

УДК 636.5.033:577.121:591.3:573.22

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РОЛИ ГОРМОНАЛЬНЫХ И МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ПРОЦЕССАХ РОСТА И РАЗВИТИЯ У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

¹Колесник Е.А., ²Дерхо М.А.

¹ВНИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии, Челябинск, Российская Федерация; ²Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк Челябинской обл., Российская Федерация

Цель работы – исследование комплекса метаболических и гормональных показателей у бройлерных цыплят в условиях промышленной технологии с использованием метода главных компонент (факторного анализа). У 40 бройлерных цыплят кросса Hubbard F15 в возрасте 1, 7, 23, 42 сут. (n=10) были взяты пробы крови для определения концентрации метаболитов и гормонов (всего 9 показателей). Для идентификации возможных латентных компонент в структуре взаимосвязей между показателями была рассчитана матрица парных корреляций и проведен факторный анализ с вычислением факторных нагрузок переменных (коэффициентов корреляции между измеряемыми показателями и латентными факторами в исследуемой выборке). В исследованных возрастных периодах было выявлено существование трёх статистически значимых латентных фактора, при этом структура факторных нагрузок изменялась по периодам. В возрасте 1 сут. статистически значимые ($P < 0,05$) нагрузки переменных по первому фактору отражали статус белкового обмена (общий белок и мочевины – 0,84 и 0,86 соответственно), а по второму – липидного обмена (НЭЖК и триглицериды), по третьему – эндокринный статус (ТТГ и СТГ). В возрасте 42 сут. статистически значимыми были три факторные нагрузки гормональных переменных (АКТГ, СТГ, Т3) по третьему фактору и три нагрузки метаболических переменных (ОХС, НЭЖК, ТГ) по первому фактору. Результаты факторного анализа интерпретированы с учётом возрастной динамики измеренных показателей. По мнению авторов, оценки латентных факторов целесообразно использовать в качестве индексов гормональной и метаболической составляющей адаптационных и ростовых процессов у птицы.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, гомеостаз и адаптация, рост и развитие, метаболизм, эндокринный статус, факторный анализ

Проблемы биологии продуктивных животных, 2015, 4: 72-81

Введение

Эволюционное развитие основано на взаимодействии организма и условий окружающей среды (Заренков, 1988; Анохин, 1996). Жизнедеятельность животного в онтогенезе определяется функциональной активностью, которая зависит от генотипа, а поддержание динамического равновесия внутренней среды организма (гомеостаз) обеспечивается, в основном, функционированием гипоталамо-гипофизарно-тиреоидно-надпочечниковой оси (Голиков, 1988; Гаркави и др., 1990; Анохин, 1996; Надольник, 2010; Porter, Kristi, 2001; Debonne et al., 2008; Scanes, 2011; Zhang et al., 2014).

Гомеостатические функциональные системы поддерживают на оптимальном уровне физиологические процессы, обеспечивающие жизнедеятельность организма в разных условиях, а в основе адаптаций лежит совокупность реакций, обеспечивающих приспособление организма к изменениям внешней среды. Адаптивные реакции могут быть врожденными и приобретенными, осуществляться на клеточном, органном, системном и организменном уровнях (Агаджанян, 2001).

Бройлерные куры отличаются конституционально закрепленным ускоренным темпом обмена веществ (Колесник, Дерхо, 2014, 2015), что обуславливает повышенный физиологический износ, который можно считать ценой приспособления внутренней среды организма к факторам обитания (Голиков, 1988). Куры (*Gallus gallus*) являются удобной моделью для исследований в области биологии развития (Scanes, Harvey, 1989; Scanes, 2011), в частности, для изучения особенностей адаптивных реакций и развития организма птицы в условиях промышленных технологий (Забудский, Григорьева, 2000; Колесник, Дерхо, 2014, 2015; Haddad, Mashaly, 1990; Debonne et al., 2008; Akhlaghi et al., 2009).

В ходе роста и развития в производственных условиях, если они отвечают витальным потребностям без выраженного воздействия стресс-факторов, могут реализовываться неспецифические адаптационные реакции, обеспечивающие нормальное поддержание динамического равновесия внутренней среды. В основе неспецифических адаптационных реакций организма лежит взаимодействие гормонов гипоталамо-гипофизарно-тиреоидно-надпочечниковой оси (Гаркави и др., 1990), которое в основном управляет пластическими и энергетическими ресурсами метаболизма и в конечном итоге определяет интенсивность процессов роста и развития на всех стадиях онтогенеза (Голиков, 1988; Гаркави и др., 1990; Анохин, 1996; Агаджанян, 2001; Haddad, Mashaly; 1990, Gregory et al., 1998; Geris et al., 1999; Porter, Kristi, 2001; Liu, Porter, 2004; Debonne et al., 2008; Scanes, 2011).

Большую роль в регуляции этих процессов у бройлерных цыплят играют гормоны, в том числе аденокортикотропин (АКТГ) и глюкокортикоиды (Geris et al., 1999; Porter, Kristi, 2001; Debonne et al., 2008; Heuck et al., 2009; Scanes, 2011; Obanla et al., 2013), тиреотропный гормон (ТТГ) и 3,5,3'-трийодтиронин (Т3) (Забудский, Григорьева, 2000; McNabb, 1995; Darras et al., 2000; Akhlaghi et al., 2009; Heuck et al., 2009; Kim, 2010; Ognik, Sembratowicz, 2012; Towhidi, 2012; Aluwong et al., 2013; Obanla et al., 2013), соматотропин (СТГ) (Haddad, Mashaly, 1990; Liu, Porter, 2004; Lu et al., 2007; Heuck et al., 2009; Kim, 2010; Scanes, 2011; Zhang et al., 2014). В определённой степени исследованы функциональные взаимосвязи между АКТГ, стероидами, ТТГ, Т3 и СТГ в процессах углеводного, липидного и белкового метаболизма у кур (Cabello, Wrutniak, 1989; Geris et al., 1999; Debonne et al., 2008; Heuck et al., 2009; Kim, 2010; Scanes, 2011).

