



## ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СООТНОШЕНИЕ ОБЩИХ ЛИПИДОВ В НАЧАЛЬНОМ И СРЕДИННОМ ПЕРИОДАХ ПРЕНАТАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Е. А. КОЛЕСНИК,

кандидат биологических наук, научный сотрудник,

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены  
и экологии, Уральский филиал

(454106, Челябинск, Свердловский тр., д. 18а; тел.: 879525283329; e-mail: evgeniy251082@mail.ru)

**Ключевые слова:** липиды, яйца бройлерных цыплят, факторный и корреляционный анализ пула липидов яйца птицы, пренатальный онтогенез, фосфолипиды.

Определено содержание общих липидов методом тонкослойной хроматографии, охарактеризованы посредством факторного и корреляционного анализа их метаболические взаимосвязи в процессе пренатального онтогенеза кур (Е0, Е10) на модели – инкубационном яйце бройлерных цыплят. В пуле липидов инкубационного яйца на начальном (Е0) и срединном (Е10) периодах эмбриогенеза преобладают холестерол и триглицериды. Были охарактеризованы два основных направления сопряженного функционирования жировых компонентов в ходе эмбриогенеза бройлерной птицы. Так, в липидном пуле яйца бройлеров до инкубации (Е0) первый фактор – комплекс неэтерифицированного холестерола, жирных кислот и триглицеридов; второй – эфиры холестерола и фосфолипиды. Первый фактор характеризует значительные роли в метаболизме в этот период онтогенеза свободных жирных кислот с неэтерифицированным холестеролом ( $r = 0,94$ ,  $p < 0,001$ ) и триацилглицеридов (ТГ с НЭЖК  $r = 0,80$ ,  $p < 0,01$  и ТГ с НЭХС  $r = 0,70$ ,  $p < 0,05$ ), которые являются системообразующими с перекрестными взаимосвязями элементов первого фактора. Это объясняет каскадно нарастающие энергетические потребности в развитии эмбриона и их удовлетворение за счет триглицеридов и неэтерифицированных жирных кислот. По второму фактору главная компонента характеризует превалирование этерифицированного холестерола пула общего стерина в липидном обмене на данном периоде эмбриогенеза. В середине пренатального развития цыплят (Е10) первый фактор состоит из связанного стерина и свободных форм стерина и жирных кислот; второй – комплекса триацилглицеридов с фосфолипидами. Фосфолипиды в Е0 фактически связаны в липопротеинах с этерифицированным стеринном. В Е10 происходят наиболее активные процессы развития зародышей бройлерных кур, что отражается в обменной дискретности фосфатидов и триглицеридов. Фосфолипиды выполняют связующие роли метаболитов в цепи обмена липидов и белков и в то же время обеспечивают физико-химическое постоянство клеточной микросреды на молекулярно-мембранном уровне.

## PHYSIOLOGICAL RELATION OF TOTAL LIPIDS IN THE INITIAL AND THE MIDDLE PERIODS OF PRENATAL DEVELOPMENT OF CHICKEN-BROILERS

Е. А. KOLESNIK,

candidate of biological sciences, research worker, All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation,  
Hygiene and Ecology, Ural Branch

(18a Sverdlovsk tr. Str., 454106, Chelyabinsk; tel.: 879525283329; e-mail: evgeniy251082@mail.ru)

**Keywords:** lipids, eggs of chicken-broilers, factor's and correlation analysis of pool lipid of bird eggs, ontogenesis of the prenatal, phospholipids.

