

УДК 636.13.082.2

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ГЕНА-МАРКЕРА МИОСТАТИНА С ДВИГАТЕЛЬНЫМИ И ПРЫЖКОВЫМИ КАЧЕСТВАМИ ЛОШАДЕЙ ТРАКЕНЕНСКОЙ И ГАННОВЕРСКОЙ ПОРОД****Вишневец А.В., Будревич О.Л.**УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,  
г. Витебск, Республика Беларусь

Представлены результаты исследования взаимосвязи гена *MSTN* (миостатин) с двигательными и прыжковыми качествами лошадей траккененской и ганноверской пород. Наибольшие показатели двигательных качеств установлены у лошадей с генотипом *MSTN<sup>CC</sup>*, что на 9,9 ( $P>0,95$ ) и 5,4 % соответственно больше по отношению к животным, имеющим генотипы *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CT</sup>*. По прыжковым качествам наибольший показатель установлен у лошадей с генотипом *MSTN<sup>CT</sup>*, что на 4,1 ( $P>0,95$ ) и 2,2 % больше, в сравнении с лошадьми, имеющими генотипы *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CC</sup>*. **Ключевые слова:** лошади, порода, ген *MSTN*, генотип, спортивные качества.

**RELATIONSHIP OF THE MYOSTATIN MARKER GENE WITH MOTOR AND JUMPING QUALITIES TRAKHENEN AND HANOVER BREEDS****Vishnevets A.V., Budrevich A.L.**

Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

The results of a study of the relationship between the *MSTN* (myostatin) gene and the locomotor and jumping qualities of Trakehner and Hanoverian horses are presented. The highest rates of motor performance were found in horses with the *MSTN<sup>CC</sup>* genotype, which is 9,9 ( $P>0,95$ ) and 5,4 %, respectively, more in relation to animals capable of the *MSTN<sup>TT</sup>* and *MSTN<sup>CT</sup>* genotypes. In terms of jumping qualities, the highest indicator was found in horses with the *MSTN<sup>CT</sup>* genotype, which is 4,1 ( $P>0,95$ ) and 2,2 % more, depending on the horse abilities of the *MSTN<sup>TT</sup>* and *MSTN<sup>CC</sup>* genotypes. **Keywords:** horse, breed, *MSTN* gene, genotype, sporting qualities.

**Введение.** Генетический прогресс в селекции животных в значительной мере был обусловлен разработкой технологии полногеномного анализа, позволяющей выявлять локализацию генов, детерминирующих качественные и количественные признаки, а затем изучать их влияние на селекционную оценку животных на примере референтных популяций. Молекулярно-генетические технологии позволяют успешно решать задачу повышения эффективности генотипической оценки животных на основе изучения их наследственных задатков и генетико-биохимических механизмов формирования высокой продуктивности. Сегодня ученые ведут исследования, направленные на выявление генов, детерминирующих выраженность селекционируемых признаков [5].

ДНК-технологии позволяют проводить идентификацию генотипов по ряду маркеров и на этой основе более успешно вести селекцию животных по хозяйственно полезным признакам. В коневодстве главным селекционируемым признаком является работоспособность, которая имеет свою специфику в группах пород разной специализации. Как и другие количественные признаки, работоспособность лошадей определяется аддитивным взаимодействием многих генов и факторами внешней среды. Влияние генотипа на работоспособность лошадей достаточно существенно, при этом действие генов может широко варьировать по своей силе и значимости. Поэтому несомненный интерес представляет выявление вариантов генов, которые могут служить генетическими маркерами высокой работоспособности.

Как показали многочисленные исследования, одним из ключевых факторов, влияющих на скаковую работоспособность лошадей, является ген миостатина (*MSTN*), локализованный в 18-й хромосоме. Этот ген является супрессором клеточного роста и дифференциации тканей, поэтому изменения в его структуре детерминируют усиленное формирование мускулатуры у мясных пород крупного рогатого скота, овец, свиней и бойцовских собак. У лошадей описано несколько мутаций этого гена, среди которых наиболее значимой оказалась однонуклеотидная замена *MSTN* в первом экзоне [1].

