

УДК 591.1:577.12.056.017.64:636.52

АЛГОРИТМ АНАЛИЗА СИСТЕМООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ФАКТОРНОЙ МОДЕЛИ ГУМОРАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ МЕТАБОЛИЗМА БРОЙЛЕРНЫХ КУР

Е.А. Колесник

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

В работе представлен алгоритм применения факторного анализа и корреляционного анализа по Пирсону величин белковых и жировых метаболитов для идентификации и интерпретации возможных системообразующих элементов обмена веществ у бройлерных кур *Gallus gallus* L. раннего онтогенеза (n=10 в каждой группе, с соответствующим возрастом – P1, P7, P23, P42 суток постнатального онтогенеза) в технологических факторах жизнедеятельности. Так, в возрасте P7: системообразующим элементом (главным компонентом) был установлен общий холестерин (ОХС) (факторная нагрузка (F. L.): - 0,89) который синхронно коррелировал (r-Pearson) с главными компонентами – общим белком (ОБ) $r = - 0,67$, $p < 0,05$ (F. L.: 0,77) и неэтерифицированными жирными кислотами (НЭЖК) $r = - 0,65$, $p < 0,05$ (F. L.: 0,88). В P23: системообразующий элемент мочевины (F. L.: 0,95) коррелировала с главными компонентами – НЭЖК $r = 0,68$, $p < 0,05$ (F. L.: 0,84) и триглицеридами (ТГ) $r = 0,79$, $p < 0,01$ (F. L.: 0,79). В P42: системообразующим элементом были определены НЭЖК (F. L.: 0,91) которые коррелировали с главными компонентами – ОХС $r = 0,80$, $p < 0,01$ (F. L.: 0,87) и ТГ $r = 0,74$, $p < 0,05$ (F. L.: 0,84). Обозначена стратегия адаптационного гомеостаза цыплят-бройлеров в относительно искусственных условиях жизнедеятельности, в основе которой, отмечены приспособительные процессы метаболизма и как следствие внутренней среды организма птицы.

Ключевые слова: метаболизм, функциональная система, адаптационный гомеостазис, факторный анализ, корреляционный анализ, бройлерные цыплята.

Введение. Куры бройлеры *Gallus gallus* L. являются валидным и репрезентативным объектом в биологии развития (Колесник, Дерхо, 2015а, б; Колесник, 2016; Scanes, 2011).

Относительно искусственные условия существования индуцируют приспособительные процессы у данных индивидов на всех уровнях организации от клеточного, тканевого и органного до системного (Scanes, 2011; Kolesnik, Derkho, 2016).

Технологические факторы окружающей среды и генетически закреплённый форсированный обмен веществ и энергии у бройлерной птицы (Scanes, 2011) позволяют моделировать и вычлнять качественные элементы равновесия роста и развития, в результате балансового взаимодействия селективного воздействия на генотип кур и естественно приобретённых анатомо-физиологических свойств, обуславливающие жизнеспособность индивида.

Так, Северцов (1939), филогенетически обобщая функции органов в качестве средств сохранения и выживания видов в их борьбе за существование, отмечал: – «Изменяющиеся органы являются лишь орудиями, благодаря которым у потомков данной формы образуются биологически важные активные или пассивные приспособления» (Северцов, 1939 из Анохин, 1978, с. 126).

Консолидацию поэтапных процессов формирования и активности организма П.К. Анохин объяснял деятельностью «функциональных систем» которые он характеризовал следующим образом: – «частные физиологические процессы при выполнении каких-либо приспособительных функций организма образуют единое целое, обладающее своеобразием связей, отношений и взаимных влияний именно в тот момент, когда все эти части организма мобилизованы на выполнение функции» (Анохин, 1978, с. 127). То есть, функциональные системы, в совокупности, направлены на снижение степеней свободы составляющих меру энтропии в структуре организма (Анохин, 1978; Ильин, 2010), обеспечивая в итоге онтогенетические адаптации (Малов, 2007). При этом реализация системных функций осуществляется циклично (Колесник, Дерхо, 2015а, б). Так, по Анохину (1978), главным системообразующим элементом общей функциональной системы организма является акцептор результата действия.

