

ВЗАИМОСВЯЗЬ ГЕНА *COX4I2* СО СПОРТИВНЫМИ КАЧЕСТВАМИ ЛОШАДЕЙ ТРАКЕНЕНСКОЙ И ГАННОВЕРСКОЙ ПОРОД

Будревич О.Л., Вишневец А.В.

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

RELATIONSHIP OF THE *COX4I2* GENE WITH THE SPORTING PERFORMANCE OF TRAKENEN AND HANNOVER BREED HORSES

Budrevich A.L., Vishnevets A.V.

*«Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine»,
Vitebsk, Republic of Belarus*

Аннотация. Установлена взаимосвязь гена *COX4I2* со спортивными качествами лошадей верховых пород в Республике Беларусь. Лошади тракененской и ганноверской пород, имеющие генотип *COX4I2^{TT}*, превосходят лошадей с генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{CT}* в стиле рыси, галопа, прыжка, работоспособности и по двигательным, прыжковым качествам при выездке, конкуре, троеборье.

Ключевые слова: спортивные лошади, порода, ген *COX4I2*, генотип, взаимосвязь, двигательные, прыжковые качества, работоспособность.

Summary. The relationship of the *COX4I2* gene with the athletic qualities of horses of riding breeds in the Republic of Belarus has been established. Horses of the Trakehner and Hanoverian breeds with the *COX4I2^{TT}* genotype are superior to horses with the *COX4I2^{CC}* and *COX4I2^{CT}* genotypes in the style of trotting, galloping, jumping, working capacity and in motor, jumping qualities during dressage, show jumping, and triathlon.

Keywords: sports horses, breed, *COX4I2* gene, genotype, relationship, motor, jumping qualities, working capacity.

Введение. Спортивное коневодство пользуется большой популярностью во всем мире, и в Республике Беларусь есть все необходимые условия для успешного его развития. Призы на международных соревнованиях повышают престиж нашей страны [3].

Развитие молекулярно-генетических и информационных технологий дали мощный импульс для изучения геномов сельскохозяйственных животных, что позволило эффективно использовать на практике достижения маркерной селекции. Молекулярно-генетические методы типирования позволяют использовать для анализа любые ткани на всех стадиях онтогенеза и эффективно решать самые сложные вопросы генетической экспертизы [4].

Спортивный потенциал каждого животного можно определить по его спортивным показателям, которые зависят от эффективности использования

животными энергии, вырабатываемой посредством аэробных и анаэробных метаболических процессов, не исключая и иные факторы [5, 10].

Одним из генов, влияющих на скаковую работоспособность лошадей и другие хозяйственно полезные признаки, является ген *COX4I2* (цитохромоксидаза) который локализован в 22 хромосоме и представляет собой фермент (комплекс IV), конечный компонент цепи дыхательных ферментов, переносящий электроны от цитохрома C к молекулярному кислороду во время митохондриального дыхания, отвечает за регулирование и сборку митохондрически кодированных субъединиц на митохондриальной мембране. Цитохром C-оксидаза состоит из двух изоформ (*COX4-1* и *COX4-2*), которые кодируются генами. В условиях недостатка кислорода главный регулятор гипоксического ответа активирует транскрипцию *COX4I2* [7, 9].

Связь маркерных генов с хозяйственно полезными признаками может быть использована в племенной работе с конкретными популяциями животных [6].

Цель исследования – установить взаимосвязь гена *COX4I2* со спортивными качествами лошадей тракененской и ганноверской пород.

Материал и методы исследований. Объектом исследований являлись 87 лошадей верховых пород учреждения «Республиканский центр олимпийской подготовки конного спорта и коневодства» Минского района.

Материалом для исследований послужили биологические пробы (волосяные луковицы) лошадей тракененской и ганноверской пород.

ДНК экстрагировали методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) используя наборы, производимые фирмой «Нуклеосорб» в комплектации «С» (ОДО «АртБиоТех», РБ). Генотипирование лошадей по гену *COX4I2* проводилось методом полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ).

При расщеплении продуктов амплификации рестриктазой *XceI* идентифицируются следующие генотипы: *COX4I2*^{CC} – 556 п.о., *COX4I2*^{CT} – 556 п.о., 291 п.о. + 265 п.о., *COX4I2*^{TT} – 291 п.о. + 265 п.о. [6, 8].