Однако имеется недостаточно данных по особенностям неспецифических адаптационных реакций и эндокринной регуляции процессов роста и развития у кур на ранних стадиях постнатального онтогенеза в условиях технологической окружающей среды.

Целью данной работы было комплексное изучение факторов эндокринной регуляции и метаболических показателей у бройлерных цыплят в период постнатального роста и развития в условиях промышленной технологии.

Материал и методы

Эксперименты проведены с соблюдением требований, изложенных в директивах ЕС (86/609/ЕЕС) и Хельсинкской декларации. Опытная часть работы выполнена на базе ООО «Чембаркульская птица» (Чембаркульский район Челябинской области). Объектом исследования были бройлерные цыплята кросса Hubbard F15, из которых в цехе выращивания (клеточное содержание) сформировали четыре группы в возрасте 1, 7, 23, 42 сут. Кормление и содержание подопытной птицы осуществляли в соответствии с зоогигиеническими нормами, рекомендованными ВНИТИП (2004). Материалом исследований служили пробы крови, которые получали в 1- и 7-сут. возрасте путем декапитации и у 23- и 42-сут. цыплят – пункцией подкрыльцовой вены. В сыворотке крови определяли неэтерифицированные жирные кислоты (НЭЖК), общий холестерин (ОХС), триглицериды (ТГ) методом тонкослойной хроматографии на пластинах Silufol («Kavalier», Чехия) (Шаршунова и др., 1980, Методы ... диагностики, 2004), общий белок (ОБ) – рефрактометрически (Методы ... диагностики, 2004, Колесник, Дерхо, 2014), мочевины – по цветной реакции с диацетилмонооксимом (Методы ... ди-

агностики, 2004). Определение концентрации гормонов проводили в образцах плазмы крови, взятой в стандартизированные вакуумные пробирки с ЭДТА (Методы ... диагностики, 2004), методом твердофазного иммуноферментного анализа (ИФА) в тест-системах типа “сэндвич” с использованием коммерческих наборов: адренокортикотропный гормон (АКТГ) – Biomerica АКТ (Biomerica ATCH ELISA, США) (Geris et al., 1999), тиреотропный гормон (ТТГ) – ТТГ-ИФА К201 (ХЕМА Со, Ltd., Россия) (Soos et al., 1984, Scanes, 2011), трийодтиронин (Т3) – Т3-ИФА К211 (ХЕМА Со, Ltd., Россия) – (Scanes, 2011), гормон роста (СТГ) – ГР-ИФА К204 (ХЕМА Со, Ltd., Россия) (Scanes, 2011). Для инкубирования образцов плазмы крови в процессе исследования на гормоны, применяли термостатируемый шейкер ELMI Sky Line Shaker ST-3 (ELMI Ltd., Латвия), оптическую плотность измеряли с помощью ридера микропланшетов (фотометр для иммуноферментных тест-систем) MINDRAY MR-96A Elisa Microplate Reader (MINDRAY Ltd., КНР). Рассчитывали соотношения в условных единицах: АКТГ (пг/мл)/ТТГ(мМЕ/л) (Надольник, 2010), АКТГ (пг/мл)/СТГ(мМЕ/л) (Scanes, 2011), и ТТГ (мМЕ/л)/Т3(нмоль/л) (Надольник, 2010; Scanes, Harvey, 1989; Scanes, 2011).

Определяли биотехнологические показатели – массу тела, г и среднесуточный прирост массы тела за возрастные периоды $A_{\text{СП}} = (W_1 - W_0) / (T_1 - T_0)$, где W_0 – масса тела в начале учётного периода (г) в возрасте T_0 (сут.) и W_1 – масса тела в конце учётного периода (г) в последующем возрасте T_1 (сут.). Для идентификации возможной латентной структуры взаимосвязей гормональных и биохимических показателей в постнатальном онтогенезе цыплят была рассчитана матрица парных корреляций по Пирсону и проведен факторный анализ с использованием статпакета STATISTICA 8.0 (Сычев, 2004; Яковлева, 2012) с вычислением факторных нагрузок показателей. Выделение факторов производили методом главных компонент, метод вращения факторов – варимакс. Факторные нагрузки, фактически, представляют собой коэффициенты корреляции между измеряемыми показателями и латентными факторами в исследуемой выборке.

Результаты и обсуждение

Концентрация АКТГ, ТТГ и Т3 в плазме крови цыплят увеличивается с возрастом (табл. 1). Уровень СТГ также был повышен в сравнении с 1 сут. возрастом, особенно в возрасте 7 и 42 сут. Уровень общего белка был повышенным в возрасте 23 и 42 сут., уровень мочевины резко снизился у 7-сут. цыплят, а в последующие периоды увеличивался. Концентрация общего холестерина и триглицеридов, в основном, имела нисходящий возрастной тренд, за исключением небольшого пика содержания холестерина на 7 сут. ($P < 0,05$). В то же время, уровень НЭЖК характеризовался устойчивым возрастающим трендом.

