

На правах рукописи

**Косов Александр Владимирович**

**Формирование костной ткани и её минерализация  
у цыплят-бройлеров при использовании  
витамино-минеральной добавки**

03.00.04 – биохимия

**А в т о р е ф е р а т**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Боровск – 2009

Работа выполнена в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия»

**Научный руководитель:** кандидат биологических наук  
**Н.В. Картамышева**

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук, профессор  
**Шапошников Андрей Александрович**  
доктор биологических наук  
**Черепанов Геннадий Георгиевич**

**Ведущее учреждение:** Всероссийский государственный научно-исследовательский институт животноводства

Защита состоится «        » \_\_\_\_\_ 2009 г.  
на заседании Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 006.030.01 ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных» по адресу: 249013 Калужская обл., Боровский р-н, пос. Институт ВНИИФБиП с.-х. животных. Тел.: 8(495)9963415, факс: 8(48438)42088

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных.

Автореферат разослан «        » \_\_\_\_\_ 2009 г.

Учёный секретарь совета Д 006.030.01,  
кандидат биологических наук

В.П.Лазаренко

## 1. Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** За несколько последних лет в России запатентованы и широко распространяются для производства мяса цыплят-бройлеров 11 новых высокопродуктивных кроссов птицы. Они характеризуются интенсивным ростом, низким расходом корма, высокой сохранностью поголовья и отличным выходом мяса. К окончанию периода откорма, в возрасте 42 суток, эта птица достигает средней массы 2050 г при затратах корма на 1 кг прироста живой массы менее 2,0 кг (В.И. Фисинин, 2002).

Для производства мяса в условиях Белгородской области используют такие высокопродуктивные кроссы как: «Арбор Эйкрз», «Гибро-G», «Hubbard ISA JV» и др. За последние 20 лет возраст достижения цыплятами-бройлерами живой массы 2,0 кг уменьшился с 63 до 42 суток, т.е. сроки откорма сокращаются в среднем на один день в год.

Однако селекция птицы на увеличение скорости роста живой массы без учета особенностей формирования костной ткани и прочности скелета привела к увеличению частоты «слабости конечностей» у цыплят-бройлеров высокопродуктивных кроссов. Поэтому изучение обмена веществ и разработка способов профилактики нарушений метаболических процессов в костной ткани приобретают особую актуальность.

В последние годы интенсивно ведутся исследования по изучению основных закономерностей остеогенеза и выявлению механизмов взаимодействия органических и кристаллических структур в костной ткани в норме и при патологических изменениях, о чем свидетельствуют многочисленные работы, проведенные в нашей стране и за рубежом (В.И. Георгиевский, 1979; Л.И. Слуцкий, 1985; Б.Д. Кальницкий, 1990, 1993; А.А. Душейко, 1989; В.М. Жуков, 1990; Н.В. Налан, 1985; D. Petterson, 1990; С.Г. Кузнецов, 1991, 2001; А.В. Езерская, 1997; В.И. Фисинин, 1990, 2002; Л.И. Тучемский, 2000, А.В. Скальный, 2004; Н.А. Мусиенко и др., 2006).

В связи с перспективностью новых кроссов птицы все чаще возникает необходимость дальнейшего совершенствования норм введения биологически активных веществ в комбикорма для цыплят-бройлеров с учетом их генетического потенциала. Представляет научный интерес изучение возможности предотвращения нарушений обмена веществ в костной ткани и деформации скелета у высокопродуктивных цыплят-бройлеров под влиянием витаминно-минеральной добавки «Бетацинол».

### **Цель и задачи исследований.**

Целью настоящей работы являлось изучение возрастных особенностей формирования органической матрицы костной ткани и степени ее минерализации у цыплят-бройлеров кросса «Арбор Эйкрз» в онтогенезе при использовании бетацинола.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить закономерности морфофункциональных изменений костной ткани у цыплят – бройлеров в возрастном аспекте;

2. Изучить особенности формирования органической матрицы костной ткани у мясных цыплят и уровень накопления коллагеновых белков;
3. Определить степень минерализации костной ткани у цыплят-бройлеров в ante- и постнатальный периоды роста и развития;
4. Выявить особенности минерализации костной ткани мясной птицы в онтогенезе под влиянием бетацинола.

**Научная новизна работы.** Впервые в условиях Центрально-Черноземной зоны проведено комплексное изучение остеогенеза у цыплят-бройлеров высоко-продуктивного кросса «Арбор Эйкрз» в ante- и постнатальный периоды онтогенеза с использованием биохимических и зоотехнических методов исследований. Установлено, что наиболее существенные изменения в формировании органической матрицы костной ткани и ее минерализации происходят в конце антенатального и в период раннего постнатального роста и развития птицы.

Максимальное накопление коллагеновых белков у цыплят-бройлеров отмечено в костной ткани опорных конечностей в момент вывода – в суточном возрасте; в костях периферического скелета – в недельном возрасте.

Минеральная насыщенность органического матрикса костей осевого и периферического скелета достигает максимума к окончанию периода откорма.

В процессе накопления коллагеновых белков и их минеральной насыщенности выявлены критические периоды: в стартовый период выращивания – в возрасте 14 суток; в финишный период – в возрасте 35 суток; при этом отмечено снижение минерализации и степени зрелости костной ткани, что может вызывать проявление синдрома «слабости конечностей».

**Практическая значимость.** Результаты наших исследований обоснована необходимость учета критических периодов при интенсивном выращивании мясной птицы. Это возрастные периоды 14 и 35 суток, когда отмечено снижение минеральной насыщенности органического матрикса костной ткани и понижение степени зрелости костей опорных конечностей, что может негативно отразиться на формировании, росте и созревании скелета цыплят-бройлеров и вызывать «слабость конечностей».

С целью повышения минерализации органической матрицы и плотности костной ткани целесообразно включать бетацинол дополнительно к основному рациону, в количестве 250 мг/т корма (5 млн. МЕ витамина А) в возрасте 1-28 суток и 200 мг/т корма (4 млн. МЕ витамина А) в возрасте 29-42 суток, что способствует повышению отношения Са: Р; Са: N и Са: коллаген в процессе онтогенеза в целом и в критические периоды роста и развития у цыплят-бройлеров кросса «Арбор Эйкрз».

Результаты исследований возрастных особенностей остеогенеза в зависимости от обеспеченности бетацинолом рекомендуется использовать в дальнейших научных разработках при изучении метаболизма костной ткани в норме и при патологии.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Остеогенез у цыплят-бройлеров кросса «Арбор Эйкрз» характеризуется различной интенсивностью метаболических процессов, в зависимости от возраста, типа кости (отдельных ее участков) и кормовых факторов.

2. Наиболее существенные изменения в процессе роста и развития птицы и метаболизме органических и минеральных компонентов костной ткани отмечены в конце антенатального и в раннем постнатальном онтогенезе.

3. В процессе формирования органической матрицы костной ткани и ее минерализации установлены критические периоды, соответствующие возрасту 14 и 35 суток, характеризующиеся снижением минеральной насыщенности органического матрикса и понижением степени зрелости костей опорных конечностей, что может негативно отразиться на формировании, росте и созревании скелета цыплят-бройлеров и вызывать «слабость конечностей».

4. Включение бетаинола в рацион высокопродуктивных цыплят-бройлеров кросса «Арбор Эйкрз» повышает степень минерализации органического матрикса и плотность костной ткани в процессе роста и развития в целом и в критические возрастные периоды.

### **Апробация работы.**

Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на:

- производственном совещании зооветспециалистов агрохолдинга «Белгранкорм» (Белгород, 2003);
- на конференции молодых ученых и аспирантов СПб ГАВМ «Предпосылки и эксперименты в науке» (Санкт-Петербург, 2004 г);
- расширенном заседании кафедры зоогигиены, экологии и кормления с.-х. животных и испытательной лаборатории Белгородской ГСХА (Белгород, 2004);
- на межлабораторном заседании отдела питания ВНИИФБиП с.-х. животных (Боровск, 2009).

Научные исследования по диссертации проводились в соответствии с тематическим планом Белгородской государственной сельскохозяйственной академии № 20/02 (1.19.54) от 11.01.2002 г. и № 153 от 07.06. 2002 г. Заказчик - Департамент АПК правительства администрации Белгородской области и ООО «Полисинтез».

**Публикация результатов исследования.** По материалам диссертации опубликовано 7 научных статей (одна из перечня ВАК).

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания материала и методов исследований, результатов собственных исследований, заключения, выводов, предложений производству, списка используемой литературы и приложения. Диссертация изложена на 187 страницах печатного текста, содержит 28 таблиц, проиллюстрирована 8 рисунками. Список литературы включает 286 источников, в том числе 65 зарубежных авторов.

