МРНТИ 68.39.19 **DOI https://doi.org/10.37884/3-2022/03**

А.М. Наметов[1], И.С. Бейшова[1], Е.В. Белая[2],
Т.В. Ульянова[1], С.А. Черняева[1]*

[1] НАО «Западно-Казахстанский аграрно – технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, Республика Казахстан, anametov@mail.ru, indira_bei@mail.ru, tatyana.poddudinskaya@gmail.com,chernyaeva.sofia@mail.ru*
[2] УО «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», г. Минск, Республика Беларусь, belaya005@rambler.ru

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ПОЛИМОРФИЗМОВ ГЕНОВ СОМАТОТРОПНОГО КАСКАДА С РОСТОВЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Аннотация

В статье представлены результаты исследования динамики роста абердин-ангусской породы по генам соматотропного каскада (гормон роста (*bGH*), рецептор гормона роста (*bGHR*) и инсулиноподобный фактор роста-1 (*bIGF-1*).

Работа проводилась в отделе молекулярно-генетических исследований научно-исследовательского института прикладной биотехнологии Костанайского регионального университета им. А. Байтурсынова и в лаборатории биотехнологии и диагностики инфекционных болезней Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана. Объектом исследования являлись животные абердин-ангусской породы (n=200), разводимой в ТОО «Север Агро-Н» Костанайской области. Генотипы животных по полиморфизмам *bGH*-AluI, *bGHR*-SspI и *bIGF-1*-SnaBI были установлены методом ПЦР-ПДРФ. По результатам генотипирования были сформированы группы животных с учетов генотипов по генам *bGH, bGHR, bIGF-1*, а также сформированы группы животных с учетом парных сочетаний их генотипов (диплотипов). У крупного рогатого скота изучали признаки: живая масса в возрастах 9, 12, 18 и 24 месяца, абсолютный и среднесуточный приросты.

Было выявлено, что в группе животных абердин-ангусской породы наиболее предпочтительными являются диплотипы *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} и *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, так как они ассоциированы с повышенными темпами роста. Полученные результаты свидетельствуют о нежелательности генотипа *bGH*-AluI^{LV}, а также сочетаний генотипов *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY} и *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}. Таким образом, генотипы и диплотипы, оказывающие повышающий эффект на показатели мясной продуктивности, имели положительное влияние на показатели живой массы, абсолютного и среднесуточного приростов, и наоборот, генотипы и диплотипы, связанные с низкими продуктивными качествами крупного рогатого скота, были ассоциированы с наименьшими темпами роста; что подтверждает целесообразность использования их в качестве генетических маркеров.

Ключевые слова: *абердин-ангусская порода, живая масса, абсолютный прирост, среднесуточный прирост, полиморфизм, ген гормона роста (bGH), ген рецептора гормона роста (bGHR), ген инсулиноподобного фактора роста-1 (bIGF-1).*

Введение

Одним из важных стратегических направлений агропромышленного комплекса Республики Казахстан является производство говядины, так как именно в этой отрасли имеется ресурсный потенциал, обеспечивающий получение высококачественного сырья от специализированного мясного скота. Известно, что эффективность производства говядины определяется генотипом животных и их породными особенностями [1-3]. Основной предпосылкой повышения продуктивных качеств крупного рогатого скота является

своевременное пополнение стада высокопродуктивными особями при одновременной выбраковке старых и низкопродуктивных животных. В Республике Казахстан применяются традиционные методы оценки мясной продуктивности, которые, как правило, включают многолетние наблюдения за продуктивными качествами отдельных особей с выявлением улучшителей и использование их в селекции.

В условиях современного скотоводства актуальным вопросом является увеличение производства говядины за счет более полного раскрытия генетического потенциала животных. Поэтому перспективным вариантом решения данной проблемы является использование маркер-ассоциированной селекции в качестве дополнительного критерия отбора и подбора животных. Наиболее результативным будет ее применение для выявления ассоциации генетических маркеров с показателями мясной продуктивности, а также для совершенствования мясных пород скота. Ускорить процесс отбора высокопродуктивных животных, способных дать больший выход мясной продукции возможно с помощью применения молекулярно-генетических методов. Оценка наследственного потенциала продуктивности животных в раннем возрасте позволяет повысить эффективность зоотехнических мероприятий, ускорить селекцию и оптимизировать экономические затраты, связанные с выращиванием обладающих разным потенциалом животных.

Одним из эффективных способов ранней диагностики продуктивности животных является генетическая оценка по маркирующим областям генома. В качестве таких областей рассматриваются полиморфные участки генных сетей, участвующих в регуляции определенных физиологических механизмов, к которым относятся рост и развитие животных. Ранее было показано влияние полиморфных вариантов соматотропного каскада на признаки молочной продуктивности у черно-пестрой и голштинской пород [4, 5], а также на признаки мясной продуктивности у аулиекольской и казахской белоголовой пород [6]. Это позволило предположить, что полиморфные варианты генов соматотропного каскада могут оказывать влияние на признаки мясной продуктивности и у других пород, а также могут лечь в основу системы генетического маркирования у них.