Статистическую обработку результатов исследований выполняли на персональном компьютере с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

Результаты исследований. Требования к спортивным лошадям сильно возрастают и обуславливаются отчасти жесткими требованиями рыночных отношений и конкурентоспособности. Требуются лошади с высокими скаковыми качествами, которые должны обладать высокими баллами за двигательные качества [2]. Нами была изучена взаимосвязь генотипов гена *COX4I2* с показателями двигательных качеств лошадей тракененской и ганноверской пород. Данные внесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Взаимосвязь генотипов гена *COX4I2* с показателями двигательных качеств лошадей тракененской и ганноверской пород, баллы ($\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$)

Порода	Генотип <i>COX4I2</i>	n	Стиль шага	Стиль рыси	Стиль галопа	Стиль прыжка
Тракененская	<i>CC</i>	31	7,4±0,15	7,2±0,27	7,1±0,27	8,1±0,15
	<i>CT</i>	28	7,3±0,15	7,3±0,27	7,0±0,23	7,9±0,12
	<i>TT</i>	7	7,5±0,25	7,9±0,17*	7,6±0,17*	8,2±0,36
Ганноверская	<i>CC</i>	6	7,1±0,29	7,9±0,38	7,6±0,41	7,3±0,57
	<i>CT</i>	10	7,7±0,14*	7,9±0,31	8,0±0,17	8,2±0,16
	<i>TT</i>	5	7,0±0,28	8,0±0,25	8,0±0,26	7,9±0,21
Итого по исследуемому поголовью	<i>CC</i>	37	7,3±0,14	7,3±0,24	7,2±0,23	8,0±0,16
	<i>CT</i>	38	7,4±0,12	7,5±0,21	7,3±0,19	8,0±0,10
	<i>TT</i>	12	7,3±0,20	7,9±0,14*	7,8±0,15*	8,1±0,23

Из данных таблицы 1 видно, что лошади тракененской породы с генотипом *COX4I2^{TT}* превосходят животных с генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{CT}* в стилях шага на 1,3 и 2,7 %, рыси – на 8,9 ($P>0,95$) и 7,6 %, галопа – на 6,6 и 7,9 % ($P>0,95$), прыжка – на 1,2 и 3,7 % соответственно.

Среди лошадей ганноверской породы в стиле шага превосходят животные с генотипом *COX4I2^{CT}* на 7,8 и 9,1 % ($P>0,95$), в стиле прыжка на 11 и 3,6 % в сравнении с лошадьми, имеющими генотипы *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{TT}* соответственно. В стиле рыси превосходят лошади, имеющие генотип *COX4I2^{TT}* на 1,3 % в сравнении с лошадьми, имеющими другие генотипы. В стиле галопа животные с генотипами *COX4I2^{CT}* и *COX4I2^{TT}* имеют одинаковый показатель, что на 5% больше, чем у лошадей с генотипом *COX4I2^{CC}*, без достоверных различий между показателями.

По исследуемому поголовью наибольшие показатели в стиле рыси, галопа и прыжка у лошадей, имеющих генотип *COX4I2^{TT}*, что на 7,6 и 5,1% ($P>0,95$), на 7,7 и 6,4 % ($P>0,95$), на 1,2 % соответственно больше, чем у лошадей с генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{CT}*. В стиле шага животные с генотипом *COX4I2^{CT}* превосходят лошадей с генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{TT}* на 1,4 %.

Признаки работоспособности лошадей наследуются потомками от родителей. Для того, чтобы активно влиять на ситуацию в стаде, популяции и породе в целом, селекционерам важно иметь сведения о взаимосвязи различных генотипов по локусу гена *COX4I2* с показателями спортивных качеств лошадей.

Оценка спортивных качеств (работоспособность) складывается из средней оценки за двигательные и прыжковые качества. При оценке двигательных качеств оценивают количество шагов при шаге и рыси, стиль аллюров при шаге, рыси и галопе и выставляют среднюю оценку двигательных качеств. При оценке аллюра смотрят на такие критерии, как равномерность, темп, свобода, прямолинейность и гармоничность аллюров, а так же на наличие хромоты. Прыжковые качества оцениваются по таким показателям, как мощность и стиль прыжка [1].

Для выяснения взаимосвязи аллельных вариантов гена *COX4I2* со спор-

тивными качествами лошадей верховых пород, а именно, двигательными, прыжковыми и работоспособностью, собраны данные, которые внесены в таблицу 2.

Таблица 2 – Взаимосвязь генотипа гена *COX4I2* с баллами за двигательные, прыжковые качества и работоспособность у лошадей траккененской и ганноверской пород, баллы ($\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$)

Порода	Генотип <i>COX4I2</i>	n	Двигательные качества	Прыжковые качества	Работоспособность
Траккененская	<i>CC</i>	31	8,53±0,21	8,59±0,18	8,56±0,15
	<i>CT</i>	28	8,38±0,16	8,72±0,11	8,55±0,07
	<i>TT</i>	7	8,99±0,46	8,69±0,28	8,84±0,24
Ганноверская	<i>CC</i>	6	8,67±0,47	7,99±0,61	8,33±0,44
	<i>CT</i>	10	9,02±0,27	8,90±0,18	9,06±0,11
	<i>TT</i>	5	9,01±0,24	8,95±0,26	8,98±0,23
Итого по исследуемому поголовью	<i>CC</i>	37	8,55±0,19	8,50±0,15	8,53±0,14
	<i>CT</i>	38	8,55±0,14	8,76±0,09	8,68±0,07
	<i>TT</i>	12	9,00±0,12*	8,80±0,07*	8,90±0,12*