Определение уровня полиморфизма гена миостатина и распространение его вариантов у представителей разных пород лошадей привлекает ученых и практиков возможностью прогнозирования потенциала их работоспособности. Выбор тренинга, максимально отвечающего генетически обусловленным задаткам лошади, позволяет более рационально построить ее спортивную карьеру. Как установлено ранее, все варианты полиморфизма гена миостатина встречаются чаще всего у лошадей чистокровной верховой породы, и их связывают с дистанционными способностями лошадей. [2].

Ген миостатина был открыт в 1997 году, его особенность заключается в том, что при его отсутствии животное начинает набирать мышечную массу быстрее и в большем количестве, чем их сородичи, не имеющие мутации в гене миостатина [3].

При секвенировании последовательности миостатина у лошадей было обнаружено 19 различных вариантов его структуры, среди которых с практической точки зрения наиболее интересна нуклеотидная замена g.66493737 T>C в первом интроне. Многочисленные исследования показали, что в зависимости от типа миостатина чистокровные верховые лошади проявляют разные дистанционные способности вследствие различий в структуре мышечных волокон [4].

В настоящее время многие генетические лаборатории за пределами республики предлагают свои услуги по тестированию лошадей по генам, определяющим масть, работоспособность, наследственные дефекты и заболевания, которые неизбежно накапливаются в породах в результате мутаций и чистопородной системы разведения. Для оценки генетического потенциала лошадей используют методы маркерной и геномной селекции, включая технологию полногеномного сканирования с использованием чипов разной плотности, что позволяет оперативно считывать и расшифровывать информацию о структуре всего генома [1].

Влияние генотипа на работоспособность лошадей достаточно существенно, при этом действие генов может широко варьировать по своей силе и значимости. Поэтому несомненный интерес представляет выявление вариантов генов, которые могут служить генетическими маркерами высокой работоспособности [1].

**Материалы и методы исследований.** Объектом исследований являлись лошади верховых пород (траккененская и ганноверская) учреждения «Республиканский центр олимпийской подготовки конного спорта и коневодства» Минского района (n=87). Материалом для исследований служили биологические пробы (волосыные луковицы). ДНК экстрагировали методом полимеразной цепной реакции (ПЦР). Генотипирование по гену *MSTN* проводилось методом полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ) [6].

У лошадей верховых пород по данным племенных карточек (форма-2 л), протоколов оценки по прыжковым и двигательным качествам, протоколов испытаний спортивных качеств лошади, карточек заводских испытаний учитывались и анализировались следующие показатели: оценка в баллах за стили шага, рыси, галопа, прыжка, двигательные и прыжковые качества.

**Результаты исследований.** Из всех показателей наиболее важными для характеристики спортивных лошадей являются стили шага, рыси, галопа и прыжка. Для выяснения взаимосвязи генотипа гена *MSTN* с основными показателями двигательных качеств внутри каждой исследуемой породы и по общему поголовью провели анализ данных, представленных в таблице 1.

**Таблица 1 – Взаимосвязь генотипов гена *MSTN* с показателями двигательных качеств лошадей траккененской и ганноверской пород, баллы**

Порода	Генотип <i>MSTN</i>	n	Стиль шага	Стиль рыси	Стиль галопа	Стиль прыжка
			$\bar{X} \pm m_x$	$\bar{X} \pm m_x$	$\bar{X} \pm m_x$	$\bar{X} \pm m_x$
Траккененская	TT	29	7,2±0,15	7,1±0,18	7,0±0,17	8,0±0,16
	CT	32	7,4±0,15	7,5±0,22	7,2±0,20	8,4±0,13
	CC	5	8,0±0,16***	7,6±0,12*	7,5±0,10*	8,1±0,33
Ганноверская	TT	6	7,3±0,21	8,1±0,40	8,1±0,21	7,8±0,25
	CT	12	7,4±0,19	7,7±0,15	7,8±0,23	8,0±0,13*
	CC	3	7,4±0,15	8,2±0,06*	8,2±0,35	7,6±0,11
Итого по исследуемому поголовью	TT	35	7,2±0,13	7,3±0,15	7,2±0,14	8,0±0,14
	CT	44	7,4±0,12	7,5±0,12	7,4±0,16	8,3±0,13
	CC	8	7,7±0,22	7,8±0,19	7,7±0,19	7,9±0,23

