

DOI

УДК 619:611:639.122

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЫ ПЕРЕПЕЛОВ ЯИЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ

Слесаренко Наталья Анатольевна, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой «Анатомия и гистология животных им. профессора А. Ф. Климова», ФГБОУ ВО МГАВМиБ им. К. И. Скрябина.

109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, 23.

E-mail: slesarenko2009@yandex.ru

Большунов Василий Андреевич, ассистент кафедры «Анатомия и гистология животных им. профессора А. Ф. Климова» ФГБОУ ВО МГАВМиБ им. К. И. Скрябина.

109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, 23.

E-mail: aisberg.194@mail.ru

Ключевые слова: перепела, самка, самец, мышцы, волокна, продуктивность.

Цель исследования – установить закономерности и особенности морфогенеза скелетных мышц на примере четырехглавой мышцы бедра, ее прямой головки (musculus quadriceps femoris rectus capitis) и поверхностной грудной мышцы (musculus pectoralis major) у самцов и самок перепелов яичного направления продуктивности. Представлены закономерности и особенности постэмбрионального морфогенеза скелетных мышц самок и самцов перепелов породы японский перепел яичного направления продуктивности (32-е и 42-е сутки) на примере прямой головки четырехглавой мышцы бедра (musculus quadriceps femoris rectus capitis) и поверхностной грудной мышцы (musculus pectoralis major) по показателям: толщина мышечных волокон и их пучков, толщина эндомизия и перимизия, количество мышечных волокон в поле зрения, соотношение площадей мышечной и соединительной тканей на продольном срезе. Работа выполнена на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А. Ф. Климова и на базе ОАО отдела технологии ФНЦ «ВНИТИП» РАН в период 2016-2019 гг. Использовали классические макро- и микроморфологические методы и статистический анализ полученных цифровых данных. Установлены асинхронные рост и развитие изучаемых скелетных мышц, усиление дифференцировки клеточных структур на определенных сроках развития (21-е и 32-е сутки), показаны различия в гистологической структуре скелетных мышц, зависящие от возраста птицы и ее половой принадлежности. Установлено, что самки перепелов изученной породы по всем показателям превосходят самцов. Дана сравнительная характеристика указанных мышц на разных этапах постэмбрионального онтогенеза, а также с учетом полового диморфизма в исследуемые периоды. Установлено превосходство четырехглавой мышцы бедра, а именно ее прямой головки, над поверхностной грудной мышцей по всем микроморфологическим показателям во все исследуемые сроки, а также более ранняя дифференциация ее внутриклеточных структур.

MORPHOLOGIC FEATURES OF SKELETAL MUSCLE OF EGG QUAIL FEMALES

N. A. Slesarenko, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the department of Animal Anatomy and Histology named after Professor A. F. Klimov, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology K. I. Scriabin.

109472, Moscow, Academician Scriabin street, 23.

E-mail: slesarenko2009@yandex.ru

V. A. Bolshunov, Assistant of the department of Animal Anatomy and Histology named after A. F. Klimova, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology K. I. Scriabin.

109472, Moscow, Academician Scriabin street, 23.

E-mail: aisberg.194@mail.ru

Key words: quail, female, male, muscle, muscular fiber, productivity.