## 2. Материал и методы исследования

Эксперименты проведены на цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Эйкрз» в ante- и постнатальный периоды роста и развития в производственных условиях ООО «Томаровский бройлер» Яковлевского района Белгородской области. Биохимические и токсикологические анализы выполнены в группе токсикологии испытательной лаборатории Белгородской государственной сельскохозяйственной академии, аттестат аккредитации РОСС.RU.0001. 510954 от 06.03.02 г. и НИИ патологии позвоночника и суставов им. М.И. Ситенко, г. Харьков. Определение безвредности бетацинола проводили на белых беспородных крысах по ГОСТ 12.1.007-76.

С целью изучения особенностей формирования скелета цыплят-бройлеров в процессе эмбриогенеза исследования проводили на куриных эмбрионах. Инкубацию яиц осуществляли в инкубаторе марки «ИУПФ-45». В процессе инкубации на 18-е сутки эмбриогенеза отобрали 120 штук яиц и поместили их на 30 минут в морозильную камеру холодильника для умерщвления эмбрионов. После вскрытия яиц для экспериментальных работ у эмбрионов отбирали образцы большеберцовой, бедренной и грудной костей.

В постнатальный период онтогенеза эксперимент проводили на цыплятах-бройлерах с 1- до 42-сут. возраста. Контрольная и опытные группы птицы были сформированы в суточном возрасте по принципу аналогов из партии цыплят одного вывода по 1700 голов в каждой. Всего в эксперименте находилось 6800 голов цыплят-бройлеров. Птица содержалась в одном типовом помещении в клеточных батареях марки КБКМ по 40 голов в каждой клетке при свободном доступе к корму и питьевой воде.

Изучаемая нами витаминно-минеральная добавка «Бетацинол» выпускается в ООО «Полисинтез» г. Белгород по ТУ ОП 9291-065-00481130-2000. Сертификат соответствия № РОСС.RU.ФВ01.А 06035, от 12.07.2001 г., выдан ОС ветеринарных препаратов и кормов ВГНКИ.

Бетацинол – вододисперсный препарат от оранжевого до темно-красного цвета со слабым специфическим запахом, хорошо смешивается с водой. В бетациноле содержится: 20 мг/мл бета-каротина; 5-8 мг/мл альфа-токоферола ацетата; 2,5% аскорбината цинка (в пересчете на цинк – 0,6%).

Бетацинол выпаивали птице опытных групп с водопроводной водой ежедневно с суточного до 42-сут. возраста.

Схема опыта представлена в табл. 1.

Птица первой (контрольной) группы в качестве основного рациона (ОР) получала полнорационный комбикорм (ГОСТ 18221-99) по нормам ВНИТИП 2000 г., представленный полнорационным комбикормом ПК-5 и ПК-6, сбалансированный по всем питательным и биологически активным веществам соответственно периодам выращивания (нормы Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ от 30.04.1997 г. «Об использовании биологически активных веществ при производстве премиксов и нормы их ввода в комбикорма» (Приложение 10).

Цыплята второй (опытной) группы в возрасте 1-28 суток (стартовый период) получали ОР, представленный полнорационным комбикормом ПК-5 по нормам ВНИТИП 2000 г и дополнительно – 2,5 млн. МЕ витамина А, что составило 25% от нормы по данному витамину и эквивалентно 125 мл бетацинола/т корма. В возрасте 29-42 суток (финишный период) птица получала ОР, представленный полнорационным комбикормом ПК-6 по нормам ВНИТИП 2000 г. и дополнительно – 2,0 млн. МЕ витамина А (25% нормы), что составило 100 мл бетацинола/т корма.

Цыплята третьей (опытной) группы в возрасте 1-28 суток получали ОР, представленный ПК-5 и дополнительно – 5,0 млн. МЕ витамина А (50% нормы) т.е. 250 мл бетацинола/т корма. В возрасте 29-42 суток птица получала ОР, представленный ПК-6 и дополнительно – 4,0 млн. МЕ витамина А (50% нормы), что составило 200 мл бетацинола/т корма.

Таблица 1. Схема опыта

Группы	Возраст цыплят-бройлеров	
	1- 28 суток	29-42 суток
1 – контрольная	100% (ОР), представленный ПК-5 по нормам ВНИТИП 2000г. ГОСТ 18221-99	100% (ОР), представленный ПК-6 по нормам ВНИТИП 2000г. ГОСТ 18221-99
2 – опытная	100% (ОР) + 125 мл бетацинола/т корма	100% (ОР) + 100 мл бетацинола/т корма
3 – опытная	100% (ОР) + 250 мл бетацинола/т корма	100% (ОР) + 200 мл бетацинола/т корма
4 – опытная	100% (ОР) + 375 мл бетацинола/т корма	100% (ОР) + 300 мл бетацинола/т корма

Рацион мясных цыплят четвертой (опытной) группы в стартовый период выращивания был представлен полнорационным комбикормом ПК-5 и дополнительно птица получала 7,5 млн. МЕ витамина А, что составило 75% нормы по данному витамину, т.е. 375 мл бетацинола/т корма. В финишный период роста и развития птица получала основной рацион – ПК-6 и дополнительно 6,0 млн. МЕ витамина А (75%), что составило 300 мл бетацинола/т корма.

В период исследования учитывали следующие показатели:

- сохранность поголовья – путем ежедневной оценки клинического состояния и учета павшей птицы с установлением причин падежа;

- живую массу птицы – путем индивидуального взвешивания по 500 голов из каждой группы в 1-, 7-, 14-, 21-, 28-, 35- и 42-сут. возрасте;

- абсолютный прирост живой массы (V) вычисляли по формуле:  $V = V_2 - V_1$ , где  $V_2$  – живая масса птицы в конце периода выращивания, г;  $V_1$  – живая масса птицы в начале периода выращивания, г;

- среднесуточный прирост живой массы ( $V_t$ ) рассчитывали по формуле:  $V_t = (V_2 - V_1) / (t_2 - t_1)$ , где  $t_2$  – возраст птицы в конце периода выращивания, суток;  $t_1$  – возраст в начале периода выращивания, сутки;

- интенсивность роста птицы определяли по относительному приросту живой массы (P, %), рассчитанному по формуле Майнота-Броди:

$$P = (V_2 - V_1) 100 / [0,5 (V_2 + V_1)];$$

- затраты корма на 1 кг прироста живой массы за период выращивания – путем ежедневного учета поедаемости корма.

С целью изучения особенностей роста и развития костной ткани мясных цыплят проводили убой птицы методом декапитации: в суточном возрасте в количестве 50 голов; в ходе эксперимента проводили убой цыплят в возрастном аспекте: в 7 суток – по 20 голов; в 14 суток – по 15 голов; в 21 сутки – по 10 голов; в 28 и 35 суток – по 7 голов; в 42 суток – по 5 голов из каждой группы. Объектом исследований служили кости периферического скелета – большеберцовая и бедренная кость и осевого скелета – грудная кость. При изучении механических характеристик опорных конечностей образцы большеберцовой и бедренной костей цыплят, полученные в 14-, 21-, 28-, 42-сут. возрасте, хранились в холодильной камере.

*Подготовка образцов к анализу.* Большеберцовую, бедренную и грудную кость после очистки от мягких тканей взвешивали. Размер трубчатых костей (большеберцовая, бедренная) определяли по двум показателям: длине – по самым крайним точкам и толщине диафиза – штангенциркулем в его середине. Образцы трубчатых костей разделяли на исследуемые зоны: эпифизы с метафизарными пластинками роста и диафиз. Затем все исследуемые кости высушивали до постоянной массы при температуре 65<sup>0</sup>С, при этом определяли первоначальную влагу без учета гигроскопической. После высушивания кости тщательно растирали в ступке до порошкообразного состояния и обезжиривали последовательной экстракцией в смеси спирт : эфир (1:3) в аппарате Сокслета в течение 2-х суток. Обезжиренный костный субстрат далее высушивали до постоянной массы и в нем определяется содержание органических компонентов.

Для определения компонентов минеральной фазы – кальция и фосфора проводили сжигание обезжиренной воздушно-сухой костной ткани в смеси кислот (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : HNO<sub>3</sub> : HClO<sub>4</sub>) – (1 : 3 : 1) по микрометоду (Б.Д. Кальницкий и др., 1988).

*Биохимические исследования.* Поскольку коллагеновые белки являются основным компонентом коллагеновых волокон и на 12-14% состоят из оксипролина, последний представляет собой своеобразную метку, по которой коллагеновые белки определяются в тканях (Т.В. Замараева, 1977). Содержание оксипролина определяли после предварительного гидролиза тканей по методу Л.И. Слуцкого (1969). Колориметрическое определение оксипролина в образцах проводили по методу Т.В. Замараевой. Для общей характеристики состояния органической матрицы костной ткани определяли содержание белкового азота по методу Кьельдаля.