Величины соотношений АКТГ/ТТГ и АКТГ/СТГ в плазме крови цыплят увеличиваются в период с 7 по 23 сут. ($P < 0,01$), но снижаются к 42 сут. Соотношение ТТГ/Т3 увеличивается, особенно заметно к 42-сут. возрасту (табл. 1). Факторный анализ, проведенный после расчёта парных корреляций между измеренными показателями (переменными), в каждом периоде онтогенеза выявил существование трёх латентных факторов, обуславливающих структуру взаимосвязей между переменными. Были вычислены факторные нагрузки переменных (коэффициенты корреляции между переменными и факторами, табл. 2) и уровни их значимости. Таким образом, за счёт выделения факторов число наиболее существенных переменных сокращено с 9 до 3. Поскольку сама по себе процедура факторного анализа не говорит о содержании и существовании выделяемых факторов, интерпретация последних должна основываться на обобщении сущности тех переменных, которые получили по данному фактору наибольшие факторные веса.

В суточном возрасте основные нагрузки переменных по первому фактору отражают статус белкового обмена (общий белок и мочевина, $r=0,84$ и $0,86$ соответственно, $P < 0,05$), а по второму – статус липидного обмена (НЭЖК и триглицериды, $r=0,86$, $P < 0,05$). Ведущие составные третьего фактора в этот период – ТТГ и СТГ. Это согласуется с литературными дан-

ными, свидетельствующими о взаимосвязях в действии тиреотропного гормона и соматотропина в ходе развития бройлерных цыплят (Decuypere, Scanes, 1983), что, в свою очередь, может играть роль общего звена в регуляции белкового и липидного обмена (Darras et al., 2000; Kim, 2010; Scanes, 2011; Aluwong et al., 2013). Ранее были получены экспериментальные данные, свидетельствующие о большой роли процессов липидного обмена у бройлерных цыплят в период до начала третьей декады неонатального онтогенеза (Колесник, Дерхо, 2014, 2015).

Таблица 1. Динамика гормональных, биохимических показателей и параметров роста бройлерных цыплят ($M \pm m$, $n=10$)

Показатели	Возраст, сутки			
	1	7	23	42
АКТГ, пг/мл	0,28±0,06	0,59±0,11***	0,80±0,06***	0,90±0,07***
ТТГ, мМЕ/л	0,06±0,01	0,08±0,03	0,10±0,03*	0,16±0,08**
Трийодтиронин, нмоль/л	0,87±0,03	0,95±0,03	1,04±0,04**	1,15±0,04***
СТГ, мМЕ/л	1,48±0,21	2,57±0,80**	1,96±0,41*	2,75±0,53***
Общий белок, г/л	58,9±0,08	61,9±0,05	67,2±0,06*	75,1±0,14*
Мочевина, ммоль/л	3,22±0,06	0,72±0,03***	0,80±0,02***	1,20±0,07***
Общий холестерин, ммоль/л	5,05±0,07	6,04±0,32*	4,93±0,20	4,35±0,08*
НЭЖК, ммоль/л	0,64±0,02	0,85±0,04*	1,74±0,15***	1,89±0,17***
Триглицериды, ммоль/л	3,26±0,11	2,68±0,12*	2,45±0,09*	1,94±0,17**
АКТГ/ТТГ, усл. ед.	4,46±0,17	7,78±0,58**	8,21±0,43**	5,61±0,15*
АКТГ/СТГ, усл. ед.	0,19±0,01	0,23±0,06	0,41±0,04***	0,33±0,01**
ТТГ/Т3, усл. ед.	0,07±0,001	0,08±0,003	0,09±0,003*	0,14±0,007***
Масса тела, г	48,34±0,87	162,9±1,10***	962,53±2,60***	2468,84±18,82***
Среднесуточный прирост, г/сут	—	16,37±0,21	49,98±0,11***	79,28±1,05***

Примечание. * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$ по t -критерию при сравнении с суточным возрастом.

Выявленная возрастная динамика АКТГ и СТГ у цыплят-бройлеров, по литературным данным, соотносится с таковой по инсулиноподобному фактору роста-1 (IGF-1) (Cabello, Wrutniak, 1989; Lu et al., 2007; Akhlaghi et al., 2009; Kim, 2010; Scanes, 2011; Zhang et al., 2014). Имеются данные о том, что активация рецепторов и ферментов в системе, отвечающей за синтез СТГ, возможна при совместном воздействии кортикотропина, глюкокортикоидов и тиреоидных гормонов (Porter, Kristi, 2001; Liu, Porter, 2004; Neuck et al., 2009). Известны следующие функциональные взаимосвязи в процессах роста и развития цыплят-бройлеров: во-первых, тиреоидные гормоны и СТГ рецепторно- или ферментно-опосредованно регулируют взаимную продукцию и секрецию (Scanes, Harvey, 1989; Darras et al., 2000; Porter, Kristi, 2001; Liu, Porter, 2004; Kim, 2010; Scanes, 2011); во-вторых, СТГ - зависимые эффекты роста и развития организма реализуются в основном за счет IGF-1 (Zhang et al., 2014), который синтезируется в печени под непосредственным влиянием СТГ (Kim, 2010; Scanes, 2011), при этом продукция IGF-1 возможна при совместном регуляторном действии СТГ и Т3 (Cabello, Wrutniak, 1989; Scanes, 2011). Поскольку наибольшие нагрузки по СТГ и ТТГ в 7 сут. возрасте выявлены по третьему фактору, его можно рассматривать как адаптационную компоненту для данного этапа развития (Голиков, 1988; Гаркави и др., 1990; Забудский, Григорьева, 2000). Имеются данные о роли соматотропно-тиреоидной оси (СТГ, ТТГ, Т3) в адаптогенезе в аспекте клеточного и гуморального иммунитета (Haddad, Mashaly, 1990).