It has been determined the content of total lipids by the method thin layer chromatography and identified by means of the correlation and factor analysis their metabolic interaction in the process of prenatal ontogenesis chickens (E0, E10) on a model – eggs hatching of broiler chickens. In the pool of lipids at the beginning of period incubation eggs (E0) and median period (E10) in during embryogenesis dominated cholesterol and triglycerides. It has been characterized two main areas of functioning of conjugated fatty components during embryogenesis broiler birds. Thus, in the lipid pool broiler eggs before incubation (E0) a first factor – complex of unesterified cholesterol, fatty acids and triglycerides; second – cholesterol esters and phospholipids. The first factor is characterized by a significant role in the metabolism in this period of ontogenesis – free fatty acids with unesterified cholesterol ( $r = 0.94$ ,  $p < 0.001$ ) and triacylglycerols (TAG with UFA  $r = 0.80$ ,  $p < 0.01$  and TAG with UCE  $r = 0.70$ ,  $p < 0.05$ ) which are the systemic interconnections with crossed elements of the first factor. This explains cascaded the growing energy needs of the the development of the embryo, and their satisfaction at the expense of triglycerides and fatty acids. On the second factor – the main component characterizes the prevalence of esterified cholesterol pool in the total sterol lipid metabolism in this period of embryogenesis. In the middle of the prenatal development of chickens (E10), the first factor is composed of esterified and free forms sterol and fatty acids; second – a complex phospholipids with triacylglycerols. Phospholipids in E0 in lipoprotein effectively connected with esterified sterol. In E10 seems to occur most active processes of embryonic development of broiler chicken, which affects the exchange discreteness of phosphatides and triglycerides. Phospholipids operate as binder in the chain metabolites of lipids and proteins at the same time provide a physical and chemical stability of cellular microenvironment at the molecular and the membrane level.

Положительная рецензия представлена М. А. Дерхо, доктором биологических наук,  
профессором, заведующей кафедрой органической, биологической и физколлоидной химии  
Южно-Уральского государственного аграрного университета.



Как известно, развитие организма происходит согласно генотипу, при этом в основе формирования онтогенетических функций реализуются качественные взаимодействия структурных метаболитов. В связи с этим взаимно сопряженные структурно-функциональные изменения компонентов обмена возможно наблюдать в эмбриогенезе птиц, и биологической моделью в этом плане выступает инкубационное яйцо кур [12, 15–17]. Факторный анализ совместно с корреляционным анализом концентраций биохимических веществ в инкубационном яйце кур позволяет обнаружить взаимосвязи элементов обмена веществ в пренатальном онтогенезе птиц [8]. Жировой метаболизм является высокоактивным и функционально напряженным в эмбриональном росте и развитии пернатых, определяет критические стадии ювенального онтогенеза птиц [2–5]. В то же время имеется мало данных об особенностях изменения жирового состава, соотношения липидных метаболитов в эмбрионах бройлерных цыплят в процессе развития.

**Цель и методика исследований.** В связи с этим целью нашей работы было изучение содержания общих липидов в инкубационном яйце, выявление и характеристика взаимосвязей липидных метаболитов в начальном и срединном периодах эмбриогенеза бройлерных цыплят.

Материал исследований – цельное желточное содержимое куриного яйца (желток яйца) кросса ISA-15 Hubbard F 15, перед закладкой на инкубацию – E0 (n = 10) (Embrionic «0», пренатальный период онтогенеза до инкубации) и в 10-е сутки инкубации – E10 (n = 10) (Embrionic «10», пренатальный период онтогенеза, равный середине инкубации). Подготовка проб состояла в гомогенизации цельного содержимого желтка и тканей эмбриона. В гомогенате желтка яйца и эмбриональных тканей методом тонкослойной хроматографии на пластинах Silufol (Kavalier, Чехия) [6, 11] определяли: общие липиды (ОХС), г/л, фосфолипиды (ФЛ), общий холестерол

(ОХС), неэтерифицированный холестерол (НЭХС), этерифицированный холестерол (ЭХС), триглицериды (ТГ) и неэтерифицированные жирные кислоты (НЭЖК) – в ммоль/л.

Процесс инкубации соответствовал рекомендациям ISA. [7]. Для идентификации латентных взаимосвязей липидов в пренатальном онтогенезе бройлерных цыплят были выполнены факторный анализ [10] и корреляционный анализ по Пирсону [10] нормально распределенных в исследуемой выборке концентраций искомым жировых метаболитов желтка и эмбриональных тканей куриного яйца с использованием профессионального пакета программ «STATISTICA, version 8.0» (2007 г.) [10].

Степень и достоверность различий для полученных результатов вычисляли с помощью параметрического t-критерия Стьюдента в программе «STATISTICA, version 8.0» (2007 г.) [10]. Уровень значимости различия значений был принят равным 0,05 [10].