Для характеристики компонентов неорганической фазы костной ткани в образцах определяли:

- зольность как показатель минерализации костной ткани – методом, описанным в справочном пособии «Методы биохимического анализа» (ред. Б.Д. Кальницкий, 1997);

- содержание кальция - на атомно-адсорбционном спектрофотометре ААС1N фирмы Carl Zeiss;

- содержание фосфора – по Пулсу (V.G. Puls, 1961); метод основан на способности фосфорной кислоты давать в растворе азотной кислоты комплексное соединение – ванадат-молибдат аммония, окрашенное в желтый цвет;

- механические характеристики костной ткани – прочность на излом, – на приборе FP-100 по методу, описанному в справочном пособии «Методы биохимического анализа» (ред. Б.Д. Кальницкий, 1997);

Оценку качества мяса проводили согласно «Правилам ветеринарно-санитарного осмотра убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мясных продуктов», 1984 г. и «Санитарным правилам и нормам 2.3.2.1078-01», М., 2002 г.

- экономическую эффективность рассчитывали согласно «Методике определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений» ВНИИПИ, М., 1983 г.

Полученный цифровой материал был обработан на персональной ЭВМ с использованием программы биометрической обработки «PGN 1,0», разработанной И.В. Наумкиным и В.В. Гартом (1991). Достоверность полученных результатов определяли с помощью t-критерия. Расчеты проведены по алгоритмам, изложенным в руководствах (Н.А. Плохинский, 1961; Л.В. Куликов, 1987).

### **3. Результаты исследований**

#### **3.1. Рост и развитие цыплят-бройлеров в возрастном аспекте**

Результаты еженедельного взвешивания свидетельствуют, что во все возрастные периоды живая масса цыплят-бройлеров, находящихся в эксперименте, соответствовала зоотехническим нормам для кросса «Арбор Эйкрз» (Л.И. Тучемский, 2000; табл. 2).

Об интенсивности роста птицы судили по относительному приросту живой массы, рассчитанному по формуле Майнота-Броди. Относительный прирост живой массы составил: в возрасте 1-7 суток – 107,7%; в 8 -14 суток – 80,6%; в 15 - 21 сутки – 68,6%; в 22- 28 суток – 42,8%; в 29- 35 суток – 30,6%; в 36 - 42 суток – 26,0%.

Таким образом, с возрастом прослеживается снижение интенсивности роста птицы, при этом наиболее интенсивный рост цыплят-бройлеров отмечался в ранний постнатальный период.

Таблица 2. Динамика живой массы цыплят-бройлеров, г

Группы	Возраст, суток							Ср.суточный прирост, г
	1	7	14	21	28	35	42	
1 ( контроль)	41,8	139,4 ±2,6	327,9 ±4,0	670,1 ±7,1	1035,2 ±9,9	1410,1 ±12,5	1832,1 ±16,3	42,6
2	42,0	148,0 ±3,1*	356,4 ±3,9***	729,7 ±7,8***	1127,3 ±9,3***	1537,0 ±13,0**	2002,4 ±15,6***	46,7
± к контролю, %	-	+ 6,2	+ 8,7	+ 8,9	+ 8,9	+ 9,0	+9,3	+9,6
3	41,8	154,6 ±3,2***	369,9 ±4,2****	770,6 ±6,9***	1192,5 ±9,0***	1620,2± 12,1***	2119,7 ±15,6***	49,5
± к контролю, %	-	+ 10,9	+ 12,8	+ 15,0	+ 15,2	+ 14,9	+15,7	+ 16,1
4	41,9	146,9 ±3,0	346,9 ±4,1**	710,3 ±7,4***	1101,4 ±9,5***	1496,1 ±13,2***	1957,0 ±16,0***	45,6
± к контролю, %	-	+ 5,4	+ 5,8	+ 6,0	+ 6,4	+ 6,1	+ 6,8	+ 7,0

Примечание: здесь и далее \* P<0,05; \*\* P<0,01; \*\*\* P<0,001 по сравнению с контролем для опытных групп и с предыдущим возрастным периодом для контрольной группы.

Сохранность птицы к окончанию срока откорма была на уровне 93,7% в контроле и 96,7- 97,5% в опытных группах.

Показатель расхода корма на 1 кг прироста живой массы в контрольной группе составил 2,06 кг, против 1,97- 2,00 кг в опытных группах.

Включение в рацион цыплят-бройлеров бетацинола в количестве 125-375 мл/т корма в стартовый период и 100-300 мл/т корма в финишный период выращивания стимулировало рост и развитие птицы: среднесуточный прирост живой массы возрос на 7,0-16,1%; сохранность птицы повысилась на 3,2-4,1%; абсолютный прирост живой массы увеличился на 6,8-15,7%; затраты корма на 1 кг прироста живой массы снизились на 3,0 - 4,5% по сравнению с контролем.

При этом лучшие результаты при откорме птицы наблюдались в группе птицы, получавшей Бетацинол из расчета 250 и 200 мл/т корма в зависимости от периода выращивания, где индекс продуктивности превышал контроль на 51,4%.

Скороспелость и слабость ног у цыплят-бройлеров имеют прямую корреляцию, так как скорость роста опорного аппарата отстает от скорости увеличения массы тела. На протяжении экспериментального периода при еженедельном индивидуальном взвешивании проводили визуальный осмотр птицы и обращали внимание на состояние опорных конечностей и грудной кости. Деструктивные изменения проявлялись в искривлении большеберцовой кости, утолщениях и вывихах голеноплюсневых и коленных суставов, искривлении грудной кости с образованием на ней наминов. В контрольной группе птицы пораженных особей было 23,4%, во 2-й – 6,2%, в 3-й – 3,1%, в 4-й – 3,7%. У цыплят-бройлеров с деформированными конечностями наблюдалась хромота, большую часть времени птица лежала и не подходила к кормушкам и поилкам и в результате отставала в росте и развитии.

Данные морфометрических исследований свидетельствуют о том, что наиболее интенсивный рост периферического скелета – большеберцовой и бедренной кости и осевого скелета – грудной кости, отмечался в период раннего постнатального онтогенеза и с увеличением возраста постепенно снижался. Так, в возрастной период с суточного до 21-сут. возраста абсолютная масса большеберцовой, бедренной и грудной костей увеличилась в 14,2; 16,0 и 17,7 раза; в то время как с 21 до 42-сут. возраста – лишь в 3,2; 3,1 и 4,7 раза соответственно.

Анализ динамики относительной массы костей скелета к живой массе показал, что к моменту вылупления из яйца масса костей опорного скелета превосходила массу костей осевого скелета. Так, в суточном возрасте относительная масса большеберцовой кости на 44,4%, а бедренной – на 36,6% была выше, чем у эмбрионов; в то время как масса грудной кости увеличилась лишь на 19,2%, что является свидетельством первостепенной роли опорных конечностей цыплят в момент вывода из яйца, и в первые дни самостоятельной активной жизни.

Характерной особенностью для цыплят-бройлеров кросса «Арбор Эйкрз» является тот факт, что к 7-сут. возрасту, по сравнению с суточным, относительная масса большеберцовой и бедренной костей статистически значимо снизилась на 17,6% и 12,5% соответственно с последующим увеличением к 14-сут. возрасту. Следовательно, в период наиболее интенсивного роста и развития у мясных цыплят данного кросса нарушалось пропорциональное развитие костей опорных конечностей (большеберцовая и бедренная кость) и всего организма в целом, что может приводить к чрезмерному повышению биомеханической нагрузки на опорный аппарат птицы и вызывать «слабость конечностей».

Включение бетацинола в состав рациона мясных цыплят способствовало повышению абсолютной и относительной массы исследуемых костей скелета. Лучшие результаты получены при включении бетацинола в дозе 250 и 200 мг/т корма соответственно периодам выращивания, где абсолютная масса большеберцовой, бедренной и грудной кости к окончанию откорма статистически значимо превосходила контроль на 16,9 -19,6%.

О степени роста кости судят не только по показателю ее массы, но и по ее линейным параметрам, таким как физиологическая длина, ширина и обхват диафиза и индексу абсолютной массивности. При анализе этих показателей можно отметить, что в период раннего постнатального онтогенеза (1-21 сутки) происходит наиболее интенсивное – в 2,2 раза увеличение линейных параметров – физиологической длины и обхвата диафиза большеберцовой и бедренной костей. В период с 21 до 42 суток эти параметры возросли лишь в 1,4-1,5 раза, т.е. по мере роста и развития организма птицы интенсивность прироста линейных параметров постепенно снижается.

