

Научная статья  
УДК 636.11.575  
doi:10.35694/YARCX.2023.64.4.009

## ОСОБЕННОСТИ СКАКОВОЙ КАРЬЕРЫ КОБЫЛ ЧИСТОКРОВНОЙ ВЕРХОВОЙ ПОРОДЫ, ИМЕЮЩИХ ТИП ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА МИОСТАТИНА C/C

**Светлана Александровна Зиновьева<sup>1</sup>, Сергей Анатольевич Козлов<sup>2</sup>,  
Сергей Сергеевич Маркин<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –  
МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

<sup>1</sup>pyhkarev@mail.ru, ORCID 0000-0003-0593-2344

<sup>2</sup>ksa64@mail.ru, ORCID 0000-0002-5699-7378

<sup>3</sup>markinss@yandex.ru, ORCID 0000-0001-5575-8677

**Реферат.** Исследования посвящены теоретическому обоснованию и практическому подтверждению влияния типа полиморфизма гена миостатина C/C на результативность скаковой карьеры кобыл чистокровной верховой породы. Учитывая многообразные функции белка миостатина в организме и его влияние на рост мышечной ткани и формирование костной массы, углеводный обмен, сделано предположение, что соответствующий тип полиморфизма гена миостатина сопровождается проявлением оригинальных черт в экстерьере кобыл чистокровной верховой породы, являющихся фляерами, и их соответствующими дистанционными способностями. В анализируемой группе из 50 голов вариант полиморфизма гена миостатина C/C зарегистрирован у 20% поголовья. Подтвердилась успешность скаковых выступлений лошадей с вариантом полиморфизма гена миостатина C/C и с задатками фляеров именно на коротких (не более 1400 м) дистанциях. Выявлено, что содержание сывороточного белка миостатина в крови, контролируемого соответствующим геном, снижается с возрастом. Поэтому предлагается рассматривать миостатин не только как супрессор мышечной массы, но и как возрастной биомаркер. Установлено, что для кобыл чистокровной верховой породы группы фляеров, несущих вариант полиморфизма гена миостатина C/C, характерна довольно низкая результативность скаковой карьеры при достаточно высоком среднем числе выступлений – 6,9 на голову, их успешность (индекс побед) составляет всего 6,3%. Средняя длина дистанций, на которых одержаны победы, не превышает 1200 м, при соотношении длины дистанций побед и проигрышей близким к 1. Кобылы-фляеры конкурентоспособны в основном в течение одного сезона в возрасте 2-х лет. Результативность их стартов в 3-летнем возрасте, за редким исключением, близка к нулю, поскольку возрастает длина скачек и повышается конкуренция с более сильными лошадьми – дистанционерами. Среди кобыл-фляеров встречаются особи, обладающие большей дистанционной универсальностью и способные успешно выступать в течение нескольких скаковых сезонов.

**Ключевые слова:** кобылы, чистокровная верховая порода, полиморфизм, миостатин, дистанционность, скаковая карьера

## PECULIARITIES OF THE RACING CAREER OF THOROUGHBRED BREED MARES WITH TYPE C/C MYOSTATIN GENE POLYMORPHISM

**Svetlana A. Zinov'eva<sup>1</sup>, Sergey A. Kozlov<sup>2</sup>, Sergey S. Markin<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –

MVA by K. I. Skryabin, Moscow, Russia

<sup>1</sup>pyhkarev@mail.ru, ORCID 0000-0003-0593-2344

<sup>2</sup>ksa64@mail.ru, ORCID 0000-0002-5699-7378

<sup>3</sup>markinss@yandex.ru, ORCID 0000-0001-5575-8677

**Abstract.** The researches are devoted to the theoretical explanation and practical confirmation of the influence of the polymorphism type of the myostatin C/C gene on the performance of the racing career of Thoroughbred breed mares. Taking into account the diverse functions of the myostatin protein in the body