В 23-сут. возрасте данные о концентрации гормонов (табл. 1) и структуре факторных весов переменных по первому фактору (табл. 2) согласуются с имеющимися сведениями о завершении у цыплят к этому возрасту формирования гипоталамо-гипофизарно-тиреоидно-адренкортикальной оси (Cabello, Wrutniak, 1989; Muller et al., 1993; McNabb, 1995; Geris et al., 1999; Debonne et al., 2008). В этот период, по сравнению с P7, наблюдается существенное возрастание соотношения АКТГ/СТГ ($P < 0,001$), но сохраняется плато максимальных значений соотношения АКТГ/ТТГ (табл. 1), что, возможно, характеризует динамику формирования адаптационно-приспособительного потенциала (Decuypere, Scanes, 1983; Голиков, 1988; Гар-

кави и др., 1990; Geris et al., 1999; Забудский, Григорьева, 2000; Debonne et al., 2008; Надольник, 2010). Возрастная динамика трийодтиронина (табл. 1) согласуется с данными (Debonne et al., 2008). На второй декаде и в начале третьей декады развития цыплят структура факторных весов по первому фактору (АКТГ и Т3) может отражать активацию адаптационных процессов, так как тиреоидные гормоны имеют большое значение для регуляторно-приспособительных сдвигов в системах метаболизма (McNabb, 1995).

Таблица 2. Факторные нагрузки переменных*

Показатели	Возраст, сутки											
	1			7			23			42		
Факторы	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
АКТГ	0,08	-0,38	0,69	-0,07	0,97	0,02	0,92	0,07	-0,06	0,61	0,18	0,73
ТТГ	0,29	0,37	0,78	-0,18	0,14	-0,82	-0,53	0,40	0,07	0,03	0,95	0,01
Т3	-0,68	0,19	-0,31	-0,48	0,42	0,35	0,80	0,08	0,36	-0,00	-0,16	0,83
СТГ	0,18	0,07	0,88	-0,72	0,26	-0,36	-0,44	0,09	-0,44	0,06	0,19	-0,79
ОБ	0,84	0,06	0,27	0,77	0,04	-0,11	-0,06	-0,91	0,21	-0,30	-0,32	-0,75
Мочевина	0,86	0,14	0,16	0,24	0,72	-0,49	-0,08	-0,04	0,95	-0,18	0,96	-0,02
ОХС	0,55	0,58	-0,24	-0,89	-0,24	0,19	-0,02	-0,92	0,03	0,87	0,14	0,11
НЭЖК	0,20	0,86	0,02	0,88	-0,13	0,16	0,11	-0,21	0,84	0,91	-0,19	0,08
ТГ	0,13	-0,86	-0,20	0,44	-0,17	-0,53	0,35	-0,12	0,79	0,84	-0,24	0,09

Примечания: * коэффициенты корреляции между измеряемыми показателями и выделенными латентными факторами в исследуемой выборке; для подчёркнутых значений $P < 0,05$.

Второй фактор, основные компоненты которого – общий белок и холестерин, по-видимому, отражает повышенную интенсивность роста цыплят во второй декаде онтогенеза (Колесник, Дерхо, 2014, 2015) (табл. 1). Выявленная динамика СТГ в целом согласуется с данными (Gregory et al., 1998) о снижении концентрации СТГ в возрасте 19 сут.

Известно, что Т3 имеет большое значение в регуляции уровня холестерина в эндотелии сосудов и соотношения холестерина и липопротеинов в печени (Aluwong et al., 2013). По данным табл. 2, для данного периода второй существенный элемент третьего фактора – это мочевина. Это можно трактовать в том смысле, что она отражает итог процессов, направленных на пластическое обеспечение активной адаптации, существенно зависящей от уровня НЭЖК и ТГ (Колесник, Дерхо, 2014; Scanes, 2011). Известно, что у птенцов выводковой птицы для видоспецифичного формирования системы терморегуляции большое значение имеет системное взаимодействие центральных и периферических гормонов (McNabb, 1995; Debonne et al., 2008; Mujahid, Furuse, 2009). Тиреотропный и тиреоидные гормоны играют важную роль в качестве регуляторов адаптогенеза, в частности, в адаптивной терморегуляции на стадиях неонатального развития (McNabb, 1995; Надольник, 2010; Scanes, 2011).

В возрасте 42 сут. наблюдается значительное снижение по отношению к P23 соотношений АКТГ/ТТГ, АКТГ/СТГ и ТТГ/Т3 (табл. 1). В этот период статистически значимы три факторные нагрузки гормональных переменных (АКТГ, СТГ, Т3) по третьему фактору и три нагрузки метаболических переменных (ОХС, НЭЖК, ТГ) по первому фактору. Это может свидетельствовать о целесообразности оценки этих факторов в качестве количественных индексов гормональной и метаболической составляющей адаптационных и ростовых процессов в этот период. Неэтерифицированные жирные кислоты – это один из основных пластических ресурсов липопротеинового обмена, их концентрация в крови в этот период особенно высокая. Прирост массы тела цыплят в возрасте 42 сут по сравнению с периодом 23 сут. увеличивается на 88%.