Так, абсолютная массивность (показатель, который отражает отношение абсолютной массы к физиологической длине) в стартовый период роста и развития находилась на достаточно высоком уровне и в первую неделю жизни цыплят возросла в 2,1 и 2,2 раза; во вторую – в 2,0 и 1,9 раза; в третью – в 1,6 и 1,7 раза соответственно в большеберцовой и бедренной кости. В последующем в финишный период выращивания прирост абсолютной массивности этих костей несколько снизился и за четвертую неделю возрос в 1,3 и 1,4 раза, а к окончанию периода откорма (пятая и шестая недели выращивания) – в 1,2 раза.

Под действием бетацинола отмечалось увеличение линейных параметров изучаемых костей цыплят-бройлеров. Величина индекса абсолютной массивности опорных конечностей цыплят, получавших 250-200 мг бетацинола/т корма была выше в среднем на 13,4% по сравнению с контролем.

Функциональное состояние костной ткани определяется ее прочностью, опороспособностью. Одним из наиболее важных показателей, отражающих степень минерализации скелета, является прочность костей на излом.

В нашем эксперименте прослеживается закономерность по повышению механической прочности на излом большеберцовой и бедренной кости с увеличением возраста птицы. Так, за период с 14 до 21 суток прочность на излом большеберцовой и бедренной кости статистически значимо возросла на 12,4 ( $P < 0.01$ ) и 11,2% ( $P < 0.05$ ), а к 28 суткам – на 17,0 и 15,1% ( $P < 0.01$ ) по сравнению с предыдущим возрастом. В период спада процесса минерализации костной ткани (в 35-сут. возрасте) прочность на излом снизилась на 6,1 и 5,0% в большеберцовой ( $P < 0.01$ ) и бедренной кости ( $P < 0.05$ ), но к 42-сут. возрасту данный показатель увеличился на 7,3 и 6,6% в сравнении с предыдущим возрастом. При этом прочность на излом большеберцовой кости была выше, чем бедренной во все возрастные периоды.

При включении бетацинола в рацион птицы опытных групп наблюдалась тенденция к повышению прочности на излом, что связано с более высокой степенью минерализации опорных костей скелета, но статистически достоверные различия зарегистрированы в 3-й группе птицы в возрасте 28 суток, где этот показатель был выше на 2,8% ( $P < 0.05$ ) и 3,6% ( $P < 0.05$ ), чем в контроле.

### 3.2. Компоненты органической матрицы костной ткани цыплят-бройлеров в зависимости от возраста и кормления

При анализе содержания воды в костной ткани цыплят-бройлеров четко прослеживается возрастная дегидратация скелета. Следует отметить, что во все возрастные периоды содержание воды в эпифизах трубчатых костей было выше, чем в диафизах, в среднем в 1,7- 2,3 раза, что свидетельствует о различном соотношении минеральной и органической фазы и обусловлено различной функцией этих участков костей, а также различной напряженностью обменных процессов.

Основным фактором гомеостаза костной ткани, ее адаптации к воздействию различных факторов является функциональное состояние органического матрикса костной ткани, количественной характеристикой которого является содержание общего азота.

При анализе данных по содержанию общего азота в костной ткани цыплят-бройлеров кросса «Арбор Эйкрз» видно, что максимальное содержание общего азота в костной ткани отмечено в антенатальный период онтогенеза у эмбрионов 18-сут. возраста и у цыплят в период раннего постнатального онтогенеза. Так, к суточному возрасту цыплят, в сравнении с 18-сут. возрастом антенатального онтогенеза уровень общего азота статистически значимо снизился на 14,4% в трубчатых костях и на 13,2% в грудной кости. К возрасту 7 суток отмечалось дальнейшее снижение общего азота: в эпифизах – на 15,2; в диафизах – на 11,5; в грудной кости – на 21,1% по отношению к суточному возрасту.

По мере увеличения возраста птицы происходит снижение уровня общего азота в исследуемых костях осевого и периферического скелета, которое совпадает с повышением уровня компонентов минеральной фазы. К 42-сут. возрасту зарегистрировано статистически значимое снижение содержания общего азота в диафизах большеберцовой и бедренной костей на 5,6; в грудной – на 8,6% в сравнении с предыдущим возрастом.

Во все возрастные периоды онтогенеза птицы содержание общего азота в эпифизах трубчатых костей было выше, чем в диафизах, что объясняется их большей метаболической активностью и меньшей степенью минерализации.

При включении в состав рациона мясных цыплят бетацанола в различных дозировках отмечалась тенденция к снижению концентрации общего азота в костной ткани, хотя статистически значимых различий с контролем не установлено. Снижение уровня общего азота в исследуемых костях птицы опытных групп совпадает с повышением уровня компонентов минеральной фазы и более высокими прочностными характеристиками костей скелета цыплят-бройлеров, получавших в составе рациона бетацанола.

Коллаген в костной ткани занимает ключевую позицию в процессе минерализации и обеспечении механико-прочностных характеристик. При анализе полученных нами данных (рис. 1) установлено, что максимальное развитие сети коллагеновых волокон, которая в дальнейшем минерализуется и обеспечивает прочность костной ткани, отмечено в период антенатального и раннего постнатального онтогенеза.

Характерно, что динамика содержания общего коллагена в осевом скелете (грудная кость) и периферическом скелете (большеберцовая и бедренная кость) была различной.

Максимальный уровень коллагенообразования отмечен в костях опорного скелета (большеберцовая и бедренная кость) в момент вывода цыплят – в суточном возрасте; в осевом скелете (грудная кость) – в 7-сут. возрасте постнатального онтогенеза. Это объясняется тем, что высокий уровень коллагенообразования и кальцификации скелета цыплят в момент вылупления цыплят необходим для обеспечения механической прочности опорных конечностей.

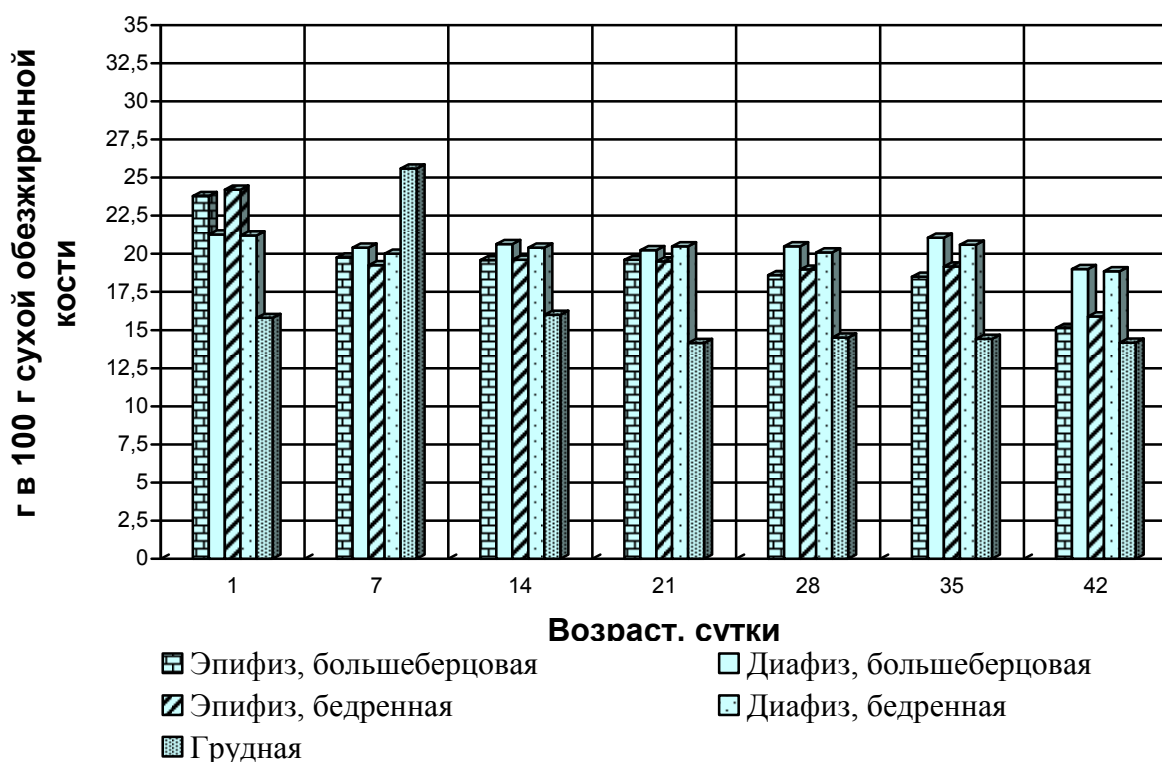


Рис. 1. Содержание общего коллагена в костной ткани птицы

В момент спада минерализации костной ткани у цыплят-бройлеров кросса «Арбор Эйкрз» в 14- и 35-сут. возрасте, уровень общего коллагена в опорных костях конечностей существенно не изменялся и оставался на уровне предыдущего возраста.