**Результаты исследований.** В пуле липидов инкубационного яйца на начальном (E0) и срединном (E10) периодах эмбриогенеза эфиры холестерола (ЭХС), неэтерифицированные стерин (НЭХС) и жирные кислоты (НЭЖК) занимают примерно равное ведущее положение, а фосфолипиды (ФЛ) имеют наименьшие концентрации (табл. 1).

Общий холестерол (ОХС) и нейтральные жиры (ТГ) образуют основу жирового метаболизма в ходе пренатального онтогенеза бройлерных цыплят (табл. 1). Факторным анализом в совокупности с корреляционным анализом распределения жировых компонентов в начальном и срединном периодах эмбриогенеза птицы было выявлено две функциональных группы липидов, в каждой из которых имеют ведущее значение ряд главных компонент – метаболитов (табл. 2, рис. 1 а, б). Так, в жировом пуле яйца бройлеров E0 в первом факторе ведущими компонентами выступают комплекс неэтерифицированного холестерола (НЭХС) ( $r = 0,81, p < 0,01$ ), жирных

Таблица 1  
**Соотношения концентраций липидов по периодам пренатального онтогенеза цыплят-бройлеров (n = 10), M ± m**

Показатель	Период эмбриогенеза	
	E0	E10
Общие липиды, г/л	12,80 ± 0,90	13,7 ± 0,30
Фосфолипиды, ммоль/л	3,30 ± 0,25	3,76 ± 0,26
Общий холестерол, ммоль/л	9,05 ± 0,56	10,31 ± 0,53*
Неэтерифицированный холестерол, ммоль/л	4,61 ± 0,40	4,18 ± 0,20
Этерифицированный холестерол, ммоль/л	5,02 ± 0,47	6,13 ± 0,45
Триглицериды, ммоль/л	8,24 ± 0,65	8,79 ± 0,18
Неэтерифицированные жирные кислоты, ммоль/л	4,41 ± 0,58	4,31 ± 0,19

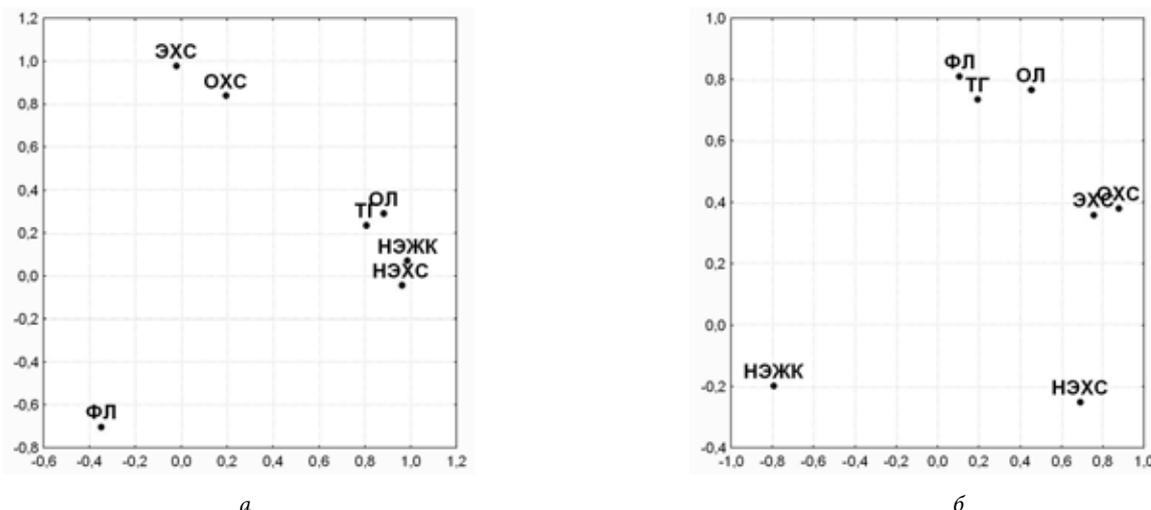
Примечание: \*  $p < 0,05$ .