Нами было выявлено, что абердин-ангусская порода с генотипом *bGH*-AluI^{LV} статистически значимо характеризовалась более низким индексом массивности по сравнению с группами других генотипов полиморфизма *bGH*-AluI. Также были выявлены повышающие мясную продуктивность абердин-ангусов диплотипы: *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA} (индекс сбитости), *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} (индекс костистости) и *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} (живая масса) и понижающие мясную продуктивность диплотипы: *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY} (индексы сбитости и массивности) и *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} (индекс сбитости) [7]. В связи с этим, целью работы было провести оценку роста абердин-ангусской породы с разными генотипами полиморфизмов генов соматотропного каскада.

Методы и материалы

Работа выполнялась в отделе молекулярно-генетических исследований научно-исследовательского института прикладной биотехнологии Костанайского регионального университета имени А. Байтурсынова и в лаборатории биотехнологии и диагностики инфекционных болезней Западно-Казахстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана. Объектом исследования являлись животные абердин-ангусской породы (n=200), разводимой в ТОО «Север Агро-Н» Костанайской области. Выделение ДНК из волосяных луковиц проводилось с использованием коммерческого набора «ДНК-Экстран-2» (ООО «Синтол», РФ). Праймеры для реакции амплификации подобраны в соответствии с опубликованными данными [8-10]. В предварительных опытах по каждому полиморфизму были оптимизированы температура отжига праймеров, количество циклов, в целях обеспечения оптимальной амплификации. Рестрикционный анализ проводили с использованием рестриктазы AluI для амплификата гена *bGH*, SspI - для амплификата гена *bGHR* и SnaBI - для амплификата гена *bIGF-1*, соответственно. Электрофоретический анализ продуктов рестрикции проводили в 3 %-ном агарозном геле при напряжении 90 V. Визуализацию фрагментов рестрикции проводили с использованием гель-документирующей

системы Quantum 1100 (Vilber Lourmat, США). Для генотипирования животных по каждому из локусов сопоставляли длины рестрикционных фрагментов на электрофореграммах. Для дальнейшего исследования согласно принципу аналогов [11], по результатам генотипирования были сформированы группы животных с учетов генотипов по генам *bGH* (*bGH*-AluI^{LL}, *bGH*-AluI^{LV}, *bGH*-AluI^{VV}), *bGHR* (*bGHR*-SspI^{FF}, *bGHR*-SspI^{FY}, *bGHR*-SspI^{YY}), *bIGF-1* (*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bIGF-1*-SnaBI^{AB}, *bIGF-1*-SnaBI^{BB}), а также сформированы группы животных с учетом парных сочетаний их генотипов.

Изучение роста живой массы производилось взвешиванием животных ежемесячно в одну и ту же дату до утреннего кормления. По результатам взвешивания вычислялись абсолютный и среднесуточный приросты. Все полученные результаты были обработаны методами статистического анализа с использованием программных возможностей «Microsoft Excel 2010» и пакета прикладных статистических программ «Statistica 6.0» [12, 13].

Результаты и обсуждение

Ранее нами было установлено, что группа абердин-ангусской породы с генотипом *bGH*-AluI^{LV} характеризовалась низким индексом массивности по сравнению с группами других генотипов полиморфизма *bGH*-AluI и общей выборкой. Также были выявлены повышающие мясную продуктивность абердин-ангусов диплотипы: *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} и *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} и понижающие мясную продуктивность диплотипы: *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY} и *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} [7]. Для того, чтобы оценить целесообразность разведения животных абердин-ангусской породы с данными генотипами и диплотипами, нами были изучены их особенности роста.

Таблица 1 - Живая масса абердин-ангусской породы различных генотипов полиморфизма *bGH*-AluI, кг (M±m)

Возраст, месяцев	Генотип			Общая выборка, n=200
	bGH-AluI^{LL}, n=56	*bGH*-AluI^{LV}, n=85	*bGH*-AluI^{VV}, n=51	
6	165,7±2,9	161,6±2,7	166,4±2,8	165,8±2,6
9	216,9±3,1	212,5±3,9	218,6±3,0	217,6±3,5
12	265,2±4,1	261,6±4,4	267,5±4,3	266,9±4,9
18	358,3±7,4	352,7±7,5	361,0±7,3	359,7±7,2
24	413,9±13,6	410,2±13,4	420,0±13,4	416,5±13,9

Из данных таблицы 1 видно, что наименьшими показателями живой массы отличались животные абердин-ангусской породы с генотипом *bGH*-AluI^{LV}. Так, различия у них между группами с генотипами *bGH*-AluI^{LL} и *bGH*-AluI^{VV} в возрасте 6 месяцев составляли 4,1 кг (2,54%) и 4,8 кг (2,97%), 9 месяцев – 4,4 кг (2,07%) и 6,1 кг (2,87%), 12 месяцев – 3,6 кг (1,38 %) и 5,9 кг (2,25%), 18 месяцев – 5,6 кг (1,59%) и 8,3 кг (2,35%), 24 месяца – 3,7 кг (0,90%) и 9,8 кг (2,39%), соответственно.