Известно, что при вызванном стрессе, а также при инъекции АКТГ, уровень в крови общего холестерина и триглицеридов существенно возрастает (Ognik, Sembratowicz, 2012). Содержание кортикотропина в плазме крови у подопытных цыплят увеличивалось с возрастом, а содержание ОХС и ТГ снижалось (табл. 2). По данным (Гаркави и др., 1990; Надольник, 2010) при неспецифических адаптационных реакциях уровень тиреоидных гормонов возрастает.

тает до определенных величин, а при стрессе снижается. В нашем исследовании уровень Т3 у цыплят-бройлеров повышался в ходе раннего онтогенеза (табл. 1). По наблюдениям (Darras et al., 2000), тиреоидные гормоны, в зависимости от физиологического состояния организма и уровня других гормонов, могут проявлять и анаболическое, и катаболическое действие в метаболизме белков и липидов. В целом, результаты наших исследований и литературные данные свидетельствуют о большом значении гормонов гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси в регуляции обмена веществ и поддержании гомеостаза у бройлерных цыплят, особенно в условиях промышленной технологии (Haddad, Mashaly, 1990; Geris et al., 1999; Darras et al., 2000; Debonne et al., 2008; Kim, 2010; Scanes, 2011; Towhidi, 2012). Поэтому актуальной задачей для физиологов и биохимиков является углубление исследований в этой области с привлечением современных методов и подходов.

Полученные экспериментальные данные и их анализ позволяют сделать некоторые общие заключения. Для поддержания физиологического гомеостаза в организме бройлерных цыплят в условиях промышленной технологии важно обеспечить оптимальный баланс адаптационных и ростовых компонентов развития. В первой декаде неонатального онтогенеза соотношение ростовых и гормонально-адаптационных компонентов имеет характер создания потенциала для ресурсного обеспечения гипертрофированного роста в последующие периоды, что соответствует конституциональному направлению развития бройлерной птицы. Во второй-третьей декадах, на фоне напряжения функциональных систем организма и интенсивного прироста массы тела, формируются устойчивые предпосылки метаболического обеспечения роста, стабилизации гормональных адаптаций и оптимизации ресурсных затрат. Получаемые на основе факторного анализа количественные оценки латентных главных компонент целесообразно использовать в качестве индексов гормональной и метаболической составляющей адаптационных и ростовых процессов у бройлерных цыплят.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А. Экологическая физиология: Проблема адаптации и стратегия выживания // Эколого-физиологические проблемы адаптации: Материалы X Международного симпозиума. – М.: Изд. РУДН, 2001. – С. 5-12.
2. Анохин П.К. Кибернетика функциональных систем: избр. труды. – М.: Медицина, 1996. – 400 с.
3. Березкин В.Г., Соколов С.Д. (ред.). Тонкослойная хроматография в фармации и клинической биохимии. Т. 1. – М.: Наука, 1980. – 296 с.
4. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма. – Ростов-на-Дону: изд. Ростовского университета, 1990. – 224 с.
5. Голиков А.Н. Физиологическая адаптация животных // Ветеринария. – 1988. – № 11. – С. 55-58.
6. Забудский Ю.И., Григорьева Н.В. Адаптационные возможности организма цыплят в зависимости от продолжительности пребывания в инкубаторе // Сельскохозяйственная биология. – 2000. – № 4. – С. 87-92.
7. Заренков Н.А. Теоретическая биология. – М.: изд. МГУ, 1988. – 216 с.
8. 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.
9. Колесник Е.А., Дерхо М.А. О кластерной системе фосфолипидов в онтогенезе бройлерных цыплят // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50. – № 2. – С. 217-224.
10. Кондрахин И.П. (Ред.). Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник. – М.: КолосС, 2004. – 520 с.
11. Надольник Л.И. Стресс и щитовидная железа // Биомедицинская химия. – 2010. – Т. 56. – Вып. 4. – С. 443-456.
12. Сычев С.Н. Применение метода главных компонент (факторного анализа) для анализа хроматографических данных в ВЭЖХ // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2004. – Т. 4. – № 2. – С. 134-142.
13. Фисинин В.И., Имангулов Ш.А., Егоров И.А., Околелова Т.М. (Ред.). Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы. – Сергиев Посад, 2004. – 142 с.