and its influence on the growth of muscle tissue and the formation of bone mass, carbohydrate metabolism, it is assumed that the corresponding type of polymorphism of the myostatin gene is accompanied by the manifestation of original features in the exterior of Thoroughbred breed mares that are fliers and their corresponding distance abilities. In the test group of 50 animals, a variant of the myostatin C/C gene polymorphism was registered in 20% of the livestock. The success of horse racing performances with a variant of the myostatin C/C gene polymorphism and with fliers' settings exactly at short distances (no more than 1400 m) was confirmed. It was revealed that the content of serum myostatin protein in the blood, controlled by the corresponding gene, decreases with age. Therefore it is proposed to consider myostatin not only as a suppressor of muscle mass, but also as an age-related biomarker. It has been established that Thoroughbred breed mares of the flier group, carrying a variant of the myostatin C/C gene polymorphism, are characterized by a rather low performance in their racing career with a fairly high average number of performances – 6.9 per head, their success (victory index) is only 6.3%. The average length of the distances at which victories were won does not exceed 1200 m, with the ratio of the length of the distances of victories and losses close to 1. Flier mares are competitive mainly during one season at the age of 2 years. The performance of their starts at 3 years of age, with rare exceptions, is close to zero, as the length of the race increases and competition with stronger horses-distancers increases. Among the flier mares, there are individuals that have greater distance versatility and are able to successfully perform over several racing seasons.

**Keywords:** mares, Thoroughbred breed, polymorphism, myostatin, distance, racing career

**Введение.** Ген миостатина, курирующий ответствующий белок, работает в организме как ингибитор роста мускулатуры, поэтому ограничение его влияния приводит к её гипертрофии. Изучение молекулярного действия миостатина показало, что он подавляет пролиферацию миогенных клеток посредством контроля прогрессирования клеточного цикла. Мутация гена миостатина, сочетающаяся с потерей или ограничением функции этого белка, влияет на многие качественные свойства мышц, поскольку сказывается на волокнах, соединительной ткани и внутримышечной жировой ткани. Проведённые в последние годы исследования продемонстрировали гормональную активность мышечной ткани наряду с другими её функциями. Мышечная ткань представлена миоцитами – оригинальным типом клеток, формирующих основную её часть. Установлено, что миоциты способны высвобождать сигнальные молекулы – миокины, действующие ауто- и паракринно в пределах мышцы, а при высоком уровне – через системную циркуляцию, осуществляя взаимодействия между скелетными мышцами и различными органами и тканями, такими как печень, костная и жировая ткань, головной мозг [1; 2; 3]. Миокины имеют широкий спектр физиологических эффектов. Миостатин – это первый миокин, выделенный из мышечной ткани, подавляет её рост и дифференцировку. У мышей с дефицитом миостатина были выявлены нормальная скорость основного обмена, но более высокий дыхательный коэффициент, свидетельствующий о повышенной скорости окисления углеводов; у них зарегистрировано увеличение количества тощей массы, низкое содержание жировой массы, повышение чувствительности тканей к инсулину [3]. В совокупности эти качества присущи лошадям со скоростными способностями и скоростному рывку – фляерам (flier – лошадь, показы-

вающая лучшую резвость на коротких и средних дистанциях). В костной ткани миостатин приводит к резорбции, усиливая остеокластогенез и препятствуя остеобластогенезу. У мышей с инактивирующими мутациями гена миостатина отмечалось увеличение плотности костной ткани. Таким образом, миостатин оказывает отрицательное действие на рост мышечной ткани и формирование костной массы, углеводный обмен [3]. Миокины – триггерные молекулы, образуются миоцитами и выводятся в кровеносную систему в ответ на сокращение мышечных волокон, обеспечивая взаимодействие с различными органами, прежде всего, с жировой тканью, печенью и головным мозгом. Миостатин является наиболее изученным в настоящее время миокином. Миокины играют важную роль в реализации многочисленных процессов, таких как миогенез, остеогенез, термогенез, липолиз, повышение чувствительности тканей к глюкозе. Особый интерес к миостатину проявляют спортивные физиологи, которые исследуют его связь со спортивными результатами [4; 5].

Полиморфизм гена миостатина и его последствия для функционирования организма лошадей привлекает интерес исследователей многих стран уже более тридцати лет. С момента обнаружения и до настоящего времени установлено, что три варианта полиморфизма – C/C, C/T, T/T – связаны с дистанционными способностями, прежде всего, чистокровных верховых лошадей [6]. Присутствие гомозиготного типа C/C встречается только у этой породы лошадей и очень редко у «сильно кровленных» представителей полукровных пород, тогда как гетерозиготный тип C/T распространён довольно значительно в породах, при совершенствовании которых использовали чистокровную верховую. По дистанционным способностям и варианту полиморфизма гена миостатина чистокровных

лошадей делят на: фляеров (они же спринтеры) с генотипом С/С (дистанции 1000–1400 м), майлеров – генотип С/Т (1600–1800 м), классиков – генотип С/Т (1800–2400 м), стайеров – генотип Т/Т (2800–4000 м) [6].