The aim of the study was to establish regularities and features of skeletal muscle morphogenesis on the example of the musculus quadriceps femoris rectus capitis and the *musculus pectoralis major* of egg flock of males and females. The patterns and features of postembryonic skeletal muscle morphogenesis of females and males of the Japanese quail of egg flock, at different stages of growth (days 32 and 42), using the example of the musculus quadriceps femoris rectus capitis and superficial pectoral muscle including indicators such as: the thickness of muscle fibers and their bundles, the thickness of endomysium and perimysium, the number of muscle fibers under the view, the correlation of muscle areas and the connective tissue on the longitudinal section. The work was carried out on the basis of the Department of «Anatomy and Histology of Animals» named after Professor A.F. Klimov and on the basis of JSC Technology Department of the Federal Scientific Center «VNITIP» RAS in the period from 2016 to 2019. Classical macro- and micromorphological methods and statistical analysis of the digital data obtained were used. Asynchronous growth of the skeletal muscles, increased differentiation of cellular structures at certain times (21st and 32nd days) has been established, differences in the histological structure of skeletal muscles depending on the age of birds and its gender has been shown. It was established that female quails of the breed studied dominate over males in all respects. A comparative characteristic of these muscles at different stages of postembryonic ontogenesis, as well as in regard to gendered dimorphism during research periods is given. Superiority of the quadriceps femoris muscle, namely its straight head over the superficial pectoral muscle, over all micromorphological indicators at all periods of the research, as well as the earlier differentiation of its intracellular structures.

Промышленное птицеводство – одна из самых быстро развивающихся отраслей сельского хозяйства, обладающая наибольшими возможностями в удовлетворении потребностей населения в рациональном питании и производстве диетических продуктов [4].

Перепеловодство является одной из самых молодых и перспективных отраслей яичного и мясного птицеводства. К тому же перепела имеют ряд существенных продуктивно-хозяйственных преимуществ перед другими видами птицы. Так, у них в пять раз выше, чем у кур, скорость роста, а также более ранняя яйценоскость (42-суточный возраст) [2].

В доступной научной литературе чрезвычайно мало работ, посвященных исследованию опорно-двигательного аппарата сельскохозяйственной птицы, в частности скелетной мускулатуре перепелов.

Вместе с тем, данные, касающиеся морфологических особенностей скелетной мускулатуры перепелов, могут служить эквивалентом нормы при оценке стандарта породы, клиническом исследовании, патологоанатомическом вскрытии, а также использоваться в учебном процессе на кафедрах анатомии и гистологии животных, птицеводства сельскохозяйственных вузов. Кроме того, сравнительная характеристика мышц самцов и самок перепелов может помочь установить критерии, позволяющие идентифицировать половую принадлежность птицы на ранних этапах постэмбрионального онтогенеза.

Цель исследования – установить закономерности и особенности морфогенеза скелетных мышц на примере четырехглавой мышцы бедра, ее прямой головки (*musculus quadriceps femoris rectus capitis*) и поверхностной грудной мышцы (*musculus pectoralis major*) у самцов и самок перепелов яичного направления продуктивности.

Задачи исследования – провести сравнительный морфометрический анализ скелетных мышц по следующим показателям: толщина мышечных волокон и их пучков, толщина эндомизия и перимизия, количество мышечных волокон в поле зрения, соотношение площадей мышечной и соединительной тканей на продольном срезе.

Материалы и методы исследований. Работа выполнена на базе кафедры анатомии и гистологии животных имени профессора А. Ф. Климова и на базе ОАО отдела технологии ФНЦ «ВНИТИП» РАН в период 2016-2019 гг. В качестве объекта исследования выбраны цыплята перепелов яичного направления продуктивности (порода японский перепел), самки и самцы на 32-е сутки постэмбрионального онтогенеза, то есть с момента проявления признаков полового диморфизма. Исследовали мышцы грудной (поверхностная грудная мышца) и тазовой (четырёхглавая мышца бедра) конечностей, полученные от клинически здоровой птицы клеточного содержания, с использованием классических микроморфологических методов [6].

Срезы изготавливали на ротационном автоматизированном микротоме HM-325 (Microm international GmbH, Germany) и окрашивали гематоксилином и эозином для выявления общей морфологической картины, а также пикрофуксином и фуксилином для дифференцировки мышечной

и соединительной ткани. Изучение гистологических срезов и морфометрический анализ проводили при помощи светового микроскопа Jenamed 2 (Carl Zeiss, Jena, Germany), совмещённого с системой цифровой микроскопии ImageScore C (ООО «Системы для микроскопии и анализа»).