Приспособительные процессы наиболее выражены на переходных этапах онтогенеза циклическими колебаниями состояний морфофункциональных систем в критических стадиях развития организма (Казначеев, 1973; Малов, 2007; Лазько и др., 2012; Kolesnik, Derkho, 2016). Исходя из теории функциональных систем, сам гомеостазис как баланс (Казначеев, 1973; Колесник, Дерхо, 2015а, б) или оптимум морфофункционального состояния (Лазько и др., 2012) основывается на цели биологической системы в сохранении жизнедеятельности и адаптации (Анохин, 1978; Кулаев, 2006; Малов, 2007), резервах поддержания и регуляции равновесия (Ильин, 2010; Kolesnik, Derkho, 2016), а как следствие, взаимно определяет устойчивость к непрерывному воздействию факторов внешней и внутренней среды.

Акцентируя, отметим, критические стадии характеризуются

циклическостью, отражают изменения морфофункционального состояния организма, в информационных потоках материи и её энергии составляют цепь энтропийных факторов внутренней среды, фактически являющихся пусковыми звеньями адаптационных процессов с переходом в неэнтропийное состояние информации при достижении постадаптационных стадий, стадий стабилизации процессов роста и развития в организме, в период прохождения переходных этапов онтогенеза от их начала до завершения (Казначеев, 1973; Малов, 2007; Колесник, Дерхо, 2015а, б, Колесник, Дерхо, 2016). Данные процессы имеют своё материальное и энергетическое выражение энтропийно-неэнтропийных информационных потоков в циклических колебаниях метаболитов обмена веществ (Малов, 2007; Ильин, 2010; Лазько и др., 2012).

Таким образом в основе самого гомеостаза, как главного акцептора результата действия совокупных функциональных систем организма, лежат циклические морфофункциональные колебания с метаболитными системообразующими элементами внутренней среды, выражающимися на организменном уровне критическими стадиями в переходных этапах развития – как триггерными сигналами к приспособительным процессам в интегральном цикле адаптационного гомеостаза при постоянном воздействии экзогенных и эндогенных факторов среды. В связи с этим, целью работы явилась апробация совокупного факторного и корреляционного анализа в идентификации и интерпретации возможных системообразующих элементов гуморальной регуляции метаболизма бройлерных кур раннего онтогенеза в технологических условиях среды жизнедеятельности.

Методика. Исходные данные получены результатом комплексных опытов 2010–2015 гг. с бройлерными курами *G. gallus* кросса Hubbard F15 в условиях птицефабрики (ООО «Чебаркульская птицефабрика» Челябинской области). В цехе выращивания (клеточное содержание), согласно принципу сбалансированных групп, сформировывали четыре группы (n=10 в каждой группе, с соответствующим возрастом – P1, P7, P23, P42 суток постнатального онтогенеза). Кормление и содержание подопытных цыплят-бройлеров осуществляли в соответствии с зоогигиеническими нормами.

Материалом исследований служила кровь, которую получали путём декапитации птицы в P1- и P7 возрасте с соблюдением принципов гуманности, изложенных в директивах Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) и Хельсинкской декларации, и прижизненно, пункцией вакуумным методом подкрыльцовой вены у цыплят P23- и P42. В сыворотке крови определяли: неэтерифицированные жирные кислоты (НЭЖК), общий холестерин (ОХС), триглицериды (ТГ) – методом тонкослойной хроматографии, общий белок (ОБ) –

рефрактометрически, мочевины по цветной реакции с диацетилмонооксимом (Kolesnik, Derkho, 2016). Были выполнены: факторный анализ и корреляционный анализ по Пирсону (r -Pearson) нормально распределенных в исследуемой выборке величин биохимических параметров с использованием программы Statistica, version 8.0. Выделение факторов производили методом Главных компонент, метод вращения факторов – «Варимакс» (Колпаков, 2008; Самотаев и др., 2009; Schneeweiss, Mathes, 1995). Степень и достоверность различий для полученных результатов вычисляли с помощью параметрического t -критерия Стьюдента в программе Statistica, version 8.0. Уровень значимости различия значений был принят равным 0,05.

Результаты и обсуждение. Согласно актуальным представлениям, Torres and Santos (2015) отмечают, что изучение биологического объекта и его процессов посредством математической модели как абстрактного информационного конструкта в контексте системной биологии включает выполнение трёх этапов: 1. Концептуализация биологической системы в модели; 2. Математическая формализация предыдущей концептуальной модели; 3. Оптимизация системы управления и анализ полученной математической модели с прогнозированием её развития.