Каждому дистанционному классу соответствуют определённые черты телосложения. Так, спринтеры имеют рельефную, хорошо развитую выпуклую мускулатуру, особенно плеча и крупа, округлые формы мощного корпуса. Стайеры, напротив, характеризуются более лёгким костяком, длинными, плоскими мышцами, большей обмускуленностью плеча, по сравнению с крупом, более узкой грудной клеткой и корпусом. При этом дистанционные способности коррелируют с конституциональной крепостью, жизнеспособностью и здоровьем лошадей. Влияние полиморфизма гена миостатина на хозяйственно-полезные качества лошадей разных пород рассматривается в основном в разрезе их скоростных способностей. Между тем, по мере углубления и расширения представлений об участии белка миостатина, кодируемого соответствующим геном, в процессах жизнедеятельности организма, целесообразно расширить круг поиска его возможных связей с отдельными рабочими и продуктивными (в самом широком понимании) качествами [7; 8]. С учётом всего вышеизложенного целью исследования заключалась в оценке скаковой карьеры кобыл чистокровной верховой породы, имеющих тип полиморфизма гена миостатина С/С.

**Материал и методы исследования.** Для проведения исследования у 50 кобыл чистокровной верховой породы, содержащихся в одном конном заводе, был определён тип полиморфизма гена миостатина в лаборатории «Хорсген» под руководством С. И. Сорокина. Данные о результативности скаковой карьеры исследуемого поголовья получены из базы информационно-поисковой системы ИПС «Кони-3» ВНИИ коневодства.

**Результаты и обсуждение.** Вранее проведённых на животных моделях и человеке исследованиях обнаружено, что имеются различия в силе взаимосвязи типа полиморфизма гена MSTN с гипертрофией и силой скелетных мышц, обусловленные многими факторами, среди которых важными считают этническую и гендерную принадлежность, возраст, размер выборки, массу тела и уровень физической активности [4; 9]. В отношении к лошадям влияние типа полиморфизма гена миостатина на хозяйственные качества рассматривается недостаточно разносторонне, в связи с тем, что в силу многих причин лошадь чрезвычайно сложная и дорогая модель для изучения. Как уже было отмечено, все варианты полиморфизма гена миостатина, регулирующего соответствующий белок, встречаются преимущественно

в чистокровной верховой породе лошадей, поэтому именно в отношении неё целесообразно проводить соответствующие исследования [6; 7]. В анализируемой группе из 50 голов вариант полиморфизма гена миостатина С/С зарегистрирован у 20% поголовья. Все кобылы прошли ипподромные испытания, причём 3 головы скакали один сезон, 5 – два, а 2 кобылы – три сезона. За всю историю собственной карьеры победы в розыгрыше призов имели только 3 кобылы, скакавшие более одного сезона, 2 лошади занимали призовые места, а 3 кобылы, стартовавшие от 7 до 15 раз, имели и победы, и призовые места. Учитывая, что ингибирование экспрессии миостатина приводит к увеличению мышечной массы и активизации процессов регенерации мышц, тип полиморфизма гена миостатина С/С положительно сказывается на габитусе животных, обладающих им. Как известно, яркие фляеры должны иметь сильную, выпуклую мускулатуру плеча и крупа и обладать способностью к совершению взрывной скоростной работы на относительно короткой дистанции. Отсутствие сведений о соответствующих промерах кобыл-фляеров анализируемой группы, находящихся в скаковых кондициях, не позволяет сделать заключение о соответствии их габитуса теоретической модели. Но интересно отметить, что только одна кобыла из 10 при 15 стартах имела победы на дистанциях свыше 2000 м, средняя дистанция её проигрышных стартов (3 за 3 сезона) составила 1400 м (проигрыши были в 2-летнем возрасте). То есть данная особь проявила большую дистанционную универсальность, что совсем не характерно для типичных фляеров, несущих тип полиморфизма С/С. В анализируемой выборке присутствует одна кобыла, скакавшая только в трёхлетнем возрасте 4 раза и не имевшая ни побед, ни призовых мест. Средняя дистанция её выступлений составляет 2150 м, что велико и очень трудно для фляеров, но объясняется удлинением дистанции скачек свыше 1600 м для трёхлетних лошадей. Поскольку большинство кобыл по преимуществу обязательно выступали в 2-летнем возрасте, средняя длина их скачек колебалась от 1100 до 1500 м, несмотря на то, что в структуре выступлений для этого возраста дистанции менее 1600 м занимают совсем небольшой удельный вес. При этом средняя длина дистанций скачек, в которых принимали участие кобылы (за исключением двух), не превышает 1600 м – от 1100 до 1567 м, а дистанция проигрышей – от 1267 до 1620 м. Длина победных дистанций составила 1000–1200 м, а призовых мест – 1600 м. Следовательно, в основном подтверждается успешность скаковых выступлений лошадей с вариантом полиморфизма гена миостатина С/С и с задатками фляеров именно на коротких – не более 1400 м – дистанциях. Выступление кобыл-