Таблица 2  
Факторные нагрузки – корреляции между липидами (переменными) и выделенными факторами (главными компонентами)

Показатель	Период эмбриогенеза			
	Е0		Е10	
	Фактор I	Фактор II	Фактор I	Фактор II
Общие липиды	0,88 <sup>a</sup>	0,29	0,45	0,77 <sup>a</sup>
Фосфолипиды	-0,5	-0,70 <sup>a</sup>	0,11	0,81 <sup>a</sup>
Общий холестерол	0,19	0,84 <sup>a</sup>	0,88 <sup>a</sup>	0,38
Неэтерифицированный холестерол	0,96 <sup>a</sup>	-0,04	0,69	-0,25
Этерифицированный холестерол	-0,02	0,98 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>	0,36
Триглицериды	0,81 <sup>a</sup>	0,24	0,19	0,74 <sup>a</sup>
Неэтерифицированные жирные кислоты	0,98 <sup>a</sup>	0,07	-0,80 <sup>a</sup>	-0,20

Примечание: вращение факторов: варимакс; метод выделения факторов: главные компоненты; а – выявленные главные компоненты и их абсолютный уровень значимости в каждом идентифицированном факторе.



а

б

Рис. 1. Двумерный график факторных нагрузок первой и второй главных компонент липидного пула в пренатальном онтогенезе бройлерных цыплят: а – до инкубации (Е0); б – середина инкубации (Е10). Вращение факторов: варимакс; метод выделения факторов: главные компоненты. По оси абсцисс – значения первого фактора, по оси ординат – значения второго фактора. Точками отмечены главные компоненты липидного пула: ОЛ – общие липиды, ФЛ – фосфолипиды, ОХС – общий холестерол, НЭХС – неэтерифицированный холестерол, ЭХС – этерифицированный холестерол, ТГ – триглицериды, НЭЖК – неэтерифицированные жирные кислоты

кислот ( $r = 0,94$ ,  $p < 0,001$ ) и триацилглицериды (ТГ) ( $r = 0,70$ ,  $p < 0,05$ ) (табл. 2, рис. 1 а); во втором факторе – эфиры холестерина и фосфолипиды ( $r = -0,63$ ,  $p < 0,05$ ) (табл. 2, рис. 1 а). В Е10 цыплят первый фактор включает в составе главных компонент связан- ный стерин (ЭХС) ( $r = 0,80$ ,  $p < 0,01$ ) и свободные формы стерина (НЭХС) и жирных кислот ( $r = 0,85$ ,  $p < 0,01$ ) (табл. 2, рис. 1 б); второй фактор – комплекс триглицеридов с фосфолипидами ( $r = 0,64$ ,  $p < 0,05$ ) (табл. 2, рис. 1 б).

### Литература

1. Климов А. Н., Никульчева Н. Г. Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения. СПб. : Питер Ком, 1999.
2. Колесник Е. А., Дерхо М. А. Оценка сохранности и жизнеспособности цыплят по фосфолипидному профилю крови // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 6. С. 89–93.
3. Колесник Е. А., Дерхо М. А. Оценка интенсивности обмена веществ и прироста массы тела у цыплят-бройлеров по липопротеиновому индексу // Ветеринария. 2014. № 7. С. 47–51.
4. Колесник Е. А. Возрастная динамика холестерина в обмене веществ бройлерных цыплят // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. 2014. № 7. С. 12–15.
5. Колесник Е. А., Дерхо М. А. О кластерной системе фосфолипидов в онтогенезе бройлерных цыплят // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 2. С. 217–224.
6. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики : справочник / под ред. И. П. Кондрахина. М. : КолосС, 2004.
7. Руководство по выращиванию бройлеров Hubbard ISA. Hendrix Genetics Inc., 2012. URL : <http://hubbardbreeders.com>.
8. Самотаев А. А., Фенченко Н. Г., Сиразетдинов Ф. Х. Алгоритм анализа большой системы показателей биологических объектов. Уфа : Диалог, 2009.