Характеризуя три этапа математической биологической модели, можно отметить, что первый этап – это, в целом, гипотеза (Самотаев и др., 2009; Schneeweiss, Mathes, 1995; Torres, Santos, 2015). Было показано, что техногенные условия жизнедеятельности индуцируют развитие адаптационных реакций в регуляции обмена веществ у цыплят (Колесник, Дерхо, 2015а, б). При этом, на втором этапе, собственно процедура реализации многомерных математических методов по данным Müller and Regensburger (2016) позволяет определять и воспроизводить алгоритм анализа метаболических путей, звеньев метаболизма и синтетических направлений реакций обмена. В частности, элементы липидного обмена, в том числе, такие, как жирные кислоты, взаимодействуют с ядерными рецепторами, приводя к изменению транскрипционной активности, экспрессии мРНК – генов-мишеней и, следовательно, изменяют активность и соотношения функций обмена веществ. Их величины могут быть применены для мониторинга функциональных изменений обмена веществ и физиологических эффектов в переходных периодах онтогенеза (Akbar et al., 2013). Комплексная реализация данного алгоритма системного анализа регуляции метаболизма осуществляется на третьем этапе. В совокупности с результатами факторного анализа корреляционный анализ может выявлять системообразующие элементы в идентифицированном латентном факторе (Колесник, Дерхо, 2015а;

Virtanen et al., 2012).

По нашим данным, в возрасте P7: в первом факторе системообразующим элементом (главным компонентом) явился ОХС (факторная нагрузка (F. L.): - 0,89) который синхронно коррелировал (r-Pearson) с главными компонентами – ОБ $r = - 0,67$, $p < 0,05$ (F. L.: 0,77) и НЭЖК $r = - 0,65$, $p < 0,05$ (F. L.: 0,88). В возрастном периоде P23: в третьем факторе системообразующий элемент (главный компонент) мочевины (F. L.: 0,95) коррелировала с главными компонентами – НЭЖК $r = 0,68$, $p < 0,05$ (F. L.: 0,84) и ТГ $r = 0,79$, $p < 0,01$ (F. L.: 0,79). В возрасте P42: в первом факторе системообразующим элементом (главным компонентом) были определены НЭЖК (F. L.: 0,91) которые коррелировали с главными компонентами – ОХС $r = 0,80$, $p < 0,01$ (F. L.: 0,87) и ТГ $r = 0,74$, $p < 0,05$ (F. L.: 0,84).

Заключение. В результате разработанной поэтапной схемы совокупного факторного и корреляционного анализа компонентов белкового и липидного метаболизма были определены системообразующие элементы обмена веществ в раннем онтогенезе цыплят-бройлеров. Выявленные метаболитные соотношения характеризуют развитие адаптационной стратегии обмена веществ у бройлерных кур в технологических условиях жизнедеятельности.

Полученные сведения по ключевым звеньям и структуры взаимосвязей компонентов обмена веществ в раннем онтогенезе цыплят-бройлеров можно использовать для разработки эффективных схем применения в ветеринарной медицине фармакологических препаратов различного назначения, а также биологически активных добавок. Актуальными остаются вопросы применения математического аппарата вариационной статистики для фактической идентификации и интерпретации процессов адаптогенеза животного организма в относительно искусственных управляемых условиях жизнедеятельности.

Список литературы

- Анохин П.К.* 1978. Философские аспекты теории функциональной системы : избр. тр. / отв. ред. Ф.В. Константинов, Б.Ф. Ломов, В.Б. Швырков; АН СССР, Ин-т психологии. М.: Наука. 399 с.
- Ильин Ю.М.* 2010. Метаболизм и метаболиты живых систем. Теоретические проблемы экологии и эволюции. Теория ареалов: виды, сообщества, экосистемы (V Люблинские чтения) / под ред. Г.С. Розенберга и С.В. Саксонова. Тольятти: ИЭВБ РАН. С. 52-57.
- Казначеев В.П.* 1973. Биосистема и адаптация // Доклад на II сессии Научного совета АН СССР по проблемам прикладной физиологии человека.

