа динамики морфофункциональных свойств клеток, то геометрические параметры и функциональные свойства мембраны эритроцитов были изучены методом атомно-силовой микроскопии. В таблице 1 представлены результаты геометрических параметров эритроцитов крови кур в процессе адаптации к разным световым режимам.

В наших исследованиях на 6-е сутки адаптации к разным режимам освещения были обнаружены следующие достоверные отличия геометрических параметров эритроцитов крови кур: снижение площади поверхности на 8,4 и 22,5% во 2-й и 3-й группах соответственно, объёма и ширины клеток в 3-й группе — на 35,3 и 12,1 процента. В то же время было обнаружено увеличение ши-

рины околядерного пространства эритроцитов крови кур во 2-й группе и уменьшение этого параметра в 3-й.

Глубина околядерного пространства эритроцитов кур экспериментальных групп достоверно увеличилась на 254 и 112% соответственно по сравнению с контролем.

На 16-е сутки адаптации были выявлены следующие достоверные отличия геометрических параметров эритроцитов крови кур экспериментальных групп: объём эритроцитов крови кур 2-й группы уменьшился на 14,6%; их длина во 2-й и 3-й группах — в среднем на 7%, их ширина в 3-й группе — на 7 процентов. Значительным изменениям подверглись параметры околядерного пространства. Ширина этого пространства у кур 3-й группы увеличилась на 158%, а глубина снизилась на 96 процентов.

На 30-е сутки адаптации отмечены достоверные отличия у кур опытных групп по следующим параметрам: длине, ширине, высоте и глубине околядерного пространства.

При этом указанные морфометрические характеристики эритроцитов были ниже в крови опытных групп по сравнению с контролем.

Анализируя полученные результаты необходимо отметить, что в ходе эксперимента наблюдалась общая тенденция к уменьшению размера клеток с перестройкой внутриклеточного пространства. Данные изменения, по видимому, отражают адапцион-

ные процессы, направленные на улучшение капиллярного кровотока.

Функциональные особенности эритроцитов зависят прежде всего от площади поверхности клетки. Изменения морфологических параметров эритроцита отражают обратимые конформационные перестройки в его мембране и являются фактором, управляющим скоростью метаболизма.

Поэтому уменьшение средней площади поверхности клеток, отмеченное в наших исследованиях начиная с 6-х суток, можно рассматривать как компенсаторный механизм, направленный на обеспечение транспортной функции эритроцитов и циркуляции крови.

В некоторых работах значительное увеличение площади поверхности эритроцита рассматривается как маркер интоксикации организма и дополнительный критерий тяжести состояния (3, с. 72).

Объём эритроцита — величина, определяющая возможности обеспечения транспортной функции.

В среднем он составляет 60% от максимально возможного для данной площади поверхности. Именно это определяет его способность сильно деформироваться, что необходимо для прохождения через самые мелкие капилляры.

Основная функция эритроцита — транспорт кислорода — предъявляет довольно высокие требования к возможности деформации. Чтобы пройти в капилляр, эритроцит должен значи-



тельно изменить свою форму. Поэтому скорость движения в капилляре очень зависит от его вязко-эластичных характеристик.

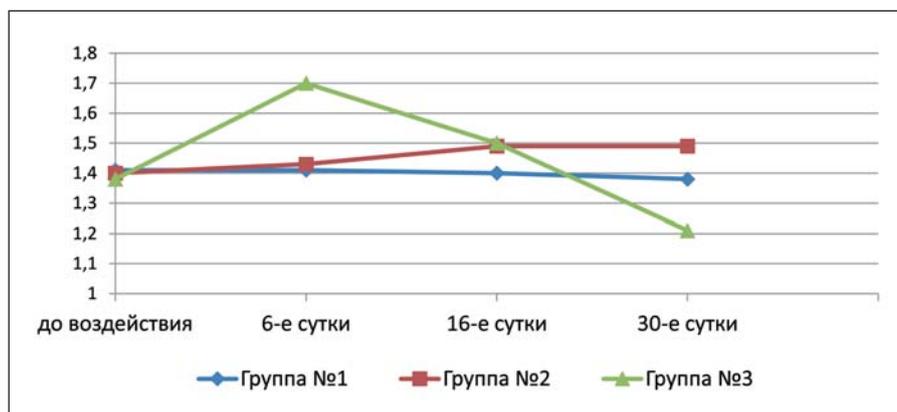
Если объём эритроцита велик, то ему недостаточно поверхности для сильного изменения своей формы и прохода в микроциркуляционное русло (3, с. 71; 6, с. 158; 9, с. 114).

Исследования последних лет показали, что в процессе адаптации изменяются прежде всего свойства эритроцитов, связанные с их способностью к деформации (4, с. 5; 9, с. 112).

Исходя из этого, нами были изучены возможности изменения формы эритроцитов в процессе адаптации к разным световым режимам. На рисунке представлена динамика индекса их деформируемости при адаптации к изученным режимам освещения.

Деформируемость эритроцитов зависит от площади их поверхности и объёма. Чем больше отношение площади поверхности эритроцита к его объёму, тем более выражены его деформируемые свойства.