14. Яковлева А.А. Спектральный и факторный анализ: их взаимосвязь и неоднородность выборки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2012. – № 4. – С. 34-37.
15. Akhlaghi A., Shahneh A.Z., Zamiri M.J. et al. Effect of transient postpubertal hypo- and hyperthyroidism on reproductive parameters of Iranian broiler breeder hens // African J. Biotechnol. – 2009. – Vol. 8. – No. 20. – P. 5602-5610. (doi: 10.5897/AJB09.626).
16. Aluwong T., Hassan F., Dzenda T. et al. Effect of different levels of supplemental yeast on body weight, thyroid hormone metabolism and lipid profile of broiler chickens // J. Vet. Med. Sci. – 2013. – Vol. 75. – No. 3. – P. 291-298. (doi: 10.1292/jvms.12-0368).
17. Cabello G., Wrutniak C. Thyroid hormone and growth: relationships with growth hormone effects and regulation // Reprod. Nutr. Develop. EDP Sciences. – 1989. – Vol. 29. – No. 4. – P. 387-402. (HAL Id: hal-00899073).
18. Darras V.M., van der Geyten S., Kühn E.R. Thyroid hormone metabolism in poultry // Biotechnol. Agron. Soc. Environ. – 2000. – Vol. 4. – No. 1. – P. 13–20.
19. Debonne M., Baarendse P.J.J., van den Brand H. et al. Involvement of the hypothalamic-pituitary-thyroid axis and its interaction with the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in the ontogeny of avian thermoregulation: a review // World's Poultry Science Journal. – 2008. – Vol. 64. – P. 309-321.
20. Decuyper E., Scanes C.G. Variation in the release of thyroxine, triiodothyronine and growth hormone in response to thyrotrophin releasing hormone during development of the domestic fowl // Acta endocrinologica. – 1983. – Vol. 102. – No. 2. – P. 220-223. (doi: 10.1530/acta.0.1020220).
21. Geris K.L., Laheye A., Berghman L.R. et al. Adrenal inhibition of corticotrophin-releasing hormone-induced thyrotropin release: a comparative study in pre- and post-hatch chicks // J. Exp. Zool. – 1999. – Vol. 284. – P. 776-782.
22. Gregory C.C., Dean C.E., Porter T.E. Expression of chicken thyroid-stimulating hormone beta-subunit messenger ribonucleic acid during embryonic and neonatal development // Endocrinology. – 1998. – Vol. 139. – No. 2. – P. 474-478 (PMID: 9449613).
23. Haddad E.E., Mashaly M.M. Effect of thyrotropin-releasing hormone, triiodothyronine and chicken growth hormone on plasma concentrations of thyroxine, triiodothyronine, growth hormone and growth of lymphoid organs and leukocyte populations in immature male chickens // Poultry Science. – 1990. – Vol. 69. – No. 7. – P. 1094-1102.
24. Heuck K.A., Ellestad L.E., Proudman J.A., Porter T.E. Somatotropin response in vitro to corticosterone and triiodothyronine during chick embryonic development: Involvement of type I and type II glucocorticoid receptors // Domestic Animal Endocrinology. – 2009. – Vol. 36. – P. 186-196. (doi: 10.1016/j.domaniend.2008.11.005).
25. Kim J.W. The endocrine regulation of chicken growth // Asian-Aust. J. Anim. Sci. – 2010. – Vol. 23. – No. 12. – P. 1668-1676.
26. Liu L., Porter T.E. Endogenous thyroid hormones modulate pituitary somatotroph differentiation during chicken embryonic development // J. Endocrin. – 2004. – Vol. 180. – P. 45-53.
27. Lu J.W., McMurtry J.P., Coon C.N. Developmental changes of plasma insulin, glucagon, insulin-like growth factors, thyroid hormones, and glucose concentrations in chick embryos and hatched chicks // Poultry Science. – 2007. – Vol. 86. – P. 673-683.
28. McNabb F.M.A. Thyroid hormones, their activation, degradation and effects on metabolism // In: Conference: Metabolic Modifiers. – American Institute of Nutrition Publ., 1995. – P. 1773-1776.
29. Mujahid A., Furuse M. Behavioral responses of neonatal chicks exposed to low environmental temperature // Poultry Science. – 2009. – Vol. 88. – P. 917-922. (doi: 10.3382/ps.2008-00472).
30. Muller A., Zuidwijk M.J., van Hardeveld C. Effects of Thyroid Hormone on Growth and Differentiation of L6 Muscle Cells // BAM. – 1993. – Vol. 3 – No. 1. – P. 59-68.
31. Obanla L.O., Oke O.E., Onagbesan O.M. et al. Nutrient utilization during incubation and juvenile growth of indigenous and exotic chicken in Nigeria // Archivos de zootecnia. – 2013. – Vol. 62 – No. 242 – P. 251-258.
32. Ognik K., Sembratowicz I. Stress as a factor modifying the metabolism in poultry. A review // Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska (Lublin - Polonia). – 2012. – Vol. 30. – No. 2. – P. 34-43. (doi: 10.2478/v10083-012-0010-4).
33. Porter T.E., Kristi J.D. Regulation of chicken embryonic growth hormone secretion by corticosterone and triiodothyronine // Endocrine. – 2001. – Vol. 14. – No. 3. – P. 363-368.

34. Scanes C.G., Harvey S. Triiodothyronine inhibition of thyrotropin-releasing hormone- and growth hormone-releasing factor-induced growth hormone secretion in anesthetized chickens // *General and Comparative Endocrinology*. – 1989. – Vol. 73. – No. 3. – P. 477-484.
35. Scanes C.G. Update on mechanisms of hormone action – focus on metabolism, growth and reproduction // In: Scanes C.G. (Ed.). *Hormones and Metabolism in Poultry*. – InTech. Publ., 2011. – P. 111-132.
36. Soos M., Taylor S.J., Gard T., Siddle K.A. Rapid sensitive two-site immunometric assay for tsh using monoclonal antibodies: investigation of factors affecting optimisation // *J. Immun. Methods*. – 1984. – Vol. 73. – P. 237-249.
37. Towhidi A. Circadian rhythmicity and the effect of age on circulating thyroids hormones in male and female turkey chicken // *Animal Sci. J.* – 2012. – Vol. 96. – P. 1-7.
38. Welcker J., Chastel O., Gabrielsen G.W. et al. Thyroid hormones correlate with basal metabolic rate but not field metabolic rate in a wild bird species // *PLoS ONE*. – 2013. – Vol. 8. – No. 2. – P. 1-8. (doi:10.1371/journal.pone.0056229).
39. Zhang L., Wu S., Wang J. et al. Changes of plasma growth hormone, insulin-like growth factors-I, thyroid hormones, and testosterone concentrations in embryos and broiler chickens incubated under monochromatic green light // *Italian J. Anim. Sci.* – 2014. – Vol. 13. – No. 3266. – P. 530-535.

