

**БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ /  
BIOTECHNOLOGY OF FOOD AND BIOLOGICAL ACTIVE SUBSTANCES**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.38>

**ВЛИЯНИЕ ГЕНОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ У КУР**

Обзор

**Ларкина Т.А.<sup>1\*</sup>, Дементьева Н.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-4574-4639;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0003-0210-9344;

<sup>1,2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального исследовательского центра животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Пушкин, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (tanya.larkina2015[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Птицеводство является самой эффективной отраслью животноводства, а курица (*Gallus gallus*) – самым популярным видом сельскохозяйственных животных. Результат селекционной работы в настоящее время это удвоение размера тела и изменение морфологии костяка домашних кур. Значимые изменения экстерьера кур отражают приобретенные биологические особенности птицы и тесно связаны с направлением продуктивности. Идентификация генов, вовлеченных в формирование продуктивных признаков кур, является важным шагом на пути к увеличению выхода мяса и улучшению его качества. Целью обзора является представление генов вовлеченных в формирование скелетных мышц, что, в свою очередь, является решающей составляющей для производства достаточного количества куриного мяса, с целью решения продовольственной проблемы в мире.

**Ключевые слова:** ген, развитие мышц, выход мяса, миогенез, курица.

**INFLUENCE OF GENES ON SKELETAL MUSCLE FORMATION IN CHICKENS**

Review article

**Larkina T.A.<sup>1\*</sup>, Dementeva N.V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-4574-4639;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0003-0210-9344;

<sup>1,2</sup>Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Pushkino, Russian Federation

\* Corresponding author (tanya.larkina2015[at]yandex.ru)

**Abstract**

Poultry farming is the most efficient branch of animal husbandry, and the chicken (*Gallus gallus*) is the most popular farm animal species. The result of current selection work is a doubling of body size and changes in bone morphology of domestic chickens. Significant changes in chicken exterior reflect acquired biological traits of the bird and are closely related to the direction of productivity. Identification of genes involved in the formation of productive traits of chickens is an important step towards increasing meat yield and improving meat quality. The aim of the review is to present the genes involved in skeletal muscle shape, which in turn is a crucial component for producing sufficient chicken meat to solve the world's food problem.

**Keywords:** gene, muscle development, meat yield, myogenesis, chicken.

**Введение**

Куриное мясо играет важную роль в повседневной жизни людей, является незаменимым материалом для здорового функционирования и роста организма, оно легко усваивается и заряжает организм необходимой для жизнедеятельности энергией. Особенность мяса птицы состоит в минимальном содержании соединительной ткани, что обуславливает его нежную консистенцию и высокую питательность. Качество мяса представляет собой сложный признак, включающий в себя внешний вид, цвет, вкус, содержание жира, текстуру и нежность. Около 40% массы тела курицы приходится на скелетные мышцы. Скелетная мышечная масса является важной экономической характеристикой, а развитие и рост мышц является решающим компонентом для производства достаточного количества мяса. Жирность и мышечные волокна являются основными компонентами скелетных мышц. Наследственность является важным фактором, влияющим на мясную продуктивность. QTLs по этим признакам широко изучаются в последнее десятилетие. Мясная продуктивность кур относится к полигенным признакам и ее количественный уровень определяется целым рядом генов разбросанных по всему геному [1]. В настоящее время актуальным является поиск генов-кандидатов мясной продуктивности у кур. Информация о генах расширяет наше понимание роста и развития скелетных мышц и является одним из ключевых факторов в достижении цели создания высокопродуктивных линий кур с помощью селекционных программ с применением SNP-маркеров [2].

**Методы и принципы исследования**

Методологической основой исследований явились научные публикации зарубежных авторов, которые выявляли и изучали гены, вовлеченные в формирование мясной продуктивности у кур. А также собственные результаты, которые доказали, что полиморфный вариант A30G гена *LCORL* можно рассматривать в качестве SNP-маркера признака

«размеры скелета» у кур [3]. В процессе написания обзора использовались общие методы научного познания: наблюдение, анализ, сравнение, обобщение.

