

УДК 636.5.053:612.741.9

В. В. МАЛАШКО, Е. И. ХОМУТИННИК

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ И УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ  
СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ КРОССА «КОББ-500»  
В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ**

Гродненский государственный аграрный университет

(Поступила в редакцию 12.02.2010)

Проблема изучения цитоархитектоники мышечной ткани новых кроссов мясных кур представляет собой большой практический интерес для птицеводства. Исследование закономерностей организации мышечной ткани в онтогенезе необходимо для познания потенциальных возможностей организма, оказывающих значительное влияние на темпы роста и развития, а также управления этими процессами при помощи новых перспективных биологических стимуляторов [1, 2].

Традиционно скорость роста птицы оценивается по живой массе. Однако увеличение живой массы – это лишь отражение тех процессов роста и развития органов, которые происходят на невидимом невооруженным взглядом уровне. В большей степени это касается мышц, ведь потенциал мясных качеств птицы современных кроссов очень высокий [3]. За последние годы селекционерами созданы высокопродуктивные кроссы, которые условно можно разделить на стандартные («Смена-2», «Бройлер-1», «Конкурент-2», «Авиан Фармз» и др.), ресурсосберегающие («Иза-15» и др.), с повышенным выходом белого мяса («Кобб», «Кобб-500», «Росс-508» и др.) и фермерские (гурманские кроссы с цветным оперением). Для каждого типа кроссов необходима научно обоснованная технология, направленная на получение бройлеров со среднесуточным приростом 40–45 г при затратах 2,0–2,2 кг корма на 1 кг живой массы [4]. Для определения степени развития скелетных мышц, скорости их роста в различные возрастные периоды, их ретардации и акселерации на разных этапах постнатального онтогенеза необходимо применять методы гистологического и электронно-микроскопического анализов. Это позволит уменьшить вредные влияния и направленно изменять развитие организма [5].

Среди новых кроссов мясной птицы большое внимание заслуживает кросс «Кобб-500».

«Кобб-500» – это кросс производства *Cobb Breeding Company Ltd.*, выведен путем селекции кур породы белый плимутрок (*White Rock*) с петухами породы корниш (*Cornish*). По сравнению с другими кроссами он отличается высокой энергией роста, эффективной конверсией корма, высокой продуктивностью и меньшими сроками откорма. В первые десять недель постэмбрионального развития масса цыплят кросса Кобб-500 увеличивается в 30–40 раз, т. е. на 1 кг прироста живой массы молодняк затрачивает 1,7–1,8 кг корма. Цыплята-бройлеры кросса «Кобб-500» характеризуются высокой однородностью стада. Сохранность птицы составляет 95–96% [6, 7].

Цель исследования – изучить динамику постнатального миогенеза соматической мускулатуры цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500» с использованием современных морфометрических и ультраструктурных методов.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования служили цыплята-бройлеры кросса «Кобб-500». Материалом исследований служили грудные (*mm. pectoralis major, media et minor*) и ножные (*m. gluteus superficialis, m. quadriceps femoris, m. biceps femoris*) мышцы. Для проведения гистологических, гистохимических и электронно-микроскопических исследований

использовали цыплят-бройлеров 1-, 14-, 21- и 35-дневного возраста (по 10 гол. птицы каждого возраста). Материал для исследований отбирался во время убоя цыплят непосредственно в хозяйстве. После обескровливания птицы и отпрепаровки кожи отбирали пробы грудных и ножных мышц. Фиксацию проб проводили не позднее 10–15 мин после эвтаназии. Для проведения морфологических исследований материал фиксировался в 10–12%-ном растворе нейтрального формалина по Р. Лили. После фиксации материала на ротационном микротоме (МПС-2) из него изготавливали парафиновые срезы толщиной 8–10 мкм. Для дегидрирования срезов использовали калибровочные спиртовые растворы. Для изучения морфологии мышц на поперечных и продольных срезах были применены гистологические окраски прочным зеленым по Ван Гизону, гематоксилин-эозином по П. Эрлиху, эозином-метиленовым синим по Лейшману. Для электронно-микроскопического исследования брали кусочки мышц размером 1,5–2,0 мм. Материал помещали в 2%-ный раствор глутарового альдегида на 4 ч и фиксировали при температуре +4 °С. Срезы готовили на ультрамикротоме ЛКБ (Швеция), контрастировали цитратом свинца и просматривали под микроскопами JEM-100В и JEM-100СХ (Япония) в лаборатории электронной микроскопии Института физиологии НАН Беларуси. Для изучения количественных показателей использовали универсальную систему редактирования, обработки и анализа изображений Биоскан.