Уменьшение отношения S/V свидетельствует об увеличении объёма эритроцита при избыточном поступлении воды и натрия,



Индекс деформируемости эритроцитов крови кур при адаптации к разным световым режимам

в результате чего он приобретает сферическую форму и становится менее деформируемым. Ухудшаются вязкостно-эластичные свойства эритроцитов, благоприятствующие увеличению проницаемости мембраны, что ведёт к быстрому разрушению эритроцита.

Таким образом, способность к деформации является лимитирующим фактором продолжительности жизни эритроцита. В целом повышение показателя S/V эритроцитов свидетельствует об улучшении структурно-функциональных свойств эритроцитарной мембраны.

В наших исследованиях индекс деформируемости эритроцитов был достоверно выше контрольных значений в 3-й группе на 6-е

сутки адаптации на 21 процент. Исследованиями Lutsenko M.T. и др. показано, что нарушение деформируемости эритроцитов ведёт к снижению газообмена в тканях, поскольку эритроциты в такой ситуации плохо проникают через узкие капилляры периферической кровеносной системы и, как следствие, развивается тканевая гипоксия (9, с. 114). В наших исследованиях адаптация к световому режиму в 3-й группе вызвала увеличение числа клеток с повышенной способностью к деформируемости, что может рассматриваться как адаптационный процесс, направленный на повышение доставки кислорода в микроциркуляционное русло.

Свойства мембраны, тесно связанные с площадью его поверх-

Таблица 2. Функциональные свойства мембраны эритроцитов кур при адаптации к разным режимам освещения

Параметры клетки	Сутки	Группа		
		1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная
Модуль упругости, мПа	6-е	6,8±1,5	1,4±0,3**	2,4±0,01**
	16-е	6,1±1,9	7,8±1,1	2,9±0,03*
	30-е	5,8±2,1	3,5±0,03*	3,9±0,1
Потенциал поверхности, мВ	6-е	-7,6±1,4	-10,4±1,9	-5,5±1,4
	16-е	-8,2±2,1	-7,4±2,6	-5,0±1,7
	30-е	-7,2±1,2	-3,5±0,7*	-5,7±0,9

Примечание: достоверность различий по сравнению с данными 1-й группы при * P<0,05; ** P<0,01.



ности, определяют функциональные особенности эритроцитов. В таблице 2 представлены результаты изучения некоторых функциональных параметров мембраны эритроцитов при адаптации кур к режимам освещения.

Модуль упругости мембраны эритроцита характеризует её среднюю жёсткость, в наших исследованиях на 6-е сутки адаптации этот показатель в опытных группах был значительно ниже величин в контрольной группе в среднем на 65–79 процентов. По литературным данным, прирост площади поверхности клетки возможен за счёт более полного использования мембранного резерва (1, с. 143; 6, с. 158).

По-видимому, содержимое клетки распределяется равномерно, упругость мембраны уменьшается, что способствует усилению кровотока в микрососудах.

Подтверждением этому могут служить исследования Xiong W., Тукина В.Н. и др., в которых выявлено, что при повышении жёсткости клеточных мембран создаются условия для затруднения кровотока в микрососудах (6, с. 158; 14, с. 582).

В исследованиях Zuk A. и др. также было установлено, что увеличение модуля упругости эритроцитов ухудшает способность клетки связывать кислород и транспортировать его через капилляры (15, с. 249).

Физиологической основой уменьшения жёсткости мембраны эритроцитов может быть ухудшение связывания кальция с бел-

ками плазмалеммы, что, по мнению ряда авторов, приводит к увеличению текучести мембраны. В работах Moradi A.R., Тукина В.Н. и др. приводятся убедительные данные о взаимосвязи биохимических параметров крови, в частности о содержании ионов кальция в плазме и средней жёсткости мембраны эритроцитов (6, с. 156; 11, с. 775).

Известно, что суспензированные в плазме или физиологическом растворе клетки крови (эритроциты, тромбоциты и лейкоциты) при физиологическом значении рН несут на своей поверхности отрицательный заряд, который обеспечивает их нормальное функционирование (2, с. 32; 7, с. 82). В наших исследованиях величина потенциала поверхности мембраны эритроцитов на 30-е сутки адаптации в крови кур 2-й группы была выше значений контрольной на 51 процент.

Исследованиями Bondar O.V. и др. была показана определённая взаимосвязь между поверхностным зарядом мембраны и жизнеспособностью клетки.

Увеличение суммарного отрицательного заряда мембраны может выступать маркером раннего апоптоза и свидетельствовать о снижении жизнестойкости клетки (7, с. 83).

В исследованиях Neu V. показана существенная роль отрицательного заряда мембраны для предотвращения спонтанной агрегации клеток. Потеря заряда мембраны эритроцитов приводит к более плотному их взаиморас-

положению в растворе, а затем — к агрегации, поэтому величина отрицательного заряда мембраны имеет существенное значение для предотвращения спонтанной агрегации клеток (10, с. 2483). С другой стороны, заряд мембраны эритроцита играет роль в обеспечении циркуляции крови. Силы отталкивания, возникающие между эритроцитами и клеточной стенкой, благодаря отрицательному заряду мембран эритроцитов и интимы сосудов имеют важное значение для агрегационной устойчивости эритроцитов в кровотоке.