### Основные результаты

Развитие скелетных мышц организма включает прежде всего миогенез, фиброгенез и адипогенез [4]. Миогенез контролируется главным образом специфическими транскрипционными факторами MYF5, MYOD, MRF4, PAX7 и PAX3. Доказано, что экспрессия генов PAX3, MYOD и MRF4 была выше в большой грудной мышце в день вывода у цыплят с низким весом, чем у цыплят с высоким весом. Эти результаты показывают, что в линии цыплят с низким весом наблюдается повышенная экспрессия генов, которые необходимы для пролиферации и дифференцировки мышечных клеток-предшественников [5]. Также для правильного построения мышечных волокон в эмбриональном периоде требуется экспрессия гена FGF2 [6]. Далее факторы IGF регулируют клеточную пролиферацию, дифференцировку, гипертрофию и синтез белка в процессе миогенеза [7]. Рецептор инсулиноподобного фактора роста 1 (IGFIR) представляет собой мембранный гликопротеин, опосредующий большинство биологических механизмов через IGF-1 и IGF-2 факторы, которые оказывают важное влияние на рост скелетных мышц, формирование тушки и в целом за качество мяса у кур [8].

В исследованиях Lin [9] сверхэкспрессия гена RPL3L способствовала пролиферации первичных миобластов цыплят. Также доказано, что белок RPL3L ингибирует первичную дифференцировку миобластов путем подавления экспрессии белков Myhc, Myog, Myod и Myomaker. Миозин состоит из тяжелой цепи (MYH) и легкой цепи (MYL) и является наиболее распространенным белком в клетках поперечно-полосатой мускулатуры [10]. Изоформы белков MYH и MYL кодируются специфическими генами, и являются молекулярной основой функционального разнообразия мышечных волокон [11], [12]. Шесть изоформ белка MYH1 у цыплят показали сходные паттерны экспрессии, которые были подавлены в возрасте 16 недель по сравнению с возрастом 4 и 12 недель. Таким образом, изоформы имеют сходные функции и играют важную роль в росте мышц ног в раннем возрасте. К тому же выявлен ряд генов MYH10, FGF2, FGF16, FN1, CFL2, MAPK9, IRS1, PDKA1, PDKB и PDKG1 которые участвуют в регуляции раннего роста у цыплят. Эти результаты являются важным фактом, раскрывающим молекулярную основу роста и развития цыплят. PDKA1, PDKB и PDKG1 представляют собой три субъединицы комплекса PhK, который катализирует  $Ca^{2+}$  – зависимое фосфорилирование гликогенфосфоорилазы в скелетных мышцах и стимулирует расщепление гликогена для непрерывного обеспечения клеток энергией. Низкая экспрессия PDKA1, PDKB и PDKG1 генов в возрасте 16 недель способствует задержке роста цыплят [13].

В результате GWAS анализа идентифицировали 13 генов-кандидатов ассоциированных с массой грудных мышц, экспрессия генов ALOX5AP, USPL1, CHRNA9 и EFNA5 высоко коррелировала с массой грудных мышц у кур породы Daweishan 4. Сотрудниками ВНИИГРЖ (Пушкин) выявлено, что популяции кур различного типа продуктивности значительно различаются по частоте аллелей ряда SNP в локусе NCAPG-LCORL, ген, который оказывает значимое влияние на ростовые признаки в организме [15]. В связи с высоким спросом на высококачественные продукты птицеводства. Все чаще потребители отдают предпочтение мясу медленнорастущей птицы. Исследование Kubota [16] с соавторами было направлено на изучение влияния генов меланокортин 4 (MC4R), кальпаина 1 (CAPN1) и аденилосукцинатлиазы (ADSL) на массу тела, диаметр мышечного волокна и содержание пурина в мясе тайских кур. Выявлена значимая связь генотипа AC гена MC4R и массой тела в возрасте 2, 4 и 10 недель. Высокие уровни экспрессии генов CAPN1 и ADSL были обнаружены в грудной мышце в возрасте 2 недель. Таким образом, полученные достоверные результаты по генам MC4R, CAPN1 и ADSL можно использовать в программах разведения и селекции в популяциях медленнорастущих кур.