В процессе роста и развития содержание коллагена в костной ткани несколько снижается и во второй половине онтогенеза остается сравнительно постоянной величиной. К окончанию периода выращивания птицы (возраст 42 суток) уровень общего коллагена достоверно снизился в эпифизах большеберцовой и бедренной кости в среднем на 17,6; в диафизах на 9,0% по сравнению с предыдущим возрастом.

Таким образом, с увеличением возраста у цыплят-бройлеров происходит накопление в костной ткани минеральных веществ, что приводит к понижению уровня коллагена при расчете на 100 г сухой обезжиренной кости.

При включении в состав рациона цыплят-бройлеров бетацинола в различных дозировках отмечалась тенденция к снижению уровня коллагена, хотя эти различия не являлись статистически значимыми.

К окончанию периода эксперимента содержание общего коллагена в костной ткани цыплят, получавших 200 и 250 мл бетацинола/т корма снизилось статистически значимо, по сравнению с контролем; в эпифизах трубчатых костей на 5,2% ( $P < 0.05$ ); в диафизах - на 3,0% ( $P < 0.05$ ). Снижение уровня коллагена в костной ткани цыплят опытных групп происходило на фоне повышения уровня минеральных компонентов, что способствовало более высокой минеральной насыщенности костной ткани.

### 3.3. Динамика минерализации костной ткани у цыплят-бройлеров

Содержание золы в костной ткани является одним из важных показателей, характеризующих уровень ее минерализации в различные периоды роста и развития цыплят-бройлеров.

При анализе этого показателя видно, что окостенение скелета цыплят-бройлеров начинается в эмбриональный период, при этом уровень золы в опорных костях конечностей 18-сут. эмбрионов был выше, чем в грудной кости в 2,2 раза и к моменту вывода статистически значимо повысился в большеберцовой – на 11,0%, в бедренной – на 9,2%, в грудной – на 8,8%.

Наиболее интенсивно минерализация протекает на ранних стадиях формирования органического матрикса (с суточного до 7-сут. возраста). К возрасту 7 суток зольность эпифизов большеберцовой и бедренной кости возросла на 34,0 и 32,8%, диафизов – на 15,3 и 12,0%. Наиболее существенно – в 1,9 раза возрос уровень золы в грудной кости (рис. 2).

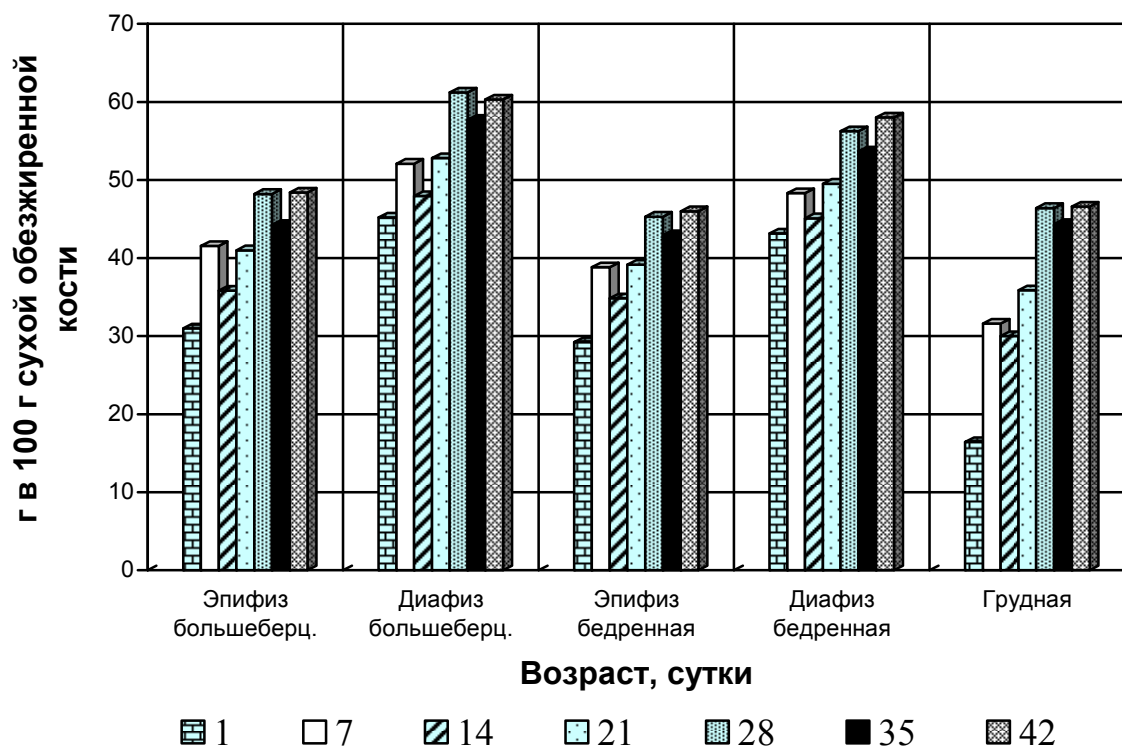


Рис. 2. Содержание золы в костной ткани цыплят-бройлеров

Таким образом, к моменту вылупления цыплят большей зольностью отличаются кости опорных конечностей, а кости осевого скелета минерализуются несколько позже.

С увеличением возраста птицы зольность исследуемых костей повышалась, достигая максимальных величин к 42-сут. возрасту, что обеспечило высокую степень минерализации костной ткани цыплят. При этом минерализация костей скелета носит циклический характер, который характеризуется периодами спада в накоплении зольных элементов в костях опорных конечностей: в возрасте 14 суток – на 6,7-13,8% и 35 суток – на 3,8-6,0%, что, по-видимому, объясняется генетическими особенностями данного кросса птицы.

На протяжении всего периода онтогенетического развития уровень зольности большеберцовой кости был выше, чем бедренной, что указывает на ее высокую метаболическую активность. Степень минерализации эпифизов изучаемых костей во все возрастные периоды была ниже, чем диафизов, что подтверждается меньшим содержанием в них золы.

Установлено положительное действие бетацинола на накопление золы в исследуемых костях скелета. Статистически значимое повышение зольности костей опытной птицы отмечено при включении бетацинола в количестве 250 и 200 мг/т корма, где данный показатель возрос на 2,9 - 3,8% по сравнению с контролем ( $P < 0,05$ ).

По содержанию кальция и фосфора в костной ткани отмечена динамика, аналогичная возрастному содержанию золы. Наибольшая скорость кальцификации скелета обнаружена в конце антенатального и в ранний постнатальный период онтогенеза, в возрасте 1-7 суток (табл. 3).

К возрасту 7 суток, по сравнению с суточным возрастом, содержание кальция в грудной кости возросло в 2,7 раза; в эпифизах большеберцовой и бедренной костей – в 1,6 раза; в диафизах – в 1,4 раза.

В процессе роста и развития цыплят-бройлеров кальцификация скелета повышалась и к 28-сут. возрасту отмечалось максимальное накопление кальция в исследуемых костях, которое было на уровне 42-сут. возраста.

При этом отмечают критические периоды в минерализации костной ткани: в стартовый период – в возрасте 14-ти суток, отмечено статистически значимое снижение уровня кальция в большеберцовой и бедренной кости в среднем на 7,8%; в финишный период выращивания – в возрасте 35-ти суток в этих же костях – на 5,3% по сравнению с предыдущим возрастом.

По-видимому, нарушение процессов оссификации костной ткани цыплят кросса «Арбор Эйкрз» в эти возрастные периоды связано с тем, что в этот период происходит активный синтез компонентов органического матрикса кости, который преобладает над процессами минерализации скелета, т.е. между органической и неорганической частями костей нарушается нормальное соотношение.

Характерно, что в эти возрастные периоды очень часто наблюдаются случаи заболеваний опорных конечностей – «слабость ног», что приводит к увеличению отбраковки и падежа птицы. Изучаемый нами комплексный препарат «Бетацинол» способствовал повышению кальцификации костной ткани опытной птицы в целом и в критические периоды роста и развития мясных цыплят кросса «Арбор Эйкрз», тем самым снижая проявление симптомов «слабости конечностей».