Результаты исследований. Установлено, что на 32-е сутки постэмбрионального развития у птиц начинают проявляться признаки полового диморфизма. На данном этапе у перепелов яичного направления продуктивности (японский перепел) в поверхностной грудной мышце выявлены хорошо оформленные продольно ориентированные пучки мышечных волокон, при этом, на поперечном срезе обнаружены отдельные миофибриллы. Толщина пучков составила в среднем $172 \pm 6,13$ мкм у самок и $161 \pm 4,41$ мкм у самцов.

Макроморфологически продолжается рост мышцы, сопровождающийся увеличением толщины соединительнотканного остова – перимизия ($23,8 \pm 2,22$ мкм у самок и $21,6 \pm 2,21$ у самцов), при одновременном уменьшении толщины эндомизия. Это привело к уплотнению волокон в пучках, толщина которых составила $11,8 \pm 1,67$ и $10,6 \pm 1,23$ мкм у самок и самцов, соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика четырехглавой мышцы бедра и поверхностной грудной мышцы по морфометрическим показателям у перепелов породы японский перепел яичного направления продуктивности

Показатель	Четырехглавая мышца бедра		Поверхностная грудная мышца	
	самка	самец	самка	самец
32-е сутки постэмбрионального развития				
Площадь мышечной ткани, %	$86 \pm 2,76^*$	$85 \pm 4,14^*$	$84 \pm 3,75^*$	$83 \pm 3,54^*$
Толщина мышечных волокон, мкм	$13,2 \pm 1,32^*$	$12,7 \pm 1,45^*$	$11,8 \pm 1,67^*$	$10,6 \pm 1,23^*$
Толщина пучков мышечных волокон, мкм	$168 \pm 5,56^*$	$156 \pm 4,56^*$	$172 \pm 6,13^*$	$161 \pm 4,41^*$
Толщина эндомизия, мкм	$1,14 \pm 1,18^*$	$1,11 \pm 1,62^*$	$1,35 \pm 1,71^*$	$1,21 \pm 1,22^*$
Толщина перимизия, мкм	$24,1 \pm 3,21^*$	$22,1 \pm 2,14^*$	$23,8 \pm 2,22^*$	$21,6 \pm 2,21^*$
Количество волокон в поле зрения	$14 \pm 1^*$	$13 \pm 2^*$	$13 \pm 1^*$	$11 \pm 2^*$
42-е сутки постэмбрионального развития				
Площадь мышечной ткани, %	$88 \pm 4,27^*$	$86 \pm 2,34^*$	$89 \pm 3,21^*$	$87 \pm 2,14^*$
Толщина мышечных волокон, мкм	$24,5 \pm 2,13^*$	$20,7 \pm 2,51^*$	$21,9 \pm 2,71^*$	$19,4 \pm 2,38^*$
Толщина пучков мышечных волокон, мкм	$189 \pm 5,51^{**}$	$169 \pm 4,41^{**}$	$197 \pm 4,59^*$	$188 \pm 6,21^*$
Толщина эндомизия, мкм	$2,57 \pm 1,54^*$	$2,12 \pm 1,56^*$	$2,17 \pm 1,27^*$	$2,05 \pm 1,46^*$
Толщина перимизия, мкм	$25,1 \pm 2,52^*$	$23,4 \pm 3,11^*$	$24,1 \pm 2,65^*$	$21,1 \pm 2,84^*$
Количество волокон в поле зрения	$11 \pm 3^*$	$12 \pm 2^*$	$12 \pm 2^*$	$11 \pm 1^*$

Примечание: * – $p \leq 0,05$ данные не достоверны, ** – $p \geq 0,05$ данные достоверны.

Площадь мышечной ткани в процентном отношении к соединительной ткани у птиц обоих полов практически не отличается ($86 \pm 2,76\%$ у самок и $85 \pm 4,14$ у самцов). Можно полагать, что вышеуказанное соотношение может являться следствием уплотнения мышечных волокон в пучках и дальнейшего увеличения толщины соединительной ткани в области перимизия.