### Заключение

В данном обзоре представлен ряд мажорных генов, вовлеченных в развитие скелетных мышц у кур. Понимание геномной изменчивости в локусах генов мясной продуктивности кур позволит скорректировать программы селекции для промышленных и локальных пород и включить в них MAS-селекцию по данным локусам. Следовательно, необходимо использовать ускоренные селекционные процессы с помощью молекулярной генетики, сохраняя при этом питательную ценность тушки курицы и сводя к минимуму потенциальную опасность для здоровья человека. Возможно, данный обзор пригодится специалистам отрасли птицеводства в селекционных программах, с целью создания новых высокопродуктивных мясных линий кур, с помощью SNPs маркеров генов, вовлеченных в формирование скелетной мускулатуры.

### Финансирование

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема ГЗ 121052600352-3.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Funding

The study was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, subject of the State Task 121052600352-3.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

**Список литературы / References**

1. Lei M. Polymorphism of Growth-correlated Genes Associated with Fatness and Muscle Fiber Traits in Chickens / M. Lei, C. Luo, X. Peng [et al.] // *Poult Sci.* — 2007. — V. 86(5). — P. 835-842. — DOI: 10.1093/ps/86.5.835.
2. Mohammadabadi M. Key Genes Regulating Skeletal Muscle Development and Growth in Farm Animals / M. Mohammadabadi, F. Bordbar, J. Jensen [et al.] // *Animals.* — 2021. — V. 11. — P. 835. — DOI: 10.3390/ani11030835.
3. Позовникова М.В. Оценка экстерьера и интерьера кур царскосельской породы в связи с полиморфизмом A503G гена LCORL / М.В. Позовникова, Т.А. Ларкина, А.Б. Вахрамеев [и др.] // *Птицеводство.* — 2023. — № 3. — С. 4-8. — DOI: 10.33845/0033-3239-2023-72-3-4-8.
4. Du M. Fetal Programming of Skeletal Muscle Development in Ruminant Animals / M. Du, J. Tong, J. Zhao [et al.] // *J Anim Sci.* — 2010. — V. 88 (13 Suppl). — P. 51-60. — DOI: 10.2527/jas.2009-2311.
5. Yin H. Expression Profiles of Muscle Genes in Postnatal Skeletal Muscle in Lines of Chickens Divergently Selected for High and Low Body Weight / H. Yin, S. Zhang, E.R. Gilbert [et al.] // *Poult Sci.* — 2014. — V. 93(1). — P. 147-154. — DOI:10.3382/ps.2013-03612.
6. Brunetti A. Role of Myogenin in Myoblast Differentiation and its Regulation by Fibroblast Growth Factor / A. Brunetti, Ira D. Goldfine // *Journal of Biological Chemistry.* — 1990. — V. 265. — P. 5960-5963.
7. Kamanga-Sollo E. Role of Insulin-like Growth Factor Binding Protein (IGFBP)-3 in TGF-beta- and GDF-8 (myostatin)-induced Suppression of Proliferation in Porcine Embryonic Myogenic Cell Cultures / E. Kamanga-Sollo, M.S. Pampusch, M.E. White [et al.] // *J Cell Physiol.* — 2003. — V. 197(2). — P. 225-31. — DOI:10.1002/jcp.10362.
8. Zhou H. Lamont Insulin-like Growth Factor-I gene Polymorphism Associations with Growth, Body Composition, Skeleton Integrity, and Metabolic Traits in Chickens / H. Zhou, A.D. Mitchell, J.P. McMurtry [et al.] // *S.J. Poult Sci.* — 2005. — V. 84(2). — P. 212-219. — DOI: 10.1093/ps/84.2.212.
9. Lin S. Mining of Chicken Muscle Growth Genes and the Function of Important Candidate Gene RPL3L in Muscle Development / S. Lin, M. Xian, T. Ren [et al.] // *Front Physiol.* — 2022. — V. 13. — P. 1033075. — DOI: 10.3389/fphys.2022.1033075.
10. Xu H. Molecular Cloning, Sequence Identification and Expression Analysis of Novel Caprine MYLPF Gene / H. Xu, G. Xu, D. Wang [et al.] // *Mol Biol Rep.* — 2013. — V. 13 40(3). — P. 2565-2572. — DOI: 10.1007/s11033-012-2342-0.