Таблица 3. Содержание кальция в костной ткани цыплят-бройлеров  
(г в 100 г сухой обезжиренной ткани)

Воз- раст, сут.	Группы	Название кости				
		большеберцовая		бедренная		грудная
		эпифиз	диафиз	эпифиз	диафиз	
Аntenат., 18сут.		7,50 ± 0,18		7,35 ± 0,08		2,61 ± 0,08
Постнатальный период						
1		6,42 ± 0,11***	10,20 ± 0,12***	6,27 ± 0,10***	9,75 ± 0,10***	2,85 ± 0,08***
7	1	10,08 ± 0,09***	13,90 ± 0,11***	9,82 ± 0,12***	13,06 ± 0,17***	7,70 ± 0,13***
	2	10,21 ± 0,14	14,00 ± 0,15	9,90 ± 0,13	13,00 ± 0,22	7,75 ± 0,18
	3	10,30 ± 0,12	14,21 ± 0,13	10,22 ± 0,19	13,34 ± 0,18	7,94 ± 0,21
	4	10,10 ± 0,20	13,86 ± 0,18	10,00 ± 0,22	12,85 ± 0,23	7,86 ± 0,16
14	1	9,00 ± 0,14***	12,98 ± 0,18***	8,93 ± 0,11***	12,40 ± 0,14***	7,39 ± 0,15
	2	9,30 ± 0,20	12,65 ± 0,11	9,10 ± 0,17	12,34 ± 0,14	7,62 ± 0,14
	3	9,38 ± 0,18	13,04 ± 0,17	9,19 ± 0,15	12,25 ± 0,15	7,54 ± 0,19
	4	8,90 ± 0,16	13,00 ± 0,19	9,00 ± 0,20	12,46 ± 0,19	7,40 ± 0,12
21	1	10,09 ± 0,16***	14,20 ± 0,15***	9,96 ± 0,14***	13,45 ± 0,10***	8,64 ± 0,10***
	2	10,16 ± 0,18	14,22 ± 0,16	9,85 ± 0,18	13,52 ± 0,18	8,80 ± 0,13
	3	10,37 ± 0,25	14,90 ± 0,19*	10,28 ± 0,13	14,00 ± 0,10	9,00 ± 0,20
	4	10,62 ± 0,13	14,00 ± 0,12	10,10 ± 0,14	13,95 ± 0,20	8,95 ± 0,19

При исследовании возрастной динамики отложения фосфора в костной ткани установлено, что в периоды антенатального роста и развития (возраст 18 суток) и раннего постнатального онтогенеза (суточный возраст) в костной ткани цыплят отмечено минимальное содержание фосфора, с последующим его увеличением в процессе роста и развития птицы. Видимо, это объясняется некоторым замедлением процессов накопления минеральных компонентов в костной ткани вследствие более интенсивного синтеза компонентов органического матрикса кости.

К возрасту 7 суток повышение уровня фосфора было статистически достоверным: в грудной кости – в 2,2 раза, в эпифизах большеберцовой и бедренной кости в среднем на 28,6%; в диафизах – на 22,3% по сравнению с суточным возрастом птицы.

При анализе возрастной динамики отложения фосфора в исследуемых участках костей (до 42-сут. возраста) установлено, что с увеличением возраста птицы прослеживается тенденция к увеличению уровня фосфора.

При включении в состав рациона цыплят-бройлеров бетацинола в различных дозировках отмечалась тенденция к снижению содержания фосфора в исследуемых костях. Статистически достоверным, по сравнению с контролем, было снижение уровня фосфора, в среднем на 5,5% ( $P < 0,05$ ) в трубчатых костях цыплят 3-й и 4-й опытных групп в финишный период выращивания.

Одновременно с количественными изменениями в минеральной фазе исследуемых костей в процессе онтогенеза происходят значительные качественные изменения, что подтверждается данными по возрастной динамике отношения Са: Р (рис. 3). С увеличением возраста цыплят-бройлеров отмечается повышение коэффициента Са: Р в исследуемых костях, что характеризует качественные изменения в составе костного апатита и указывает на уменьшение доли растворимого оксикальцийфосфата и повышение доли нерастворимого оксиапатита. Причем, наиболее интенсивными темпами отношение Са: Р возрастает в период раннего постнатального онтогенеза. К возрасту 7 суток, по сравнению с суточным, величина отношения Са: Р статистически достоверно возросла: в грудной кости – на 21,8%; в эпифизах большеберцовой и бедренной костей – на 20,8%; в диафизах – на 8,7%.

В периоды спада минерализации костной ткани птицы отмечалось статистически значимое снижение коэффициента Са: Р в трубчатых костях: в 14-сут. возрасте в среднем на 6,8%; в 35-сут. возрасте – на 5,4% по сравнению с предыдущим возрастом, что объясняется снижением уровня кальция на фоне мало изменившихся значений фосфора.

Включение бетацинола в изучаемых дозировках оказало положительное влияние на процессы минерализации костной ткани, что проявилось в повышении коэффициента Са: Р на протяжении всего периода выращивания птицы, и что особенно важно – в 35-сут. возрасте птицы. У цыплят-бройлеров получавших бетацинол в количестве 250 и 200 мг/т корма в различные возрастные периоды наблюдалось статистически значимое повышение отношения Са: Р в исследуемых участках костей в 21-, 28- и 42-сут. возрасте в среднем – на 7,8% по сравнению с контролем ( $P < 0,05$ ).

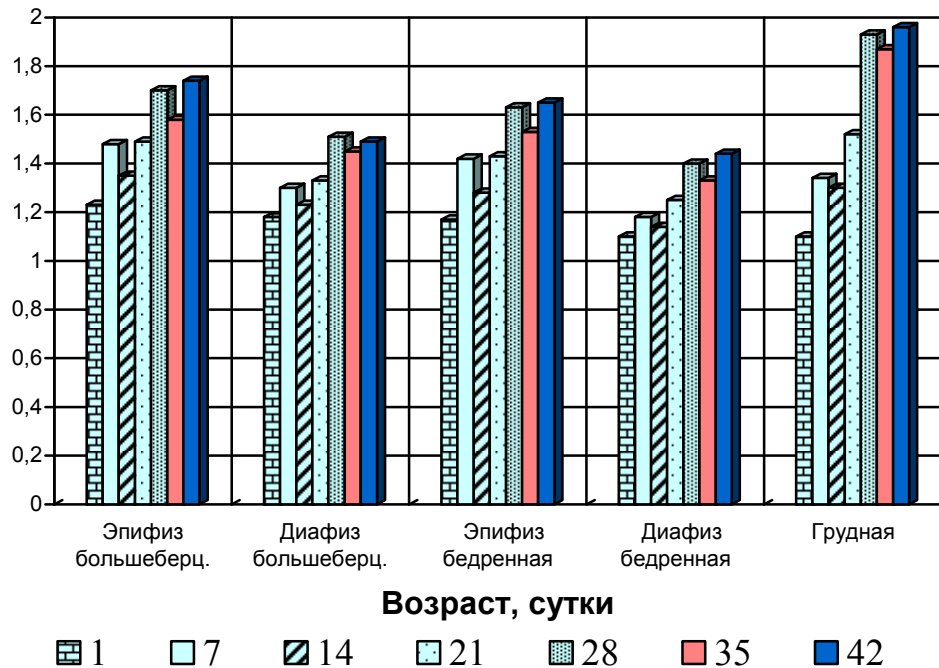


Рис. 3. Возрастные изменения коэффициента Ca:P в костной ткани у цыплят-бройлеров

В период спада минерализации, в возрасте 35 суток, в изучаемых участках костей цыплят этой группы величина коэффициента Ca: P возросла в среднем на 8,6% по сравнению с контролем, что положительно отразилось на повышении прочностных характеристик костной ткани.

Органическая и минеральная фазы кости находятся в постоянном взаимодействии и изменение их соотношения в ту или иную сторону характеризует преобладание процессов формирования органического матрикса кости или ее минеральной фазы, поэтому величина отношения кальция к азоту является важным показателем степени минерализации костной ткани.

При анализе коэффициента Ca: N можно заключить, что минеральная насыщенность органического матрикса костей осевого и периферического скелета цыплят бройлеров повышается в период раннего постнатального онтогенеза и достигает своего максимума к окончанию периода откорма (рис. 4).

Установлено, что минеральная насыщенность органического матрикса костей опорных конечностей была выше, чем костей осевого скелета: в антенатальный период в 3,7 раза; в суточном возрасте – в 3,2 раза; в 7-сут. – в 1,8 раза; в 14-сут. – в 1,7 раза; в 21-сут. – в 1,5 раза; в 28-сут. – в 1,4 раза; в 42-сут. – в 1,3 раза.

Данная закономерность объясняется первостепенной ролью опорных конечностей в момент вывода из яйца и в начале самостоятельной жизни, в момент формирования готовности к приему корма и воды. Кости осевого скелета, на примере грудной кости, не имеют столь важного значения к моменту вывода из яйца и минеральная насыщенность этих костей ниже, хотя на последующих этапах постнатального онтогенеза процесс минерального насыщения этих костей повышается. Но в целом при анализе минеральной насыщенности органического матрикса костей осевого (грудная кость) и периферического скелета (опорные конечности) лидирующая роль принадлежит последним.