**Результаты и их обсуждение.** Гистологические исследования показали, что архитектура мышечной ткани у цыплят-бройлеров была однотипной как в ножных, так и в грудных мышцах. Поперечно-полосатые волокна в обоих типах мышц расположены продольно, одеты сарколеммой и объединены в пучки первого порядка, которые различаются по размерам и на поперечном сечении имеют преимущественно округлую и округло-овальную форму. Между пучками первого порядка соединительной ткани мало. Межуточное вещество слабо окрашено и встречается преимущественно вокруг кровеносных сосудов. Между пучками второго порядка заметны более выраженные соединительно-тканые прослойки.

Мышечные волокна представлены симпластами, интенсивно принимающими оксифильную окраску и имеющими розово-красный цвет. На поперечном сечении мышечные волокна округло-овальные, на продольном — цилиндрические. Миосимпласты имеют множество продолговатых ядер, расположенных непосредственно под сарколеммой на периферии волокна. Ядра принимают базофильную окраску и окрашиваются в фиолетовый цвет. На поперечном сечении ядра миосимпластов округлые, на продольном имеют форму удлинённых овалов. Ядра, расположенные ближе к сарколемме, окрашиваются интенсивнее, а лежащие глубже имеют более светлую карิโอплазму. В зрелых мышечных волокнах, наряду с мышечными ядрами, лежащими ближе к периферии волокна, встречаются одноядерные клетки, отделённые от волокна небольшим пространством и имеющие общую базальную мембрану — миосателлитоциты

В суточном возрасте мышечные волокна имеют малые размеры и гомогенное строение, плотно прилегают друг к другу. В пучках первого порядка едва заметны соединительно-тканые прослойки между ними. Обнаруживается большое скопление ядер овальной формы под оболочкой мышечных волокон (рис. 1). В последующие дни концентрация ядер снижается, они приобретают более вытянутую, овально-веретеновидную форму. Мышечные волокна становятся толще, соединительно-тканые прослойки между волокнами увеличиваются. Обнаруживается гетерогенность мышечных волокон — встречаются волокна, различающиеся по площади и диаметру. На продольных срезах становится хорошо заметна поперечная исчерченность (рис. 2). В последние две недели выращивания мышечные волокна уплотняются за счёт увеличения диаметра, контуры их округляются, выражена гетерогенность. В поле зрения волокон встречаются единичные ядра, расстояния между смежными ядрами увеличиваются.

Развитие мышечной системы в постнатальном онтогенезе определяется рядом таких морфометрических показателей, как площадь и диаметр мышечного волокна, площадь и диаметр мышечного ядра и количество ядер на единицу длины.

Как видно из табл. 1, у цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500» наблюдается неравномерность роста и развития мышечных волокон как в одном, так и в разных типах мышц. В суточном воз-

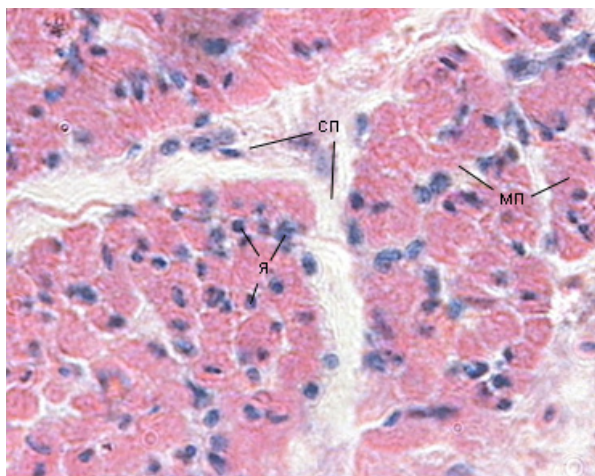


Рис. 1. Цитоархитектоника ножных мышц цыплят-бройлеров на поперечном разрезе. Возраст 1 день. Мышечные пучки (МП) окружены соединительно-ткаными прослойками (СП). Большое количество ядер (Я) округлой или округло-продолговатой формы. Гематоксилин-эозин. Ув. 440. Биоскан. Микрофото.