11. Baldwin K.M. Effects of Different Activity and Inactivity Paradigms on Myosin Heavy Chain Gene Expression in Striated Muscle / K.M. Baldwin, F. Haddad // *J Appl Physiol* (1985). — 2001. — V. 90(1). — P. 345-357. — DOI: 10.1152/jappl.2001.90.1.345.
12. Robbins J. The Chicken Myosin Heavy Chain Family / J. Robbins, T. Horan, J. Gulick [et al.] // *J Biol Chem.* — 1986. — V. 261 (14). — P. 6606-6612.
13. Xue Q. Wang Transcriptomic Profile of Leg Muscle during Early Growth in Chicken / Q. Xue, G. Zhang, T. Li [et al.] // *J. PLoS One.* — 2017. — V. 12(3). — DOI:10.1371/journal.pone.0173824.
14. He Y. Identification of New Genes and Genetic Variant Loci Associated with Breast Muscle Development in the Mini-Cobb F2 Chicken Population Using a Genome-Wide Association Study / Y. He, H. Shi, Z. Li [et al.] // *Genes.* — 2022. — V. 13(11). — P. 2153. DOI:10.3390/genes13112153.
15. Larkina T.A. Evolutionary Subdivision of Domestic Chickens: Implications for Local Breeds as Assessed by Phenotype and Genotype in Comparison to Commercial and Fancy Breeds / T.A. Larkina, O.Y. Barkova, G.K. Peglivanyan [et al.] // *Agriculture.* — 2021. — V. 11. — P. 914. — DOI: 10.3390/agriculture11100914.
16. Kubota S. Effects of the MC4R, CAPN1, and ADSL Genes on Body Weight and Purine Content in Slow-growing Chickens / S. Kubota, A. Vandee, P. Keawnakient [et al.] // *Poultry Science.* — 2019. — V. 98. — P. 4327-4337. — DOI: 10.3382/ps/pez262.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Lei M. Polymorphism of Growth-correlated Genes Associated with Fatness and Muscle Fiber Traits in Chickens / M. Lei, C. Luo, X. Peng [et al.] // *Poult Sci.* — 2007. — V. 86(5). — P. 835-842. — DOI: 10.1093/ps/86.5.835.
2. Mohammadabadi M. Key Genes Regulating Skeletal Muscle Development and Growth in Farm Animals / M. Mohammadabadi, F. Bordbar, J. Jensen [et al.] // *Animals.* — 2021. — V. 11. — P. 835. — DOI: 10.3390/ani11030835.
3. Pozovnikova M.V. Ocenka jekster'era i inter'era kur carskosel'skoj porody v svjazi s polimorfizmom A503G gena LCORL [An Evaluation of the Exterior and Interior of the Tsarskoselskaya Breed of Chickens in Relation to the A503G Polymorphism of the LCORL Gene] / M.V. Pozovnikova, T.A. Larkina, A.B. Vahrameev, Z.L. Fedorova [et al.] // *Pticevodstvo [Bird Farming].* — 2023. — № 3. — P. 4-8. — DOI: 10.33845/0033-3239-2023-72-3-4-8. [in Russian]
4. Du M. Fetal Programming of Skeletal Muscle Development in Ruminant Animals / M. Du, J. Tong, J. Zhao [et al.] // *J Anim Sci.* — 2010. — V. 88 (13 Suppl). — P. 51-60. — DOI: 10.2527/jas.2009-2311.
5. Yin H. Expression Profiles of Muscle Genes in Postnatal Skeletal Muscle in Lines of Chickens Divergently Selected for High and Low Body Weight / H. Yin, S. Zhang, E.R. Gilbert [et al.] // *Poult Sci.* — 2014. — V. 93(1). — P. 147-154. — DOI:10.3382/ps.2013-03612.
6. Brunetti A. Role of Myogenin in Myoblast Differentiation and its Regulation by Fibroblast Growth Factor / A. Brunetti, Ira D. Goldfine // *Journal of Biological Chemistry.* — 1990. — V. 265. — P. 5960-5963.
7. Kamanga-Sollo E. Role of Insulin-like Growth Factor Binding Protein (IGFBP)-3 in TGF-beta- and GDF-8 (myostatin)-induced Suppression of Proliferation in Porcine Embryonic Myogenic Cell Cultures / E. Kamanga-Sollo, M.S. Pampusch, M.E. White [et al.] // *J Cell Physiol.* — 2003. — V. 197(2). — P. 225-31. — DOI:10.1002/jcp.10362.
8. Zhou H. Lamont Insulin-like Growth Factor-I gene Polymorphism Associations with Growth, Body Composition, Skeleton Integrity, and Metabolic Traits in Chickens / H. Zhou, A.D. Mitchell, J.P. McMurtry [et al.] // *S.J. Poult Sci.* — 2005. — V. 84(2). — P. 212-219. — DOI: 10.1093/ps/84.2.212.