- Новосибирск: Редакционно-издательский Совет Сибирского филиала Академии медицинских наук СССР. 75 с.
- Колесник Е.А., Дерхо М.А.* 2015. Комплексная оценка роли гормональных и метаболических факторов в процессах роста и развития у цыплят-бройлеров // Проблемы биологии продуктивных животных. № 4. С. 72-81.
- Колесник Е.А., Дерхо М.А.* 2015. О кластерной системе фосфолипидов в онтогенезе бройлерных цыплят // Сельскохозяйственная биология. Т. 50. № 2. С. 217-224 (doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.217rus, doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.217eng).
- Колесник Е.А.* 2016. Физиологическое соотношение общих липидов в начальном и срединном периодах пренатального развития цыплят-бройлеров // Аграрный вестник Урала. № 01 (143). С. 11-14.
- Колесник Е.А., Дерхо М.А.* 2016. К вопросу об адаптационном гомеостазе животных в модели организма бройлерных кур в технологической среде жизнедеятельности // АПК России. Т. 23. № 5. С. 1011-1015.
- Колпаков С.Л.* 2008. Методология факторного анализа как ведущего элемента системного анализа в эпидемиологии // Информатика и системы управления. № 2 (16). С. 31-33.
- Кулаев Б.С.* 2006. Эволюция гомеостаза в биологическом пространстве – времени / отв. ред. Л.М. Чайлахян. М.: Научный мир. 232 с.
- Лазько А.Е., Лазько М.В., Ярошинская А.П., Овсянникова О.А., Осипенко М.Д., Карпеева Д.В.* 2012. Использование структурно-системного анализа в биологии // Астраханский медицинский журнал. Т. 7. № 4. С. 163-165.
- Малов Ю.С.* 2007. Гомеостаз – основное свойство живого организма // Медицина XXI век. № 5 (6). С. 74-81.
- Самотаев А.А., Фенченко Н.Г., Сиразетдинов Ф.Х.* 2009. Алгоритм анализа большой системы показателей биологических объектов. Уфа: Диалог. 160 с.
- Akbar H., Schmitt E., Ballou M.A., Corrêa M.N., DePeters E.J., Looor J.J.* 2013. Dietary lipid during late-pregnancy and early-lactation to manipulate metabolic and inflammatory gene network expression in dairy cattle liver with a focus on PPARs // Gene Regulation and Systems Biology. № 7. P. 103-123 (doi: 10.4137/GRSB.S12005).
- Kolesnik E. A., Derkho M. A.* 2016. Clinical diagnostics of adaptive resources of the broiler chicks' organism // Indian Journal of Science and Technology. Vol. 9 (29). P. 1-7 (doi: 10.17485/ijst/2016/v9i29/89335).
- Müller S., Regensburger G.* 2016. Elementary vectors and conformal sums in polyhedral geometry and their relevance for metabolic pathway analysis // Front. Genet. № 7 (90). P. 1-19 (doi:10.3389/fgene.2016.00090).
- Scanes C.G.* 2011. Hormones and Metabolism in Poultry. In: Scanes C.G. Update on Mechanisms of Hormone Action – Focus on Metabolism, Growth and Reproduction. Publisher InTech. P. 111-132.
- Schneeweiss H., Mathes H.* 1995. Factor analysis and principal components // Journal of Multivariate analysis. № 55. P. 105-124.
- Torres N.V., Santos G.* 2015. The (Mathematical) Modeling Process in Biosciences

// Front. Genet. № 6 (354). P. 1-9 (doi: 10.3389/fgene.2015.00354).
Virtanen S., Klami A., Khan S.A., Kaski S. 2012. Bayesian group factor analysis // 15th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS), La Palma, Canary Islands. Volume XX of JMLR: W&CP XX. P. 1269-1277 (arXiv:1110.3204v1 [stat.ML] 14 Oct 2011).

ALGORITHM OF THE ANALYSIS OF ELEMENTS CONSTITUTING THE FACTOR MODEL OF THE HUMORAL REGULATION OF THE METABOLISM IN BROILER CHICKEN

E.A. Kolesnik

All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology,
Ural Branch, Chelyabinsk

We describe the algorithm of the analysis of elements constituting the factor model of the humoral regulation of the metabolism in broiler chicken. Factor analysis and Pearson correlation analysis were applied to the values of protein and lipid metabolites of young chicken. The strategy of adaptive homeostasis of broiler chickens in artificial conditions is based on the adaptive metabolic processes and related to the internal environment of the poultry organism.

Keywords: *metabolism, functional system, adaptations homeostasis, factor analysis, Pearson correlation analysis, broiler chicken.*

Об авторе:

КОЛЕСНИК Евгений Анатольевич – кандидат биологических наук, научный сотрудник Уральского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт Ветеринарной санитарии, гигиены и экологии», 454106, Челябинск, ул. Свердловский тракт, д. 18«А», e-mail: evgeniy251082@mail.ru

Колесник Е.А. Алгоритм системообразующих элементов факторной модели гуморальной регуляции метаболизма бройлерных кур / Е.А. Колесник // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2017. № 1. С. 69-75.