Из данных таблицы 2 видно, что лошади траккененской породы, имеющие генотип *COX4I2^{TT}*, превосходят лошадей с генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{CT}* по двигательным качествам на 5,1 и 6,8 %, работоспособности – на 3,2 и 3,3 % соответственно. По прыжковым качествам превосходят животные, имеющие генотип *COX4I2^{CT}*, что на 1,5 и 0,3 % больше, чем у лошадей с генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{TT}*, без достоверных различий между показателями.

Среди лошадей ганноверской породы по двигательным качествам и работоспособности превосходят животные, имеющие генотип *COX4I2^{CT}*, что выше на 3,9 и 0,1 %, на 8,1 и 0,9 % соответственно, чем у лошадей имеющих генотип *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{TT}*. По прыжковым качествам у лошадей с генотипом *COX4I2^{TT}* на 10,7 и 0,6 % показатель больше, чем у животных и генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{TT}* соответственно, без достоверных различий между показателями.

Анализируя данные по исследуемому поголовью наибольшие показатели за двигательные качества на 5 % ($P > 0,95$), за прыжковые – на 3,4 ($P > 0,95$) и 0,5 %, работоспособность – на 4,2 ($P > 0,95$) и 2,5 % соответственно, установлены у лошадей с генотипом *COX4I2^{TT}* по отношению к животным, имеющим генотипы *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{CT}*.

Основной вид продуктивности лошадей верховых пород спортивного направления – работоспособность в классических видах конного спорта. Показатели по оценке двигательных и прыжковых качеств, полученные при выезде, конкуре и троеборье лошадей верховых пород с различными генотипами гена *COX4I2* представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Взаимосвязь генотипов гена *COX4I2* с показателями двигательных и прыжковых качеств в основных видах конного спорта лошадей верховых пород, баллы ($\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$)

Вид конного спорта	Показатели	Генотип <i>COX4I2</i>		
		<i>CC</i>	<i>CT</i>	<i>TT</i>
Выездка (n=34)	оценка двигательных качеств	8,91±0,21	8,82±0,23	9,52±0,27*
	оценка прыжковых качеств	8,27±0,08	8,44±0,19	8,55±0,12*
Конкур (n=30)	оценка двигательных качеств	8,12±0,23	8,59±0,28	8,68±0,16*
	оценка прыжковых качеств	8,83±0,09	8,95±0,13	9,04±0,06*
Троеборье (n=23)	оценка двигательных качеств	8,38±0,42	8,22±0,22	9,38±0,36*
	оценка прыжковых качеств	8,52±0,55	8,95±0,12	8,40±0,54

Из анализа данных таблицы 3 следует, что наибольшие показатели оценки двигательных и прыжковых качеств при выезде установлены у лошадей верховых пород с генотипом *COX4I2^{TT}*, что больше, чем у лошадей с генотипом *COX4I2^{CC}* на 6,4 и 3,3 % ($P>0,95$), и генотипом *COX4I2^{CT}* – на 7,4 ($P>0,95$) и 1,3 % соответственно.

В конкуре наибольшие показатели оценки двигательных и прыжковых качеств установлены так же у лошадей, имеющих генотип *COX4I2^{TT}*, что больше, чем у животных, имеющих генотип *COX4I2^{CC}* на 6,5 ($P>0,95$) и 2,3 %, генотип *COX4I2^{CT}* – на 1,04 ($P>0,95$) и 1 % соответственно.

В троеборье наибольшие показатели оценки двигательных качеств установлены у лошадей с генотипом *COX4I2^{TT}*, что больше, чем у лошадей с генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{CT}* на 10,7 и 12,4 % ($P>0,95$) соответственно. А наибольшие показатели оценки прыжковых качеств отмечены у лошадей с генотипом *COX4I2^{CT}*, что больше, чем у лошадей с генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{TT}* на 4,8 и 6,1 % соответственно, без достоверных различий между показателями.

Заключение. Установлено, что лошади исследуемых верховых пород с генотипом *COX4I2^{TT}* превосходят животных с генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{CT}* в стиле рыси на 7,6 и 5,1 % ($P>0,95$), галопа – на 7,7 и 6,4 % ($P>0,95$), прыжка – на 1,2 % соответственно. В стиле шага животные с генотипом *COX4I2^{CT}* превосходят лошадей с генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{TT}* на 1,4 %, без достоверных различий между показателями.