Таким образом, в результате проведённых исследований было установлено, что смена режима освещения в птичнике вызывает у кур адаптационные процессы, затрагивающие форму и свойства эритроцитов крови. В адаптивных процессах, происходящих в ядерных эритроцитах, отмечена тенденция к уменьшению размера клеток с перестройкой внутриклеточного пространства.

При этом наблюдается способность эритроцитов к деформации. Функциональные свойства мембран клеток при этом характеризовались уменьшением средней жёсткости, о чём свидетельствует стойкое снижение модуля упругости.

Всё это свидетельствует о том, что при адаптации организма кур к световым режимам контактные и упругие свойства клеточных структур эритроцитов меняются, что стимулирует транспортную функцию эритроцитов и циркуляцию крови.

Литература:

1. Бусловская Л.К., Беляева Е.Ю. Адаптационные реакции и биохимические параметры крови кур при разных световых режимах // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2012. Т. 21. № 21-1 (140). С. 143-148.

2. Электрохимическое взаимодействие эритроцитов с платиновым электродом при различных потенциалах поляризации. И.В. Горончаровская, А.Т. Дзгоева, Т.Г. Царькова // Успехи в химии и химической технологии. 2015. № 3 (162). С. 32-34.

3. Морфологические особенности эритроцитов у детей с острым аппендицитом. А.Е. Лысов, Т.В. Павлова // Фундаментальные исследования. 2013. № 9-1. С. 70-73.

4. Соколова И.А. Агрегация эритроцитов // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2012. Т. 9. № 4. С. 4-26.

5. Изменение структурно-функциональных параметров эритроцитов при проведении анестезии различными анестетиками в абдоминальной хирургии. С.А. Точило, А.Л. Липницкий, Н.В. Акулич, А.В. Марочков // Вестник анестезиологии и реаниматологии. 2012. Т. 9. № 6. С. 12-18.

6. Тукин В.Н., Фёдорова М.З. Возрастные изменения биохимических показателей крови и их взаимосвязь с жёсткостью мембран гематоцитов у здоровых мужчин и женщин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. 2012. № 3 (122). С. 155-160.

7. Bondar O.V., Saifullina D.V., Shakhmaeva I.I., Mavlyutova I.I., Abdullin T.I. Monitoring of the zeta potential of human cells upon reduction in their viability and interaction with polymers // Acta Naturae. 2012. №1 (12). P. 80-83.

8. Lei J., Karniadakis G.E. Probing vaso-occlusion phenomena in sickle cell anemia via mesoscopic simulations // Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America. 2013. P. 11326-11330.

9. Lutsenko M.T., Andrievskaja I.A., Ishutina N.A. Morphology and functions of erythrocyte membranes in pregnant women after exacerbation of herpesvirus infection // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2013. № 1 (154). P. 112-114.

10. Neu B. Depletion-mediated red blood cell aggregation in polymer solutions. // Biophys. J. 2002. № 83 (5). P. 2482-2490.

11. Moradi A.R., Daneshpanah M. Detection of Calcium-Induced Morphological Changes of Living Cells Using Optical

Traps // IEEE Photonics Journal. 2010. № 2. P. 775-783.

12. Starostova Z., Kubicka L., Konarzewski M., Kozlowski J., Kratochvil L. Cell Size but Not Genome Size Affects Scaling of Metabolic Rate in Eyelid Geckos // American naturalist. 2009. №3 (174). P. 100-105.

13. Renaudeau D., Collin A., Yahav S. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production // Animal. 2012. № 6. P. 707-728.

14. Xiong W., Zhang J. Two-dimensional lattice Boltzmann study of red blood cell motion through microvascular bifurcation: cell deformability and suspending viscosity effects // Biomechanics and modeling in mechanobiology. 2012. № 11. P. 575-583.

15. Zuk A., Targosz-Korecka M., Szymon-ski M. Effect of selected drugs used in asthma treatment on morphology and elastic properties of red blood cells // International journal of nanomedicine. 2011. № 6. P. 249-257.

Для контакта с авторами:

Бусловская Людмила Константиновна
Ковтуненко Алексей Юрьевич
Рыжкова Юлия Петровна
тел.: 8 (905) 678-90-39
e-mail: ryzhkova@bsu.edu.ru

Бактерицид, Брокарсепт и Лактосепт

Препараты пролонгированного действия. Применяют для дезинфекции инкубационных, пищевых яиц, инкубаторов, аэрозольной дезинфекции в присутствии птицы птичников, корма, воды и поилок. Эффективны для профилактики и лечения бактериальных и вирусных болезней (сальмонеллёза, эшерихиоза, микоплазмоза, кандидомикоза, ИЛТ, ИБ и др.). В мясе птицы препараты не накапливаются.

Можно заказать по тел.: 8 (968) 262-54-75 или по e-mail: alla_2003@list.ru

Николаенко Василий Павлович — профессор, заслуженный ветеринарный врач РФ.