REFERENCES

1. Agadzhanyan H.A. [Environmental Physiology: Adaptation and Survival Strategy]. *Materialy X Mezhdunarodnogo simpoziuma "Ekologo-fiziologicheskie problemy adaptatsii"* (Proc. X International Symposium: Ecological and physiological adaptation problems). Moscow: RUDN Publ., 2001, P. 5-12.
2. Akhlaghi A., Shahneh A.Z., Zamiri M.J. et al. Effect of transient postpubertal hypo- and hyperthyroidism on reproductive parameters of Iranian broiler breeder hens. *African J. Biotechnology*. 2009, 8(20): 5602-5610. (doi: 10.5897/AJB09.626).
3. Aluwong T., Hassan F., Dzenda T. et al. Effect of different levels of supplemental yeast on body weight, thyroid hormone metabolism and lipid profile of broiler chickens. *J. Vet. Med. Sci.* 2013, 75(3): 291-298. (doi: 10.1292/jvms.12-0368).
4. Anokhin P.K. *Kibernetika funktsional'nykh sistem: Izbrannye trudy* (Cybernetics of functional systems. Selected papers). Moscow: Meditsina Publ., 1996, 400 p. (In Russian).
5. Berezkin V.G., Sokolov S.D. (Eds.). *Tonkosloinaya khromatografiya v farmatsii i klinicheskoi biokhimii. Tom 1.* (Thin layer chromatography in pharmacy and clinical biochemistry. Vol. 1). Moscow: Nauka Publ., 1980, 296 p. (In Russian)
6. Cabello G., Wrutniak C. Thyroid hormone and growth: relationships with growth hormone effects and regulation. *Reprod. Nutr. Develop. EDP Sciences*. 1989, 29(4): 387-402. (HAL Id: hal-00899073).
7. Darras V.M., van der Geyten S., Kühn E.R. Thyroid hormone metabolism in poultry. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2000, 4(1): 13-20.
8. Debonne M., Baarendse P.J.J., van den Brand H. et al. Involvement of the hypothalamic-pituitary-thyroid axis and its interaction with the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in the ontogeny of avian thermoregulation: a review. *World's Poultry Science Journal*. 2008, 64: 309-321.
9. Decuyper E., Scanes C.G. Variation in the release of thyroxine, triiodothyronine and growth hormone in response to thyrotrophin releasing hormone during development of the domestic fowl. *Acta Endocrinologica*. 1983, 102(2): 220-223. (doi: 10.1530/acta.0.1020220).
10. Fisinin V.I., Imangulov Sh.A., Egorov I.A., Okolelova T.M. (Eds.). *Rekomendatsii po kormleniyu sel'skokhozyaistvennoi ptitsy* (Poultry feeding: recommendations). Sergiev Posad, 2004. (In Russian)
11. Garkavi L.Kh., Kvakina E.B., Ukolova M.A. *Adaptatsionnye reaktsii i rezistentnost' organizma* (Adaptive reaction and organism's resistance). Rostov-na-Donu: Rostov University Publ., 1990, 224 p.
12. Geris K.L., Laheye A., Berghman L.R. et al. Adrenal inhibition of corticotrophin-releasing hormone-induced thyrotropin release: a comparative study in pre- and post-hatch chicks. *J. Exp. Zool.* 1999, 284: 776-782.
13. Golikov A.N. *Veterinariya - Veterinary Medicine*. 1988, 11: 55-58.
14. Gregory C.C., Dean C.E., Porter T.E. Expression of chicken thyroid-stimulating hormone beta-subunit messenger ribonucleic acid during embryonic and neonatal development. *Endocrinology*. 1998, 139(2): 474-478. (PMID: 9449613).
15. Haddad E.E., Mashaly M.M. Effect of thyrotropin-releasing hormone, triiodothyronine and chicken growth hormone on plasma concentrations of thyroxine, triiodothyronine, growth hormone and growth of