Из данных таблицы 1 видно, что лошади траккененской породы с генотипом *MSTN<sup>CC</sup>* превосходят животных с генотипами *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CT</sup>* в стилях шага на 11,1 (P>0,999) и 8,1 % (P>0,95) и 1,3 %, галопа – на 7,1 (P>0,95) и 4,2 %. В стиле прыжка наибольшие показатели у лошадей с генотипом *MSTN<sup>CT</sup>*, что на 5,0 (P>0,95) и 3,7 % соответственно больше, чем у лошадей, имеющих генотипы *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CC</sup>*.

Среди лошадей ганноверской породы наблюдается такая же взаимосвязь. В стиле рыси лошади, имеющие генотип *MSTN<sup>CC</sup>*, на 6,5 (P>0,95) и 1,2 % превосходят лошадей, имеющими генотипы *MSTN<sup>CT</sup>* и *MSTN<sup>TT</sup>*. В стиле прыжка у животных с генотипом *MSTN<sup>CT</sup>* на 2,6 и 5,3 % (P>0,95) показатель больше, чем у лошадей с генотипами *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CC</sup>*.

Анализируя данные по всему поголовью, наибольшие показатели установлены у лошадей, имеющих генотип *MSTN<sup>CC</sup>* в стилях шага, рыси, галопа на 6,9 (P>0,95) и 4,1 % соответственно, чем у лошадей, имеющих генотипы *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CT</sup>*. В стиле прыжка лошади с генотипом *MSTN<sup>CT</sup>* имеют наибольшие показатели, что на 5,1 % (P>0,95) и 3,8 % больше, чем у лошадей с генотипами *MSTN<sup>CC</sup>* и *MSTN<sup>TT</sup>*.

Общая оценка спортивных качеств лошади складывается из средней оценки за двигательные и прыжковые качества. Для выяснения взаимосвязи аллельных вариантов гена *MSTN* со спортивными качествами лошадей верховых пород, а именно, двигательными, прыжковыми качествами,

собраны данные, содержащиеся в отчетах на основании результатов испытаний. Данные внесены в таблицу 2.

**Таблица 2 – Взаимосвязь генотипов гена *MSTN* с баллами за двигательные, прыжковые качества у лошадей траккененской и ганноверской пород**

Порода	Генотип <i>MSTN</i>	n	Двигательные качества	Прыжковые качества
			$\bar{X} \pm m_x$	$\bar{X} \pm m_x$
Траккененская	TT	29	8,42±0,21	8,54±0,18
	CT	32	8,50±0,17	8,96±0,10*
	CC	5	9,22±0,33*	8,71±0,25
Ганноверская	TT	6	7,29±0,43	8,51±0,24
	CT	12	8,73±0,24	8,72±0,36
	CC	3	8,78±0,33	8,67±0,21
Итого по исследуемому поголовью	TT	35	8,22±0,29	8,54±0,11
	CT	44	8,57±0,14	8,89±0,12*
	CC	8	9,03±0,24*	8,70±0,18

Из данных таблицы 2 видно, что лошади траккененской породы, имеющие генотип *MSTN<sup>CC</sup>*, превосходят лошадей с генотипами *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CT</sup>* по двигательным качествам на 9,5 (P>0,95) и 8,5 %. По прыжковым качествам наибольший балл у лошадей с генотипом *MSTN<sup>CT</sup>*, что на 4,9 (P>0,95) и 2,9 % больше, в сравнении с лошадьми, имеющими генотипы *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CC</sup>*.

Среди лошадей ганноверской породы наблюдается такая же закономерность, но без достоверных различий между показателями.

Анализируя данные по исследуемому поголовью, наибольшие показатели за двигательные качества установлены у лошадей с генотипом *MSTN<sup>CC</sup>*, что на 9,9 (P>0,95) и 5,4 % соответственно больше по отношению к животным, имеющим генотипы *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CT</sup>*. По прыжковым качествам наибольший показатель у лошадей с генотипом *MSTN<sup>CT</sup>*, что на 4,1 (P>0,95) и 2,2 % больше, в сравнении с лошадьми, имеющими генотипы *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CC</sup>*.