фляеров в трёхлетнем возрасте менее удачно и не всегда сопровождается победами и даже призовыми местами, при сохранении невысокой средней длины дистанций выступлений и проигрышей. Таким образом, следует заключить, что с возрастом успешность выступлений кобыл с вариантом полиморфизма гена миостатина C/C резко падает. Возможно, подтверждается установленный факт влияния женских эстрогенов на экспрессию миостатина, вызванного физическими упражнениями. Выявлено также, что содержание сывороточного белка миостатина, контролируемого соответствующим геном, в крови снижается с возрастом, поэтому предлагается рассматривать миостатин не только как супрессор мышечной массы, но и как возрастной биомаркер. Таким образом, на основании представленных в научной литературе фактов и рассмотренных показателей скаковой карьеры кобыл группы фляеров, несущих вариант поли-

морфизма гена миостатина C/C, можно сделать нижеприведённые выводы.

**Выводы.** Результативность скаковой карьеры кобыл довольно низкая, при достаточно высоком среднем числе выступлений – 6,9 на голову, их успешность (индекс побед) составляет всего 6,3%. Средняя длина дистанций, на которых одержаны победы, не превышает 1200 м, при соотношении длины дистанций побед и проигрышей близким к 1. Кобылы-фляеры конкурентоспособны в основном в течение одного сезона в возрасте 2-х лет. Результативность их стартов в 3-летнем возрасте, за редким исключением, близка к нулю, поскольку возрастает длина скачек и повышается конкуренция с более сильными лошадьми – дистанционерами. Среди кобыл-фляеров встречаются особи, обладающие большей дистанционной универсальностью и способные успешно выступать в течение нескольких скаковых сезонов.

#### Список источников

1. Joulia-Ekaza D., Cabello G. Myostatin regulation of muscle development: Molecular basis, natural mutations, physiopathological aspects // *Experimental Cell Research*. 2006, Vol. 312, Is. 13. P. 2401–2414. DOI 10.1016/j.yexcr.2006.04.012.
2. Wagner K. R. Muscle regeneration through myostatin inhibition // *Current Opinion in Rheumatology*. 2005. Vol. 17, № 6. P. 720–724. DOI 10.1097/01.bor.0000184163.61558.ca.
3. Васюкова О. В., Касьянова Ю. В., Окорочков П. Л. [и др.] Миокины и адипомиокины: медиаторы воспаления или уникальные молекулы таргетной терапии ожирения? // *Проблемы эндокринологии*. 2021. Т. 67, № 4. С. 36–45. DOI 10.14341/probl12779.
4. Аксенов М. О. Метаанализ ассоциации полиморфизма гена MSTN rs1805086 с силовыми показателями спортсменов // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13, № 2. С. 303–335. DOI 10.12731/2658-6649-2021-13-2-303-335.
5. Рогозкин В. А., Астратенкова И. В., Дружевская А. М. [и др.] Ген-маркеры предрасположенности к скоростно-силовым видам спорта // *Теория и практика физической культуры*. 2005. № 1. С. 2–4.
6. Зиновьева С. А., Козлов С. А., Маркин С. С. Особенности скаковой карьеры кобыл чистокровной верховой породы, имеющих вариант полиморфизма T/T гена миостатина // *Вестник АПК Верхневолжья*. 2023. № 3 (63). С. 65–69. DOI 10.35694/YARCX.2023.63.3.008.
7. Маркин С. С., Зиновьева С. А., Козлов С. А. Дистанционная специализация лошадей, несущих разный вариант гена миостатина // *Современные проблемы зоотехнии : сб. тр. по материалам Международ. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук, профессора Бакай Анатолия Владимировича (1946–2020) в рамках Года науки и технологий Российской Федерации по тематике «Генетика и качество жизни»*. М. : ЗооВетКнига, 2022. С. 107–112. ISBN 978-5-6048278-3-3.
8. Маркин С. С., Козлов С. А., Зиновьева С. А. Характеристика полиморфизма гена миостатина у лошадей орловской рысистой породы // *Актуальные вопросы развития коневодства : материалы I Нац. (Всеросс.) науч.-практ. конф. / отв. редактор И. И. Бородин. Уссурийск : Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. С. 85–88. EDN TTYNUS.*
9. Cassar-Malek I., Passelaigue F., Bernard C. [et al.] Target genes of myostatin loss-of-function in muscles of late bovine fetuses // *BMC Genomics*. 2007. 1:8:63. DOI 10.1186/1471-2164-8-63.