При изучении цитоморфологических особенностей обращает на себя внимание присутствие в саркоплазме базофильных ядер. В мышечных волокнах хорошо визуализируется поперечная исчерченность. Мышечная ткань в целом характеризуется хорошей васкуляризацией и нервным обеспечением.

Четырехглавая мышца бедра у птиц породы японский перепел на 32-е сутки постэмбрионального онтогенеза характеризуется плотно упакованными в пучки мышечными волокнами, с ярко выраженной поперечной исчерченностью на продольном срезе мышцы, причем самки по показателям толщины волокон ($13,2 \pm 1,32$ мкм) опережают самцов ($12,7 \pm 1,45$ мкм). Толщина перимизия на данном сроке развития птиц составила $24,1 \pm 3,21$ мкм у самок и $22,1 \pm 2,14$ мкм у самцов (рис. 1).

При анализе ядерно-цитоплазматического отношения установлено, что ядра в мышечных клетках четырехглавой мышцы бедра в основном содержат гетерохроматин, что отражает их неактивное состояние, проявляющееся в замедлении дифференциации внутриклеточных структур на данном сроке постэмбрионального развития.

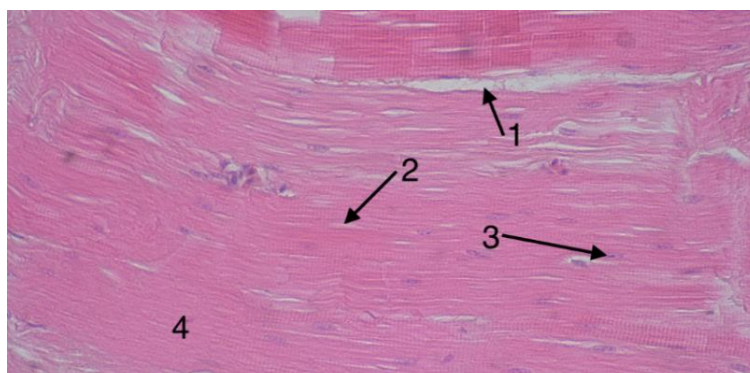


Рис. 1. Микроморфология четырехглавой мышцы бедра самки японского перепела на 32-е сутки:
1 – перимизий; 2 – эндомизий; 3 – ядро; 4 – пучок мышечных волокон (гематоксилин и эозин, об. 40, ок. 10)

Таким образом, у 32-суточных цыплят во всех изученных образцах мышц установлено утолщение мышечных волокон, при этом четырехглавая мышца бедра по этому показателю опережает поверхностную грудную. Одновременно в этот период наблюдений утолщаются пучки мышечных волокон и перимизий (рис. 2). Его максимальная толщина была установлена в образцах четырехглавой мышцы. Толщина эндомизия к данному периоду развития, наоборот, уменьшается. Площадь мышечной ткани в обеих мышцах возрастает и не зависит от породной принадлежности птицы. Самки перепелов по всем изученным показателям, включая количество волокон в поле зрения, при увеличении в 1000 раз, превосходят самцов.

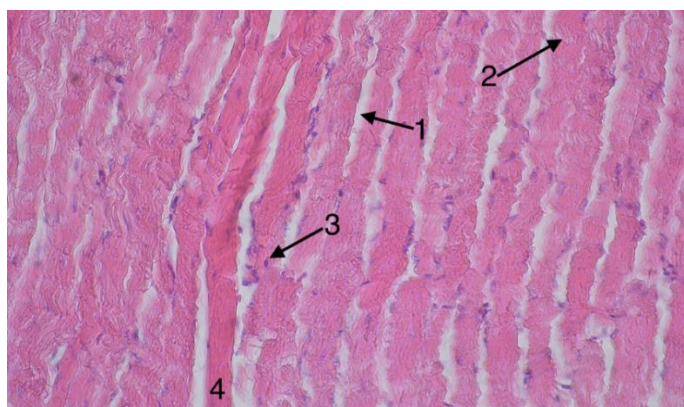


Рис. 2. Микроморфология поверхностной грудной мышцы самки японского перепела на 32-е сутки:

1 – перимизий; 2 – эндомизий; 3 – ядро; 4 – пучок мышечных волокон (гематоксилин и эозин, об. 40, ок. 10)

На 42-е сутки постэмбрионального развития у японского перепела поверхностная грудная мышца увеличивается в размерах, однако поперечная исчерченность волокон выражена слабо, что может быть обусловлено влиянием направления продуктивности. Однако извилистый ход отдельных мышечных волокон сохраняется (рис. 3).



Рис. 3. Микроморфологическая картина поверхностной грудной мышцы самца Японского перепела на 42-е сутки:

1 – перимизий; 2 – эндомизий; 3 – ядро; 4 – пучок мышечных волокон (гемадоксиллин и эозин об. 40, ок. 10)

Существенно возрастает к данному периоду онтогенеза толщина отдельных мышечных волокон и эндомизия. Толщина пучков волокон и перимизия также увеличиваются. Площадь мышечной ткани по отношению к соединительной, по сравнению с предыдущим периодом онтогенеза, практически не изменяется.

В четырехглавой мышце бедра японского перепела мышечные волокна очень плотно упакованы, их толщина увеличивается до $24,5 \pm 2,13$ мкм у самок и до $20,7 \pm 2,51$ мкм у самцов. Пучки хорошо оформлены, в волокнах ярко выражена поперечная исчерченность. Выявлено достоверное утолщение перимизия, его показатели составили на данном сроке $25,1 \pm 2,52$ и $23,4 \pm 3,11$ мкм у самок и самцов, соответственно. Ядра мышечных клеток сохраняют базофилию и смещены на периферию мышечного волокна. Наблюдается хорошая иннервация и васкуляризация структур мышцы (рис. 4).

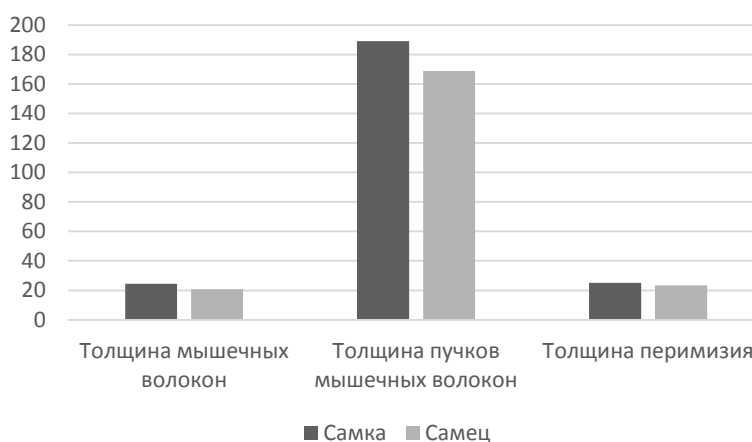


Рис. 4. Микроморфометрические показатели четырехглавой мышцы бедра японского перепела на 42-е сутки постэмбрионального онтогенеза, мкм

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии полового диморфизма на рост и развитие скелетных мышц. Самки по большинству изученных показателей структурного оформления мышечной ткани, а именно: толщине пучков мышечных волокон, отдельных мышечных волокон, толщине перимизия, опережают самцов. Половая принадлежность птицы не влияет на планиметрические показатели мышечной ткани. Четырехглавая мышца бедра превосходит поверхностную грудную мышцу по толщине волокон, а также толщине перимизия в изученные периоды развития, за исключением толщины эндомизия, которая больше у поверхностной грудной мышцы. Кроме того, дифференциация структур миосимпласов в четырехглавой мышце бедра завершается быстрее, чем в поверхностной грудной, что может свидетельствовать о более полноценном ее участии в биомеханике двигательного поведения птицы.