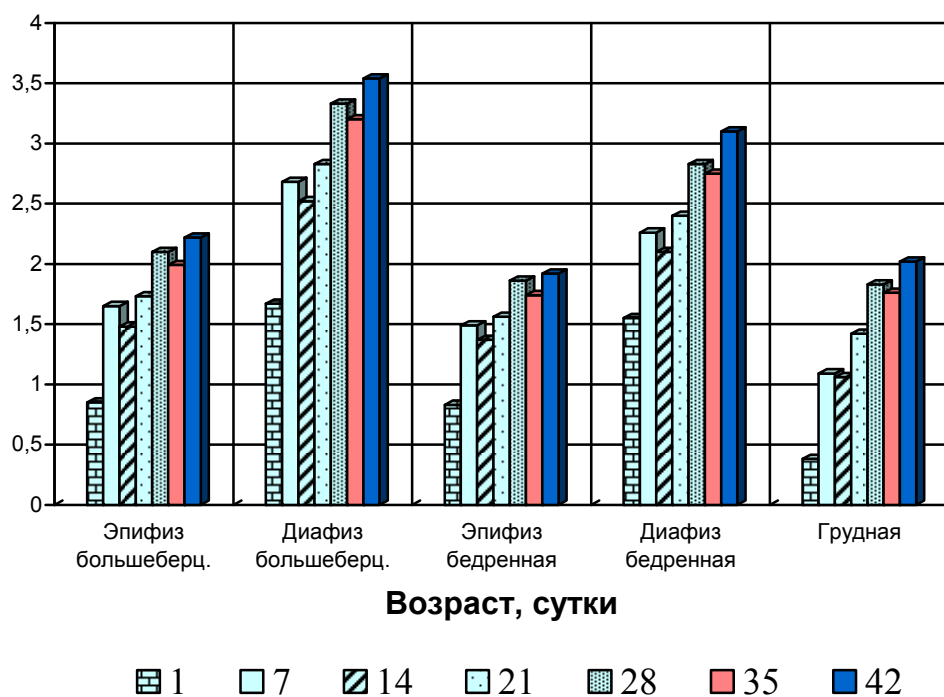


Рис. 4. Возрастные изменения коэффициента Ca:N в костной ткани у цыплят-бройлеров

В 7-сут. возрасте цыплят, по сравнению с суточным, отмечалось наиболее существенное, за весь период роста, повышение коэффициента Ca: N; в эпифизах большеберцовой и бедренной костей – в 1,8-1,9 раза; в диафизах – в 1,5-1,6 раза; в грудной кости – в 1,4 раза, что является свидетельством высокой степени минерализации органического матрикса костей скелета в этот возрастной период.

В онтогенезе мясных цыплят кросса «Арбор Эйкрз» наблюдаются периоды спада минеральной насыщенности органического матрикса костей опорных конечностей (большеберцовая и бедренная) в стартовый период роста – в возрасте 14 суток; в финишный период – в возрасте 35 суток всех исследуемых костей. Так, в 14-сут. возрасте цыплят, статистически значимое понижение величины отношения Ca: N в эпифизах большеберцовой и бедренной кости составило 10,3 и 8,0%; в диафизах – 6,0 и 7,1%.

В возрасте 35 суток отмечено снижение минеральной насыщенности органического матрикса эпифизов трубчатых костей на 6,1%, диафизов – на 3,2%, грудной кости – на 3,8% по отношению к предыдущему возрасту.

К окончанию периода выращивания птицы (в возрасте 42 суток) степень минерализации органического матрикса костной ткани цыплят была максимальной, о чем свидетельствует повышение величины отношения Ca: N в исследуемых костях в среднем на 12,0% по сравнению с предыдущим возрастом. При сравнительном анализе минеральной насыщенности органического матрикса большеберцовой и бедренной кости приоритет остается за большеберцовыми костями во все изученные нами возрастные периоды.

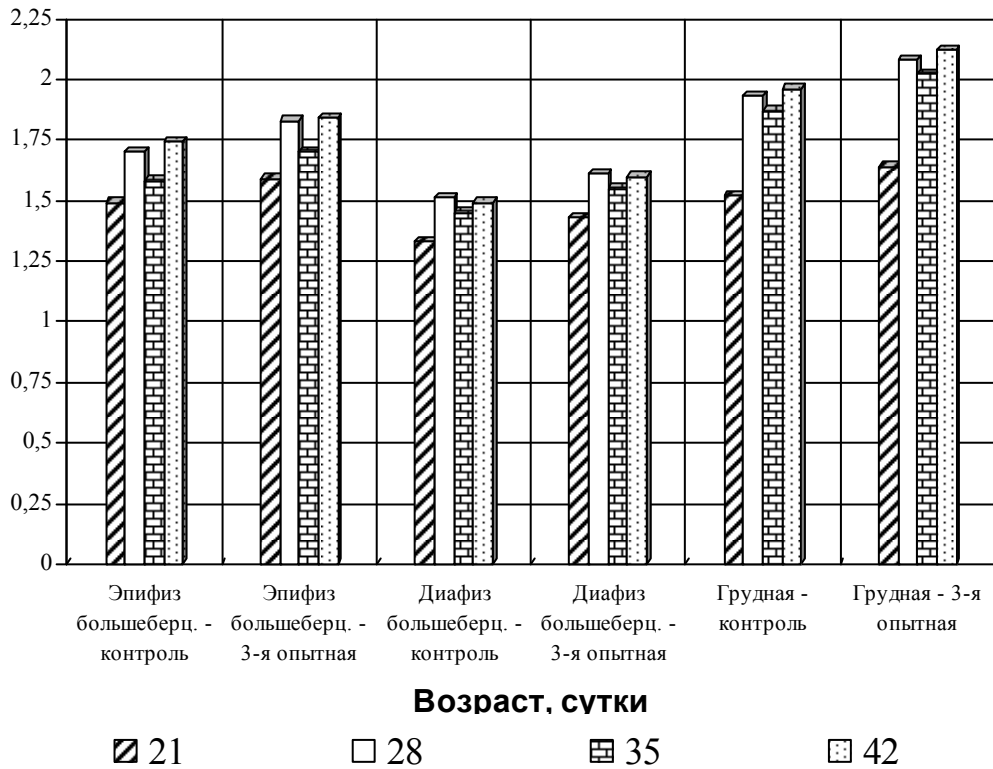


Рис. 5. Возрастные изменения коэффициента Ca:N в костной ткани у цыплят-бройлеров

Включение бетацинола в состав рациона мясных цыплят оказало положительное влияние на процесс обогащения коллагеновых белков солями кальция, что привело к повышению минерализации костной ткани опытной птицы.

Включение бетацинола в рацион кормления мясной птицы способствует повышению минеральной насыщенности костей скелета цыплят-бройлеров (рис. 5). Установлено статистически значимое, по сравнению с контролем, увеличение коэффициента Ca: N в группе птицы, получавшей бетацинол в дозе 250 и 200 мл/т корма, где в возрасте 14 суток повышение составило в среднем 5,9%; в 21 сутки – 4,1%; в 28 суток – 5,3%; в 35 суток – 6,3%; в 42 суток – 4,8%.

Поскольку главным субстратом для связывания минералов является коллаген, то о его минеральной насыщенности, а, следовательно, и степени зрелости костной ткани судят по величине отношения кальция к коллагену.

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что по мере увеличения возраста отмечалось и повышение минеральной насыщенности коллагеновых белков исследуемых костей скелета птицы, что указывает на высокую степень зрелости костной ткани. Наиболее существенно повысилась минеральная насыщенность коллагеновых белков к 7-сут. возрасту цыплят: в эпифизах – в 1,9 раза; в диафизах – в 1,4 раза; в грудной кости – в 1,6 раза по сравнению с суточным возрастом (табл. 4).