Классические виды конного спорта предъявляют к лошадям различные требования. В конкуре требуются более массивные мощные лошади, в троеборье, кроме прыгучести, нужна еще достаточная резвость и выносливость, для выездки требуются «нарядные» лошади с эластичными движениями. Показатели по оценке двигательных и прыжковых качеств, полученные при выездке, конкуре и троеборье лошадей верховых пород с различными генотипами гена *MSTN*, представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Взаимосвязь генотипов гена *MSTN* с показателями двигательных и прыжковых качеств в основных видах конного спорта лошадей верховых пород, баллы ( $\bar{X} \pm m_x$ )**

Вид конного спорта	Показатели	Генотип <i>MSTN</i>		
		TT	CT	CC
Выездка (n=34)	оценка двигательных качеств	8,93±0,24	8,84±0,11	9,20±0,10*
	оценка прыжковых качеств	7,99±0,30	8,61±0,13	8,85±0,14*
Конкур (n=30)	оценка двигательных качеств	8,52±0,10	8,95±0,13	8,66±0,36
	оценка прыжковых качеств	8,49±0,11	8,91±0,10	8,81±0,28
Троеборье (n=23)	оценка двигательных качеств	8,14±0,17	8,58±0,29	9,35±0,39
	оценка прыжковых качеств	8,92±0,20	8,29±0,19	8,92±0,15

Из анализа данных таблицы 3 следует, что наибольшие показатели установлены при выездке у лошадей верховых пород с генотипом *MSTN<sup>CC</sup>*, что больше, чем у лошадей с генотипами *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CT</sup>* при оценке двигательных качеств на 3 и 4,1 % (P>0,95), прыжковых качеств – на 10,8 (P>0,95) и 2,8 % соответственно.

В конкуре наибольшие показатели оценки двигательных и прыжковых качеств установлены у лошадей, имеющих генотип *MSTN<sup>CT</sup>*, что больше, чем у животных, имеющих генотипы *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CC</sup>*, на 5 (P>0,95) и 3,3 %, 4,9 (P>0,95) и 1,1 % соответственно.

В троеборье наибольшие показатели установлены у лошадей с генотипом *MSTN<sup>CC</sup>*, что больше, чем у лошадей с генотипами *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CT</sup>*, по оценке двигательных качеств на 14,9 (P>0,95) и 9 % соответственно. А наибольшие показатели оценки прыжковых качеств установлены у лошадей с генотипами *MSTN<sup>TT</sup>* и *MSTN<sup>CC</sup>*, что больше, чем у лошадей с генотипом *MSTN<sup>CT</sup>*, на 7,6 % (P>0,95).

**Заключение.** Генотипирование лошадей по гену *MSTN* позволит оптимизировать программу тренинга, учитывая, что наиболее благоприятным для повышения прыжковых качеств является генотип *MSTN<sup>CT</sup>*, а для спринтерских – генотип *MSTN<sup>CC</sup>*. Дополнительная генетическая информация

значительно увеличивает точность селекционной ценности лошадей и позволяет ускорить генетический прогресс при совершенствовании спортивных пород лошадей.