Библиографический список

1. Афанасьев, Г. Д. Продуктивность японских перепелов в зависимости от кратности и типа кормления. – М., 1987. – С. 12. – деп, ВНИТЭН агропром, 1987-№544. вс-87.
2. Гуцин, В. В. Перепеловодство должно развиваться / В. В. Гуцин, Л. В. Кроик // Птицеводство. – 2003. – № 6. – С. 22-23.
3. Калинич, О. А. К морфологии скелета и мышц свободной грудной конечности японских перепелов / О. А. Калинич // Экологическая безопасность региона : сборник статей Международной научно-практической конференции. – Брянск, 2009. – С. 134-139.
4. Кондратов, Г. В. Особенности гистогенеза скелетных мышц кур различного направления продуктивности : дис. ... канд. биол. наук : 06.02.01 / Кондратов Глеб Владимирович. – М., 2016. – 184 с.

5. Санотова, А. А. Влияние экономических санкций на развитие сельского хозяйства Краснодарского края / А. Санотова, Н. В. Седых // Экономика и современный менеджмент: теория и практика : материалы LVI Международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2015. – С. 149-163.
6. Семенов, Н. В. Морфометрические критерии оценки кур яичного направления продуктивности : дис. ... канд. биол. наук : 06.02.01 / Семенов Никита Владимирович. – М., 2017. – 118 стр.
7. Слесаренко, Н. А. Методология научного исследования / Н. А. Слесаренко, Е. Н. Борхунова, С. М. Борунова, С. В. Кузнецов. – М. : Лань, 2017. – 268 с.

References

1. Afanasiev, G. D. (1987). *Produktivnost iaponskikh perepelov v zavisimosti ot kratnosti i tipa komleniia* [Productivity of Japanese quails depending on multiplicity and type of feeding]. Moscow [in Russian].
2. Gushchin, V. V., & Kroik, L. V. (2003). *Perepelovodstvo dolzhno razvivatisia* [Perepelovodstvo should develop]. *Pticevodstvo – Poultry*, 6, 22-23 [in Russian].
3. Kalinich, O. A. (2009). *K morfologii skeleta i mishc svobodnoi grudnoi konechnosti iaponskikh perepelov* [On the morphology of the skeleton and muscles of the free thoracic limb of Japanese quails]. *Ecological safety of the region '09: sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii – collection of articles of the International scientific-practical conference.* (pp. 134-139). Bryansk [in Russian].
4. Kondratov, G. V. (2016). *Osobennosti gistogeneza skeletnikh myshc kur razlichnogo napravleniia produktivnosti* [Features of histogenesis of skeletal muscles of chickens of different directions of productivity]. *Candidate's thesis.* Moscow [in Russian].
5. Sanotova, A. A., & Sedykh, N. V. (2015). *Vliianie ekonomicheskikh sankcii na razvitie seliskogo hozyaistva Krasnodarskogo kraia* [The Impact of economic sanctions on the development of agriculture in the Krasnodar region]. *Economics and modern management: theory and practice '15: materiali LVI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii – proceedings of the LVI International scientific and practical conference.* (pp. 149-163) Novosibirsk [in Russian].
6. Semenov, N. V. (2017). *Morfometricheskie kriterii ocenki kur iaichnogo napravleniia produktivnosti* [Morphometric assessment criteria the hens of an egg direction of productivity]. *Candidate's thesis.* Moscow [in Russian].
7. Slesarenko, N. A., Borkhunova, E. N., Borunova, S. M., & Kuznetsov, S. V. (2017). *Metodologiiia nauchnogo issledovaniia* [Methodology of scientific research]. Moscow: LAN' [in Russian].