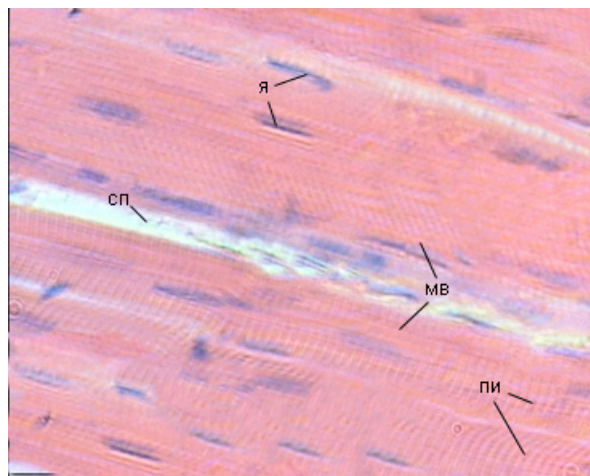


Рис. 2. Цитоархитектоника ножных мышц цыплят-бройлеров на продольном разрезе. Возраст 35 дней. Мышечные волокна (МВ) разделены соединительно-ткаными прослойками (СП). Ядра (Я) удлинено-продолговатой формы, выражена поперечная исчерченность (ПИ). Гематоксилин-эозин. Ув. 440. Биоскан. Микрофото.

расте мышечные волокна ножных мышц превосходят по площади волокна грудных мышц на 30,4% ( $P < 0,001$ ). Однако в первые две недели жизни происходит значительный скачок в темпах роста мышечных волокон грудных мышц: их площадь возрастает в 16,7 раза, в то время как площадь мышечного волокна ножных мышц увеличивается только в 7,7 раза. В итоге в возрасте 35 дней площадь мышечного волокна грудных мышц превышает аналогичный показатель ножных мышц на 33,7% ( $P < 0,001$ ).

Таблица 1. Морфометрические показатели грудных и ножных мышц цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500»

Показатель	Мышцы	Возраст, дни			
		1	14	21	35
Площадь мышечного волокна, мкм <sup>2</sup>	Грудные	18,88±0,89	314,94±12,95	518,96±24,72	836,83±32,68
	Ножные	27,11±1,67*	207,55±9,76*	490,83±20,42*	554,43±30,04*
Площадь мышечного ядра, мкм <sup>2</sup>	Грудные	3,65±0,19	5,56±0,31	5,92±0,34	7,74±0,34
	Ножные	4,49±0,24**	4,62±0,23***	5,75±0,33	7,57±0,32
Диаметр мышечного ядра, мкм	Грудные	2,24±0,06	2,78±0,08	2,93±0,10	3,32±0,06
	Ножные	2,44±0,06***	2,53±0,06***	2,88±0,10	3,23±0,07
Количество ядер на 1 мм мышечного волокна	Грудные	124±7,99	76±3,40	54±3,41	46±1,37
	Ножные	99±7,62***	65±2,61**	52±5,79	41±4,40

\*  $P < 0,001$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,05$ .

Для оценки физиологической зрелости мышечной ткани проводили учет таких показателей, как площадь и диаметр мышечного ядра, количество ядер на 1 мм мышечного волокна. Исследования показали, что площадь и диаметр мышечных ядер с возрастом изменялись незначительно. В суточном возрасте площадь мышечного ядра была выше в ножных мышцах, в остальные возрастные периоды – в грудных. Аналогичная динамика наблюдалась и с показателем «диаметр мышечного ядра».

Количество ядер на 1 мм длины мышечного волокна изменялось обратно пропорционально увеличению площади и диаметра мышечного ядра. Максимальное количество ядер как в грудных, так и в ножных мышцах бройлеров было в суточном возрасте и с возрастом уменьшалось. Обладая большей энергией роста, мышечные волокна грудных мышц на всем протяжении пост-

натального онтогенеза содержали больше ядер, чем миоциты ножных мышц. Максимальная разница в количестве мышечных ядер между обоими типами мышц была в суточном возрасте и составила 20,2% ( $P < 0,05$ ).