**Литература.** 1. Генетические маркеры работоспособности лошадей / Л. А. Храброва [и др.]. // Коневодство и конный спорт : научно-производственный, спортивно-методический журнал / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – Москва : Колос, 1960. – С. 8-10. 2. Зиновьева, С. А. Полиморфизм гена миостатина у лошадей чистокровной верховой породы разного хозяйственного назначения / С. А. Зиновьева, С. А. Козлов, С. С. Маркин // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии, биотехнологии и экспертизы сырья и продуктов животного происхождения : сборник трудов научно-практической конференции / Под общей редакцией С. В. Позябина, Л. А. Гнездиловой. – Москва, 2022. – С. 480-481. 3. Маркин, С. С. Дистанционная специализация лошадей, несущих разный вариант гена миостатина / С. С. Маркин, С. А. Зиновьева, С. А. Козлов // Современные проблемы зоотехнии : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора А. В. Бакай. – Москва : Зооветкнига, 2022. – С. 107-112. 4. Храброва, Л. А. Полиморфизм генов GYS1, DMTR3 И MSTN у лошадей местных пород / Л. А. Храброва, Н. В. Блохина, С. И. Сорокин // Аборигенные породы лошадей – национальное достояние России : сборник научных трудов IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / Отв. за выпуск И. Б. Юрьева. – Архангельск, 2022. – С. 258-268. 5. Храброва, Л. А. Прогресс ДНК-технологий в коневодстве / Л. А. Храброва, Е. И. Алексеева // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015 - № 39 – С. 149-155. 6. Analysis of polymorphisms in the equine MSTN gene in Polish populations of horse breeds / Monika Stefaniuka, Katarzyna Ropka-Molikb, Katarzyna Piórkowska, Maria Kulisaa, ZenonPodstawski // Livestock Science. – Volume 187, May 2016. – P. 151-157.

Поступила в редакцию 27.09.2023.

УДК 636.2.087.7

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВКЛЮЧЕНИЯ В СОСТАВ РАЦИОНОВ КОРОВ В ПЕРВУЮ И ВТОРУЮ ФАЗЫ СУХОСТОЙНОГО ПЕРИОДА КОМПЛЕКСНЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

Гуйван В.В.

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь

В статье приведены результаты исследований по определению эффективности использования в рационах стельных коров 1-й и 2-й фаз сухостойного периода комплексных кормовых добавок и их влияние на естественную резистентность, минеральный состав крови и молочную продуктивность в последующую лактацию. Установлено, что использование в кормлении сухостойных коров комплексных кормовых добавок в количестве 3 % от сухого вещества рациона способствовало увеличению содержания в крови кальция на 13,6 % ( $P<0,05$ ), фосфора – на 6,6 %, магния – на 8,0 % ( $P<0,05$ ), бактерицидной активности сыворотки крови – на 5,49 п.п. ( $P<0,01$ ), лизоцимной активности сыворотки крови – на 0,5 п.п. ( $P<0,05$ ), а также позволило повысить среднесуточные удои в последующую лактацию на 6,8-4,5 %. **Ключевые слова:** коровы, резистентность, бактерицидная активность сыворотки крови, лизоцимная активность сыворотки крови, молочная продуктивность, минеральный состав крови.

### EFFECTIVENESS OF INCLUSION OF COMPLEX FEED ADDITIVES IN COW DIETS IN FIRST AND SECOND PHASES OF DRY-RESISTANT PERIOD

Guyvan V.V.

Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

The article presents the results of studies to determine the effectiveness of the use of complex feed additives in the diets of steel cows of the 1st and 2nd phases of the dry-resistant period and their effect on natural resistance, blood mineral composition and milk productivity in subsequent lactation. It was established that the use of complex feed additives in the amount of 3 % of the dry substance of the diet in feeding dry cows contributed to an increase in the content of calcium in the blood by 13,6 % ( $P<0,05$ ), phosphorus - by 6,6 %, magnesium - by 8,0 % ( $P<0,05$ ), bactericidal activity of blood serum - by 5,49 pp. ( $P<0,01$ ), lysozyme activity of blood serum - by 0,5 pp. ( $P<0,05$ ), and also allowed to increase the average daily yield in subsequent lactation by 6,8-4,5 %. **Keywords:** cows, resistance, serum bactericidal activity, serum lysozyme activity, milk productivity, blood mineral composition.

**Введение.** В настоящее время в Республике Беларусь ведущая отрасль животноводства – молочное скотоводство, поэтому одной из приоритетных задач агропромышленного комплекса страны является повышение эффективности производства через снижение себестоимости сельхозпродукции [5].

Нормальная жизнедеятельность организма может осуществляться лишь при поступлении с кормами в достаточном количестве питательных веществ. Несбалансированное кормление животных вызывает в организме негативные изменения обменных процессов, что приводит к снижению их естественной резистентности и продуктивности [3].