9. Lin S. Mining of Chicken Muscle Growth Genes and the Function of Important Candidate Gene RPL3L in Muscle Development / S. Lin, M. Xian, T. Ren [et al.] // *Front Physiol.* — 2022. — V. 13. — P. 1033075. — DOI: 10.3389/fphys.2022.1033075.
10. Xu H. Molecular Cloning, Sequence Identification and Expression Analysis of Novel Caprine MYLPF Gene / H. Xu, G. Xu, D. Wang [et al.] // *Mol Biol Rep.* — 2013. — V. 13 40(3). — P. 2565-2572. — DOI: 10.1007/s11033-012-2342-0.
11. Baldwin K.M. Effects of Different Activity and Inactivity Paradigms on Myosin Heavy Chain Gene Expression in Striated Muscle / K.M. Baldwin, F. Haddad // *J Appl Physiol* (1985). — 2001. — V. 90(1). — P. 345-357. — DOI: 10.1152/jappl.2001.90.1.345.
12. Robbins J. The Chicken Myosin Heavy Chain Family / J. Robbins, T. Horan, J. Gulick [et al.] // *J Biol Chem.* — 1986. — V. 261 (14). — P. 6606-6612.
13. Xue Q. Wang Transcriptomic Profile of Leg Muscle during Early Growth in Chicken / Q. Xue, G. Zhang, T. Li [et al.] // *J. PLoS One.* — 2017. — V. 12(3). — DOI:10.1371/journal.pone.0173824.
14. He Y. Identification of New Genes and Genetic Variant Loci Associated with Breast Muscle Development in the Mini-Cobb F2 Chicken Population Using a Genome-Wide Association Study / Y. He, H. Shi, Z. Li [et al.] // *Genes.* — 2022. — V. 13(11). — P. 2153. DOI:10.3390/genes13112153.
15. Larkina T.A. Evolutionary Subdivision of Domestic Chickens: Implications for Local Breeds as Assessed by Phenotype and Genotype in Comparison to Commercial and Fancy Breeds / T.A. Larkina, O.Y. Barkova, G.K. Peglivanyan [et al.] // *Agriculture.* — 2021. — V. 11. — P. 914. — DOI: 10.3390/agriculture11100914.
16. Kubota S. Effects of the MC4R, CAPN1, and ADSL Genes on Body Weight and Purine Content in Slow-growing Chickens / S. Kubota, A. Vandee, P. Keawnakient [et al.] // *Poultry Science.* — 2019. — V. 98. — P. 4327-4337. — DOI: 10.3382/ps/pez262.