Для количественно-качественной оценки скелетной мускулатуры (мяса) представляет интерес содержание волокон в пучках первого порядка и соотношение мышечных волокон различного диаметра (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Количественная характеристика мышечных пучков скелетных мышц бройлеров

Возраст, дни	Мышцы	Количество волокон в пучке 1-го порядка, шт.	Средний диаметр волокон, мкм	Группы волокон по размерам, %		
				60–40 мкм	>40–20 мкм	>20–1 мкм
1	Ножные	120±6,2	5,87±0,20	–	–	100,0
	Грудные	81±3,4*	4,97±0,11*	–	–	100,0
14	Ножные	75±4,0	16,23±0,39	–	6,4	93,6
	Грудные	67±3,4	20,15±0,41*	–	53,2	46,8
21	Ножные	72±4,3	25,43±0,53	–	91,6	8,4
	Грудные	65±2,6	26,43±0,57*	–	94,3	5,7
35	Ножные	71±3,3	26,87±0,72	–	97,3	2,7
	Грудные	51±2,7*	33,38±0,63*	3,0	97,0	-

\*  $P < 0,001$ .

Результаты исследований, представленные в табл. 2, показывают, что наибольшее количество мышечных волокон в пучке во все периоды постнатального онтогенеза отмечается в ножных мышцах, так как в отличие от грудных они выполняют интенсивную мышечную работу. В возрастном аспекте изменение количества миоцитов как в грудных, так и в ножных мышцах происходит в сторону уменьшения их числа. Это происходит благодаря септации пучков, осуществляемой путем врастания соединительной ткани от перимизия вглубь пучка, который делится на 2–3 части.

Диаметр мышечных волокон у цыплят за весь период выращивания колеблется в относительно широких пределах – от 2 до 60 мкм, что позволило для удобства сравнения распределить их на три группы. При этом в однодневном возрасте диаметр мышечных волокон в уже активно работающих мышцах ног был в 1,2 раза больше, чем в мышцах груди. Однако во все остальные возрастные периоды исследования диаметр волокон был выше в грудных мышцах. В 35-дневном возрасте только в грудных мышцах были обнаружены мышечные волокна с диаметром от 40 до 60 мкм.

При электронно-микроскопическом исследовании было установлено, что в первые сутки жизни цыпленка мышечные клетки по строению и расположению структурных компонентов значительно отличаются от зрелых миоцитов. Так, миофиламенты в саркоплазме располагаются хаотично или собираются в беспорядочные пучки с фрагментами Z-линий. Вставочные диски развиты примитивно. Эндоплазматическая сеть представлена неупорядоченными трубочками анастомозирующими друг с другом при помощи отростков, оплетающих миофибриллы. Т-система слабо контактирует с эндоплазматической сетью и неглубоко проникает в мышечное волокно. Ядра округлые, имеют волнистую кариолемму с выступами кариоплазмы, что свидетельствует об их высокой функциональной активности.

В 14–21-дневном возрасте отмечается активная дифференцировка мышечных структур, что выражается увеличением числа миофибрилл, их уплотнением и правильным расположением; укрупнением митохондрий, развитием каналов Т-системы, цистерн и каналов эндоплазматической сети; ядра приобретают овальную форму.

В возрасте 35 дней мышечные волокна окончательно созревают и подразделяются на белые и красные. Грудные мышцы цыплят-бройлеров состоят в основном из белых мышечных волокон, которые характеризуются большей толщиной и содержат мало митохондрий. По размеру



митохондрии чаще всего мелкие, реже встречаются вытянутые вдоль миофибрилл формы, однако они богаты гликогеном. Z-линия в белых волокнах более узкая, чем в красных, а элементы саркоплазматической сети выражены четче.

Красные мышечные волокна, составляющие основную часть ножных мышц, более тонкие и содержат большое количество митохондрий, которые образуют скопления вблизи ядер и периферических отделах мышечных волокон. Важным признаком красных волокон является наличие вакуолеобразных липидных включений, контактирующих с митохондриями во всех отделах волокна, но чаще в пределах I-зон саркомеров и на периферии. Эндоплазматическая сеть представлена малочисленными цистернами на границе I- и A-дисков саркомеров и узкими каналами на уровне A-дисков. Саркоплазма красных мышц содержит гликоген, который обнаруживается в виде крупных гранул, расположенных под сарколеммой, между миофибриллами, липидными вакуолями и митохондриями, каналами и цистернами эндоплазматической сети, а также обилие миоглобина.