- lymphoid organs and leukocyte populations in immature male chickens. *Poultry Science*. 1990, 69(7): 1094-1102.
16. Heuck K.A., Ellestad L.E., Proudman J.A., Porter T.E. Somatotropin response in vitro to corticosterone and triiodothyronine during chick embryonic development: Involvement of type I and type II glucocorticoid receptors. *Domestic Animal Endocrinology*. 2009, 36: 186-196.
 17. Jakovleva A.A. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk - Actual Problems of Arts and Sciences*. 2012, 4: 34-37.
 18. Kim J.W. The endocrine regulation of chicken growth. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2010, 23(12): 1668-1676.
 19. Kolesnik E.A., Derkho M.A. *Veterinariya - Veterinary Medicine*. 2014, 7: 47-51.
 20. Kolesnik E.A., Derkho M.A. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya - Agricultural Biology*, 2015, 50, 2: 217-224 (doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.217rus; doi: 10.15389/agrobiology.2015.2.217eng).
 21. Kondrakhin I.P. (Ed.) *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika v veterinarii: spravochnik* (Clinical and laboratory diagnostics in veterinary medicine: a reference book). Moscow: KolosS, 2004, 520 p
 22. Liu L., Porter T.E. Endogenous thyroid hormones modulate pituitary somatotroph differentiation during chicken embryonic development. *J. Endocrin.* 2004, 180: 45-53.
 23. Lu J.W., McMurtry J.P., Coon C.N. Developmental changes of plasma insulin, glucagon, insulin-like growth factors, thyroid hormones, and glucose concentrations in chick embryos and hatched chicks. *Poultry Science*. 2007, 86: 673-683.
 24. McNabb F.M.A. Thyroid hormones, their activation, degradation and effects on metabolism. *Conference: Metabolic Modifiers. American Institute of Nutrition*. 1995, 1773-1776.
 25. Mujahid A., Furuse M. Behavioral responses of neonatal chicks exposed to low environmental temperature. *Poultry Science*. 2009, 88: 917-922. (doi: 10.3382/ps.2008-00472).
 26. Muller A., Zuidwijk M.J., Van Hardeveld C. Effects of thyroid hormone on growth and differentiation of I6 muscle cells. *BAM*. 1993, 3(1): 59-68.
 27. Nadol'nik L.I. [Stress and thyroid]. *Biomeditsinskaya khimiya - Biomedical Chemistry*. 2010, 56(4): 443-456 (In Russian).
 28. Obanla L.O., Oke O.E., Onagbesan O.M. et al. Nutrient utilization during incubation and juvenile growth of indigenous and exotic chicken in Nigeria. *Archivos de zootecnia*. 2013, 62(242): 251-258.
 29. Ognik K., Sembratowicz I. Stress as a factor modifying the metabolism in poultry. A review. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska (Lublin - Polonia)*. 2012, 30(2): 34-43 (doi: 10.2478/v10083-012-0010-4).
 30. Porter T.E., Kristi J.D. Regulation of chicken embryonic growth hormone secretion by corticosterone and triiodothyronine. *Endocrine*. 2001, 14(3): 363-368.
 31. Scanes C.G., Harvey S. Triiodothyronine inhibition of thyrotropin-releasing hormone- and growth hormone-releasing factor-induced growth hormone secretion in anesthetized chickens. *General and Comparative Endocrinology*. 1989, 73(3): 477-484.
 32. Scanes C.G. (Ed.). Update on Mechanisms of Hormone Action – Focus on Metabolism, Growth and Reproduction. In: *Scanes C.G. Hormones and Metabolism in Poultry*. InTech. Publ., 2011, P. 111-132.
 33. Soos M., Taylor S.J., Gard T., Siddle K.A. Rapid sensitive two-site immunometric assay for tsh using monoclonal antibodies: investigation of factors affecting optimization. *J. Immunol. Methods*. 1984, 73: 237-249.
 34. Sychev S.N. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy - Sorption and Chromatographic Processes*. 2004, 4(2): 134-142.
 35. Towhidi A. Circadian rhythmicity and the effect of age on circulating thyroids hormones in male and female turkey chicken. *Animal Sci. J.* 2012, 96: 1-7.
 36. Welcker J., Chastel O., Gabrielsen G.W. et al. Thyroid hormones correlate with basal metabolic rate but not field metabolic rate in a wild bird species. *PLoS ONE*. 2013, 8(2): 1-8. (doi:10.1371/journal.pone.0056229).
 37. Zabudskii Yu.I., Grigor'eva N.V. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya - Agricultural Biology*. 2000, 4: 87-92.
 38. Zarenkov N.A. *Teoreticheskaya biologiya* (Theoretical Biology). Moscow: MGU Publ., 1988, 216 p.
 39. Zhang L., Wu S., Wang J. et al. Changes of plasma growth hormone, insulin-like growth factors-I, thyroid hormones, and testosterone concentrations in embryos and broiler chickens incubated under monochromatic green light. *Italian J. Anim. Sci.* 2014, 13(3266): 530-535.

Comprehensive evaluation of the role of hormonal and metabolic factors acting during growth and development in broiler chickens

¹Kolesnik E.A., ²Derkho M.A.

¹*Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology, Chelyabinsk, Russian Federation;*

²*South-Ural State Agricultural University, Troitsk, Russian Federation*

ABSTRACT. The aim was a comprehensive study of complex metabolic and hormonal variables in broiler chickens in the conditions of industrial technology using the method of principal components (factor analysis). In 40 cross Hubbard broiler chickens at the age 1, 7, 23, 42 days (n=10) blood samples were taken for determining the concentration of metabolites and hormones (9 variables). To identify potential latent component in the structure of the relationships between the variables, a matrix of pair correlations was calculated and factor analysis conducted with the calculation of the factor weights of the variables (correlation coefficients between the measured parameters and latent factors in the test sample). In the studied age periods, it was revealed the existence of three latent statistically significant factors, and the structure of factor weights varied by periods. At the age of 1 day, significant ($P < 0.05$) weights of the variables by the first factor reflected the status of protein metabolism (total protein and urea – 0.84 and 0.86 respectively), the second factor reflected lipid metabolism (triglycerides and NEFA), the third factor – endocrine status (TSH and growth hormone). At the age of 42 days, statistically significant weights had three hormonal variables (ACTH, growth hormone, T3) on third factor, and three metabolic variables (total cholesterol, NEFA, TG) on the first factor. The results of the factor analysis are interpreted taking into account the age-related changes of the measured parameters. According to the authors, assessment of latent factors may be used as indicators of hormonal and metabolic components of adaptation and growth processes in poultry.

Keywords: broiler chickens, homeostasis and adaptation, growth and development, metabolism, endocrine status, factor analysis

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2015, 4: 72-81

Поступило в редакцию: 30.09.2015

Получено после доработки: 13.10.2015

Колесник Евгений Анатольевич, к.б.н., н.с., т. +7(952)528-33-29, evgeniy251082@mail.ru;
Дерхо Марина Аркадьевна, д.б.н., проф., зав. каф., derkho2010@yandex.ru.