#### References

1. Joulia-Ekaza D., Cabello G. Myostatin regulation of muscle development: Molecular basis, natural mutations, physiopathological aspects // *Experimental Cell Research*. 2006, Vol. 312, Is. 13. P. 2401–2414. DOI 10.1016/j.yexcr.2006.04.012.
2. Wagner K. R. Muscle regeneration through myostatin inhibition // *Current Opinion in Rheumatology*. 2005. Vol. 17, № 6. P. 720–724. DOI 10.1097/01.bor.0000184163.61558.ca.

3. Vasyukova O. V., Kas'yanova Yu. V., Okorokov P. L. [i dr.] Miokiny i adipomiokiny: mediatory vospaleniya ili unikal'nye molekuly targetnoj terapii ozhireniya? // Problemy endokrinologii. 2021. T. 67, № 4. S. 36–45. DOI 10.14341/probl12779.

4. Aksenov M. O. Metaanaliz asociacii polimorfizma gena MSTN rs1805086 s silovymi pokazatelyami sportsmenov // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. T. 13, № 2. С. 303–335. DOI 10.12731/2658-6649-2021-13-2-303-335.

5. Rogozkin V. A., Astratenkova I. V., Druzhevskaya A. M. [i dr.] Gen-markery predispozitsionnosti k skorostno-silovym vidam sporta // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2005. № 1. S. 2–4.

6. Zinov'eva S. A., Kozlov S. A., Markin S. S. Osobennosti skakovoj kar'ery kobyly chistokrovnoj verhovej porody, imeyushchih variant polimorfizma T/T gena miostatina // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2023. № 3 (63). S. 65–69. DOI 10.35694/YARCX.2023.63.3.008.

7. Markin S. S., Zinov'eva S. A., Kozlov S. A. Distancionnaya specializaciya loshadej, nesushchih raznyj variant gena miostatina // Sovremennye problemy zootehnii : sb. tr. po materialam Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj 75-letiyu so dnya rozhdeniya d-ra s.-h. nauk, professora Bakaj Anatoliya Vladimirovicha (1946–2020) v ramkah Goda nauki i tekhnologii Rossijskoj Federacii po tematike «Genetika i kachestvo zhizni». M. : ZooVetKniga, 2022. S. 107–112. ISBN 978-5-6048278-3-3.

8. Markin S. S., Kozlov S. A., Zinov'eva S. A. Harakteristika polimorfizma gena miostatina u loshadej orlovskoj rystoj porody // Aktual'nye voprosy razvitiya konevodstva : materialy I Nac. (Vseross.) nauch.-prakt. konf. / otv. redaktor I. I. Borodin. Ussurijsk : Primorskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2022. S. 85–88. EDN TTYNUS.

9. Cassar-Malek I., Passelaigne F., Bernard C. [et al.] Target genes of myostatin loss-of-function in muscles of late bovine fetuses // BMC Genomics. 2007. 1:8:63. DOI 10.1186/1471-2164-8-63.

#### *Сведения об авторах*

**Светлана Александровна Зиновьева** – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», spin-код: 1423-6145.

**Сергей Анатольевич Козлов** – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», spin-код: 2246-0929.

**Сергей Сергеевич Маркин** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», spin-код: 9084-0600.

#### *Information about the authors*

**Svetlana A. Zinov'eva** – Candidate of Biological Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Private Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin", spin-code: 1423-6145.

**Sergey A. Kozlov** – Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Private Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin", spin-code: 2246-0929.

**Sergey S. Markin** – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Private Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA by K. I. Skryabin", spin-code: 9084-0600.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.