Как в красных, так и в белых мышцах обнаруживаются клетки-сателлиты (миосателлитоциты). Они располагаются между сарколеммой соседних миоцитов. Эти клетки содержат крупное ядро и узкий ободок саркоплазмы, в котором находятся митохондрии, лизосомы и небольшое количество рибосом. Миосателлитоциты являются источником генерации мышечных элементов в постнатальном онтогенезе и, вероятно, за счет них обусловлен ранний постнатальный рост мышц.

### Выводы

1. В суточном возрасте ножные мышцы цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500» имеют большую площадь мышечных волокон, чем грудные. Однако в постнатальном онтогенезе грудные мышцы быстро достигают размеров ножных мышц и опережают их в развитии.

2. Диаметр и площадь мышечного ядра изменяются на всем протяжении постнатального онтогенеза незначительно. Количество ядер на 1 мм длины мышечного волокна имеет максимальную величину в суточном возрасте как в грудных, так и в ножных мышцах цыплят и с возрастом уменьшается. Мышечные волокна грудных мышц на всем протяжении постнатального онтогенеза содержат больше ядер.

3. Наибольшее количество мышечных волокон в пучке во все периоды постнатального онтогенеза отмечается в ножных мышцах. С возрастом происходит уменьшение числа волокон как в грудных, так и в ножных мускулах.

4. Диаметр мышечных волокон у цыплят за весь период выращивания колеблется в относительно широких пределах – от 2 до 60 мкм. Самые крупные волокна (с диаметром от 40 до 60 мкм) были обнаружены у цыплят в 35-дневном возрасте в грудных мышцах.

5. При электронно-микроскопическом исследовании было установлено, что в первые сутки жизни цыпленка мышечные волокна по строению и расположению структурных компонентов значительно отличаются от зрелых мышечных волокон. Окончательное созревание мышечных волокон происходит в 35-дневном возрасте, при этом красные и белые мышцы имеют свои характерные ультраструктурные особенности.

### Литература

1. З а й ц е в а, Е. Возрастная гистология железистого желудка кур / Е. Зайцева, Е. Родина // Птицеводство. – 2006. – № 12. – С. 34–35.
2. Я к и м е н к о Л. Л. Архитектоника кровеносных сосудов тимуса индеек в постнатальном онтогенезе / Л. Л. Якименко // Ученые записки УО «ВГАВМ»: сб. науч. тр. – Витебск, 2008. – Т. 44, вып. 2. – С. 178–181.
3. В о р о х о в, В. Результаты откорма бройлеров отечественного и западного производства / В. Ворохов, Б. Абдулхаликов, Р. Абдулхаликов // Птицеводство. – 2005. – № 7. – С. 6–7.
4. Б у я р о в, В. С. Технологические и экономические аспекты производства мяса бройлеров / В. С. Буяров, Е. А. Буярова, В. А. Бородин // Зоотехния. – 2003. – № 9. – С. 24–27.

5. Х а р и т о н и к, Д. Н. Структурно-функциональный анализ грудных мышц уток кросса «Темп» в постнатальном онтогенезе: автореф. дис. ... канд. вет. наук: 16.00.02 / Д. Н. Харитоник. – Гродно, 2006. – 24 с.

6. Г л а с к о в и ч, М. А. Влияние препарата «Вигозин» на общеклинические показатели крови при кормлении цыплят-бройлеров / М. А. Гласкович // Ученые записки УО «ВГАВМ»: сб. науч. тр. – Витебск, 2008. – Т. 44., вып. 2. – С. 56–60.

7. С а л е е в а, И. Продуктивность бройлеров кросса «КОББ-500» / И. Салеева // Птицеводство. – 2006. – № 12. – С. 6.

*V. V. MALASHKO, E. I. KHOMUTINNIK*

**MORPHOMETRICAL AND ULTRASTRUCTURAL ANALYSIS  
OF SKELETAL MUSCLES ENLARGEMENT  
OF CHICKEN-BROILER CROSS “COBB-500” IN POSTNATAL ONTOGENESIS**

**Summary**

The article deals with the description of the dynamics of postnatal histogenesis of somatic muscles chicken broiler of cross “Cobb-500” applying morphometrical and ultrastructural methods. The differences in the indices of muscles growth in respect of age periods and also in the enlargement of a chicken chest and leg muscles are identified.