9. Хочачка П., Сомеро Дж. Биохимические адаптации: механизмы и процессы в физиологической эволюции. Оксфорд, 2002.
10. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных : учебник. 3-е изд. М. : ООО «Бином-Пресс», 2007.
11. Шаршунова М., Шварц В., Михалец С. Тонкослойная хроматография в фармации и клинической биохимии / под ред. В. Г. Березкина, С. Д. Соколова. М., 1980. Т. 1.
12. Оливейра Ю. И. де, Уни З., Феркет П. Р. Важные метаболические пути в эмбрионах птицы в инкубационном периоде // Всемирный журнал птицеводческой науки. 2008. Т. 64. С. 488–499.
13. Нобле Р. С., Гуччи М. Липидный метаболизм цыплят после вылупления // Прогресс в исследовании липидов. 1990. № 29. С. 107–140.
14. Нельсон Д. Л., Кокс М. М. Основные принципы биохимии. 4-е изд. 2004.
15. Пауэлл К. А., Диенс Е. А., Спик В. К. Этерификация жирных кислот в мембране желточного мешка эмбрионов птиц // Журнал сравнительной физиологии. 2004. № 174. С. 163–168.
16. Спик В. К., Нобле Р. С., Мюррей А. М. В. Усвоение липидов желтка куриным эмбрионом // Всемирный журнал птицеводческой науки. 1998. № 54. С. 319–334.
17. Уни З., Феркет П. Р., Тако Е., Кедар О. Улучшение энергетического статуса длительно инкубированных куриных эмбрионов // Птицеводческая наука. 2005. № 84. С. 764–770.

### References

1. Klimov A. N., Nikul'cheva N. G. Lipid and lipoprotein metabolism and its disorders. SPb., 1999.
2. Kolesnik E. A., Derkho M. A. Estimation of survival and viability in chickens based on blood phospholipid patterns // *Agricultural Biology*. 2013. № 6. P. 89–93.
3. Kolesnik E. A., Derho M. A. Estimation of intensity of metabolism and body weight gain in broiler chickens by lipoprotein index // *Veterinary*. 2014. № 7. P. 47–51.
4. Kolesnik E. A. Age dynamics of cholesterol in broiler chickens' metabolism // *The Bulletin of Saratov State Agrarian University of N. I. Vavilov*. 2014. № 7. P. 12–15.
5. Kolesnik E. A., Derho M. A. About cluster system of phospholipids in ontogenesis of broiler chickens // *Agricultural Biology*. 2015. Vol. 50. № 2. P. 217–224.
6. *Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics : handbook* / ed. by I. P. Kondrahin. M., 2004.
7. Hubbard ISA broiler breeding: manual guide. Hendrix Genetics Inc., 2012. URL : <http://hubbardbreeders.com>.
8. Samotaev A. A., Fenchenko N. G., Sirazetdinov F. H. Algorithm analysis of a large system of indicators of biological objects. Ufa, 2009.
9. Hochachka P., Somero G. Biochemical adaptation: mechanism and process in physiological evolution. Oxford, 2002.
10. Khalafyan A. A. STATISTICA 6. Statistical analysis. M., 2007.
11. Sharshunova M., Shvarts V., Mikhalets S. Thin layer chromatography in pharmacy and clinical biochemistry / ed. by V. G. Berezkin, S. D. Sokolov. M., 1980. Vol. 1.
12. De Oliveira J. I., Uni Z., Ferket P. R. Important metabolic pathways in poultry embryos prior to hatch // *World's Poultry Science Journal*. 2008. Vol. 64. P. 488–499.
13. Noble R. S., Gocchi M. Lipid metabolism and neonatal chicken // *Progress in lipid research*. 1990. № 29. P. 107–140.
14. Nelson D. L., Cox M. M. *Main Principles of Biochemistry*. 4<sup>th</sup> ed. 2004.
15. Powell K. A., Deans E. A., Speake B. K. Fatty acid esterification in the yolk sac membrane of the avian embryo // *Journal of Comparative Physiology*. 2004. № 174. P. 163–168.
16. Speake V. K., Noble R. S., Murray A. M. V. The utilization of yolk lipids by the chick embryo // *World's Poultry Science Journal*. 1998. № 54. P. 319–334.
17. Uni Z., Ferket P. R., Tako E., Kedar O. Improving the energy status of a long-incubated chicken embryos // *Poultry Science*. 2005. № 84. P. 764–770.