Лошади траккененской и ганноверской пород, имеющие генотип *COX4I2^{TT}*, превосходят лошадей с генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{CT}* по двигательным качествам на 5 % ($P>0,95$), по прыжковым – на 3,4 ($P>0,95$) и 0,5 %, по работоспособности – на 4,2 ($P>0,95$) и 2,5 % соответственно.

При выезде и конкуре наибольшие показатели оценки двигательных и прыжковых качеств у лошадей верховых пород с генотипом *COX4I2^{TT}*, что

больше, чем у лошадей с генотипом *COX4I2^{CC}* на 6,4 и 2,3-3,3 % ($P > 0,95$), и генотипом *COX4I2^{CT}* – на 1,04-7,4 % ($P > 0,95$) и 1-1,3 % соответственно. В троеборье наибольшие показатели оценки двигательных качеств установлены у лошадей с генотипом *COX4I2^{TT}*, что на 10,7 и 12,4 % ($P > 0,95$) соответственно больше, чем у лошадей с генотипами *COX4I2^{CC}* и *COX4I2^{CT}*. У лошадей с генотипом *COX4I2^{CT}* отмечены наибольшие показатели оценки прыжковых качеств, но без достоверных различий между показателями.

Таким образом, для эффективного ведения селекции в спортивном коневодстве необходим поиск и изучение полиморфизма в генах, играющих роль в формировании спортивных качеств у лошадей.

Список литературы

1. Вишневец А.В., Красочко П.П., Будревич О.Л. Двигательные, прыжковые качества, промеры лошадей верховых пород и взаимосвязь их с геном MSTN (миостатин) // Животноводство и ветеринарная медицина. 2018. № 1 (28). С. 11–15.
2. Волков Д.А., Бондаренко О.В., Даншин В.А. Современные подходы к генетической оценке спортивных лошадей // Зоотехния. 2006. № 5. С. 9–11.
3. Жалдыбин В.В., Финогенов Ю. Коневодство, исторический опыт развития, состояния и перспективы применения лошадей в Республике Беларусь // Экология и животный мир: международный научно-практический журнал. 2011. № 2. С. 15–19.
4. Храброва Л.А. Использование ДНК-технологий в коневодстве // Эффективное животноводство. 2015. № 6 (115). С. 13–17.
5. Ancient genomic changes associated with domestication of the horse / Pablo Librado et al. // Science. 2017. P. 356, 442–445.
6. Gu J. Association of sequence variants in CKM (creatine kinase, muscle) and COX4I2 (cytochrome c oxidase, subunit 4, isoform 2) genes with racing performance in Thoroughbred horses // Equine Veterinary Journal. 2010. November. P. 569–575.
7. Guilherme L. Pereira. Comparison of Sequence Variants in the PDK4 and COX4I2 Genes Between Racing and Cutting Lines of Quarter Horses and Associations With the Speed Index // Journal of Equine Veterinary. 2016. Science 39. P. 1–6.
8. Moderate and high intensity sprint exercise induce differential responses in COX4I2 and PDK4 gene expression in Thoroughbred horse skeletal muscle / E.W. Hill et al. // Equine veterinary journal (Equine vet. J. 2010) 42 (Suppl. 38). P. 576-581.
9. Quantitative analysis of short- and long-distance racing performance in young and adult horses and association analysis with functional candidate genes in Spanish Trotter horses / S. Negro Rama et al. // Anim. Breed. Genet. 2016. № 133. P. 347–356.
10. Regatieri I.C. Polymorphisms in candidate genes for athletic performance and quantification of MCT1 and CD147 in red blood cells of Arabian and quarter horses // Zootecnista. 2016. 50 p.
11. Хронические респираторные заболевания у лошадей / Г.Ф. Бовкун, Ю.В. Овсеенко, И.В. Малявко, С.Е. Яковлева // Агроконсультант. 2017. № 2. С. 39-42.
12. Роль грибов аспергилл при хронических респираторных заболеваниях у лошадей / Г. Бовкун, Ю. Овсеенко, И. Малявко, С. Яковлева // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2017. № 4. С. 26-33.
13. Видовая и количественная характеристика грибов аспергилл слизистых верхних дыхательных путей при хронических респираторных заболеваниях у лошадей / Г.Ф. Бовкун, Ю.В. Овсеенко, И.В. Малявко, С.Е. Яковлева // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 2 (60). С. 65-69.
14. Физиологические показатели спортивных лошадей при скармливании препарата "Ип-посорб" / Яковлева С.Е., Черненко В.В., Бовкун Г.Ф., Шепелев С.И., Черненко Ю.Н. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 5 (75). С. 61-65.