Таблица 4. Возрастные изменения коэффициента Са : коллаген в костной ткани

Возраст, сутки	Группы	Название кости				
		большеперцовая		бедренная		грудная
		эпифиз	диафиз	эпифиз	диафиз	
Аntenатальный, 18 суток		0,34 ± 0,006		0,33 ± 0,009		0,12 ± 0,01
Постнатальный период						
1		0,27 ± 0,005	0,48 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,46 ± 0,008	0,18 ± 0,01**
7	1	0,51 ± 0,01***	0,68 ± 0,01***	0,51 ± 0,02***	0,65 ± 0,01***	0,30 ± 0,02***
	2	0,49 ± 0,01	0,67 ± 0,02	0,50 ± 0,01	0,67 ± 0,03	0,32 ± 0,03
	3	0,51 ± 0,02	0,69 ± 0,01	0,54 ± 0,03	0,69 ± 0,01	0,33 ± 0,01
	4	0,52 ± 0,04	0,70 ± 0,03	0,53 ± 0,04	0,66 ± 0,02	0,31 ± 0,02
14	1	0,46 ± 0,01**	0,63 ± 0,008**	0,45 ± 0,02*	0,61 ± 0,01*	0,46 ± 0,01***
	2	0,46 ± 0,01	0,64 ± 0,03	0,43 ± 0,02	0,63 ± 0,02	0,48 ± 0,01
	3	0,49 ± 0,01	0,67 ± 0,02	0,48 ± 0,02	0,68 ± 0,03	0,49 ± 0,02
	4	0,47 ± 0,03	0,65 ± 0,02	0,49 ± 0,04	0,65 ± 0,04	0,47 ± 0,02
21	1	0,52 ± 0,01**	0,70 ± 0,01***	0,51 ± 0,01**	0,66 ± 0,01*	0,61 ± 0,02***
	2	0,51 ± 0,04	0,71 ± 0,02	0,50 ± 0,05	0,65 ± 0,02	0,60 ± 0,03
	3	0,56 ± 0,01*	0,74 ± 0,01*	0,55 ± 0,01*	0,70 ± 0,05*	0,65 ± 0,01*
	4	0,52 ± 0,02	0,72 ± 0,02	0,53 ± 0,03	0,67 ± 0,04	0,62 ± 0,04

В процессе онтогенеза минеральная насыщенность коллагеновых белков костной ткани повышалась, достигая своего максимума к окончанию периода откорма в возрасте 42 суток, что отражает общебиологическую закономерность роста и развития организма птицы.

Особенностью для цыплят-бройлеров кросса «Арбор Эйкрз» является снижение минеральной насыщенности коллагеновых белков костной ткани опорных конечностей в 14- и 35-сут. возрасте птицы, что указывает на снижение степени зрелости костной ткани и возможность возникновения синдрома «слабости конечностей».

Таким образом, в результате проведенных нами исследований можно сделать заключение, что формирование органической матрицы и степень минерализации костной ткани высокопродуктивных цыплят-бройлеров кросса «Арбор Эйкрз» наиболее интенсивно протекает в конце антенатального и ранний постнатальный период, достигая максимума к 7-сут. возрасту птицы.

При этом к 7-сут. возрасту цыплят-бройлеров относительная масса большеберцовой и бедренной кости снизилась на 17,6 и 12,5% ( $P < 0,05$ ), т.е. в период наиболее интенсивного роста и развития у мясных цыплят данного кросса нарушалось пропорциональное развитие костей опорных конечностей (большеберцовая и бедренная кость) и всего организма в целом, что может приводить к чрезмерному повышению биомеханической нагрузки на опорный аппарат птицы.

В процессе образования коллагеновых белков и их минерализации наблюдаются критические периоды – в стартовый период выращивания – в возрасте 14 суток; в финишный период – в возрасте 35 суток, когда снижается минерализация костной ткани и степень зрелости костной ткани и возможно проявление синдрома «слабости конечностей».

## **ВЫВОДЫ**

1. Формирование органической матрицы костной ткани и степень ее минерализации у цыплят-бройлеров кросса «Арбор Эйкрз» характеризуется различной интенсивностью в зависимости от возраста, типа исследуемых костей и от обеспеченности рациона птицы витаминно-минеральной добавкой – бетацинолом.

2. Относительная масса большеберцовой и бедренной костей к 7-сут. возрасту, по сравнению с суточным, снизилась в среднем на 15,0% ( $P < 0,05$ ). Это свидетельствует о нарушении пропорционального развития костей опорных конечностей, что может приводить к чрезмерному повышению биомеханической нагрузки на опорный аппарат птицы и вызывать проявление синдрома «слабости конечностей».

3. Включение бетацинола дополнительно к основному рациону, в количестве 125-375 мл/т корма (2,5-7,5 млн. МЕ витамина А) в возрасте 1-28 суток и 100-300 мл/т корма (2,0-4,0 млн. МЕ витамина А) в возрасте 29-42 суток стимулировало рост и развитие птицы: среднесуточный прирост живой массы возрос на 7,0-16,1%; сохранность птицы повысилась на 3,2-4,1%; абсолютный прирост живой массы увеличился на 6,8-15,7%; затраты корма на 1 кг прироста живой массы снизились на 3,0- 4,5% по сравнению с контролем. Лучшие результаты выявлены в группе птицы, получавшей бетацинол дополнительно к основному рациону, в количестве 250 мл/т корма (5 млн. МЕ витамина А) в возрасте 1-28 суток и 200 мл/т корма (4 млн. МЕ витамина А) в возрасте 29-42 суток.

4. Максимальное содержание общего азота в костной ткани при расчете на 100 г сухой обезжиренной кости выявлено в антенатальный период онтогенеза у эмбрионов 18-сут. возраста и у цыплят в период раннего постнатального онтогенеза. Максимальный уровень общего коллагена отмечен в суточном возрасте в костях опорного скелета (большеберцовая и бедренная кость) и в 7-сут. возрасте в осевом скелете (грудная кость). С возрастом происходит снижение уровня общего азота в исследуемых костях осевого и периферического скелета птицы на фоне повышения содержания компонентов минеральной фазы.

5. Минеральная насыщенность органического матрикса костей осевого и периферического скелета повышается в период раннего постнатального онтогенеза и достигает своего максимума к окончанию периода откорма (в возрасте 1 - 7 суток). Минеральная насыщенность органического матрикса большеберцовой кости выше, чем бедренной во все возрастные периоды. Выявлены критические периоды в минерализации костной ткани: в стартовый период – в возрасте 14 суток и в финишный период – в возрасте 35 суток.

6. Минимальное содержание фосфора зарегистрировано в костной ткани цыплят-бройлеров в период антенатального и раннего постнатального онтогенеза (суточный возраст) с последующим его увеличением в процессе роста и развития. С возрастом отношение Са: Р в исследованных костях повышается, причем наиболее существенно в период раннего постнатального онтогенеза.

7. При включении бетацинола, дополнительно к основному рациону, в количестве 250 мл/т корма (5 млн. МЕ витамина А) в возрасте 1-28 суток и 200 мл/т корма (4 млн. МЕ витамина А) в возрасте 29-42 суток, у цыплят-бройлеров кросса «Арбор Эйкрз» увеличивается отношение Са: Р; Са: N; Са: коллаген, что указывает на повышение минерализации и плотности костной ткани в целом и в критические периоды роста и развития птицы.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При совершенствовании норм кормления высокопродуктивных цыплят-бройлеров кросса «Арбор Эйкрз» рекомендуется учитывать критические возрастные периоды (14 и 35 суток) в минерализации костной ткани и степени ее зрелости. В связи с этим целесообразно включать бетацинол дополнительно к основному рациону, в количестве 250 мл/т корма (5 млн. МЕ витамина А) в возрасте 1-28 суток и 200 мл/т корма (4 млн. МЕ витамина А) в возрасте 29-42 суток, что обеспечивает высокую степень минерализации органической матрицы и достаточную плотность костной ткани.

2. Результаты исследований возрастной динамики метаболизма органических и минеральных компонентов костной ткани рекомендуется использовать в учебном процессе по курсу биохимии и физиологии с.-х. птицы.



### Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Картамышева Н.В. Новая витаминно-минеральная добавка для цыплят-бройлеров / Н.В. Картамышева, А.В. Косов // Био. – 2003. – № 5. – С. 31.
2. Косов А.В. Эффективность использования новой витаминно-минеральной добавки для цыплят-бройлеров / А.В. Косов, Н.В. Картамышева // Агромир. - 2004. – № 1. – С. 31-37.
3. Косов А.В. Влияние Бетацанола на процесс минерализации костной ткани цыплят - бройлеров / А.В. Косов, Н.В. Картамышева // Предпосылки и эксперименты в науке: сб. материалов II конференции молодых ученых и аспирантов СПб ГАВМ. – Санкт-Петербург. – 2004. – С. 124-125.
4. Косов А.В. Пути решения проблемы «слабости конечностей» у цыплят-бройлеров / А.В. Косов, Н.В. Картамышева // Зооиндустрия. – 2004. – №1. – С. 7-8.
5. Косов А.В. Применение Бетацанола при выращивании мясной птицы / Сост.: А.В. Косов, Н.В. Картамышева. – Белгород, 2004. – 4 с. – (ИЛ Белгородского ЦНТИ, № 3).
6. Косов А.В. Комплексная витаминная добавка для птицы / А.В. Косов, Н.В. Картамышева // Агрорынок. – 2004. № 2. – С. 5-7.
7. Косов А.В. Бетацанола в кормлении цыплят-бройлеров / Косов А.В., Картамышева Н.В., Симонов Г.А. // Птицеводство. – 2009. – № 9. – С. 30.