Кроме того, группа абердин-ангусского скота с генотипом *bGH*-AluI^{LV} характеризовалась наименьшими показателями живой массы по отношению к общей выборке. Разница между ними была в возрасте 6 месяцев – 4,2 кг (2,60%), 9 месяцев – 5,1 кг (2,40%), 12 месяцев – 5,3 кг (2,03%), 18 месяцев – 7 кг (1,98%), 24 месяца – 6,3 кг (1,54%).

Таблица 2 – Абсолютный прирост живой массы абердин-ангусской породы различных генотипов полиморфизма *bGH*-AluI, кг (M±m)

Период, месяцев	Генотип			Общая выборка, n=200
	bGH-AluI^{LL}, n=56	*bGH*-AluI^{LV}, n=85	*bGH*-AluI^{VV}, n=51	
6-9	51,2±2,7	50,9±2,7	52,3±2,7	51,8±2,0
9-12	48,4±3,0	48,1±2,4	48,8±2,3	49,3±2,8
12-18	93,1±3,4	91,1±3,9	93,5±3,5	92,8±3,5
18-24	57,3±3,3	55,5±3,1	59,0±3,2	56,9±2,8

Анализ абсолютного прироста абердин-ангусской породы с разными генотипами полиморфизма *bGH*-AluI показал, что наименьшими его значениями по отношению к сверстникам и общей выборке обладали животные с генотипом *bGH*-AluI^{LV} (таблица 2). Так, разница данной группы животных с группами генотипов *bGH*-AluI^{LL} и *bGH*-AluI^{VV} в период 6-9 месяцев равнялась 0,3 кг (0,59%) и 1,4 кг (2,75%), 9-12 месяцев – 0,3 кг (0,62%) и 0,7 кг (1,45%), 12-18 месяцев – 2,0 кг (2,19%) и 2,4 кг (2,63%), 18-24 месяца – 1,8 кг (3,24%) и 3,5 кг (6,31%), соответственно.

Различия между группой абердин-ангусских животных генотипа *bGH*-AluI^{LV} и общей выборкой составляли в период 6-9 месяцев – 0,9 кг (1,77%), 9-12 месяцев – 1,2 кг (2,49%), 12-18 месяцев – 1,7 кг (1,87%), 18-24 месяца – 1,4 кг (2,52%).

Таблица 3 – Среднесуточный прирост живой массы абердин-ангусской породы различных генотипов полиморфизма *bGH*-AluI, г (M±m)

Период, месяцев	Генотип			Общая выборка, n=200
	bGH-AluI^{LL}, n=56	*bGH*-AluI^{LV}, n=85	*bGH*-AluI^{VV}, n=51	
6-9	568,9±10,5	565,5±10,8	581,1±10,4	577,3±10,6
9-12	537,8±11,8	534,2±15,7	542,2±14,1	547,2±11,5
12-18	517,2±12,7	506,1±13,2	520,0±12,5	515,5±12,9
18-24	318,3±13,0	308,3±12,0	327,7±13,4	315,9±13,3

По данным таблицы 3 видно, что животные абердин-ангусской породы с генотипом *bGH*-AluI^{LV} характеризовались сниженными показателями среднесуточного прироста. Так, они уступали своим сверстникам с генотипами *bGH*-AluI^{LL} и *bGH*-AluI^{VV} в период 6-9 месяцев на 3,4 г (0,60%) и 15,6 г (2,76%), 9-12 месяцев – 3,6 г (0,67%) и 8,0 г (1,50%), 12-18 месяцев – 11,1 г (2,19%) и 13,9 г (2,75%), 18-24 месяца – 10,0 г (3,25%) и 19,4 г (6,29%).

Группа абердин-ангусских животных с генотипом *bGH*-AluI^{LV} имела понижение по среднесуточному приросту от общей выборки в период 6-9 месяцев – 11,8 г (2,09%), 9-12 месяцев – 13,0 г (2,43%), 12-18 месяцев – 9,4 г (1,86%), 18-24 месяца – 7,6 г (2,46%).

Таким образом, группа абердин-ангусской породы с генотипом *bGH*-AluI^{LV} характеризовалась наименьшими показателями живой массы, абсолютного и среднесуточного приростов, что подтверждает нежелательный характер данного генотипа по показателю индекса массивности, выявленный нами ранее.

Влияние полиморфизма *bGH*-AluI на рост и развитие крупного рогатого скота изучали и другие исследователи. Так, Hartatik T. et al. было установлено, что аллель *bGH*-AluI^{V} положительно ассоциирован со среднесуточным приростом крупного рогатого скота [14] В работе Плахтюковой В.Р. показано, что в группе казахской белоголовой породы с генотипом *bGH*-AluI^{VV} в отличие от групп с другими генотипами наблюдались большие показатели живой массы, предубойной, убойной массы, а также массы туши, процента мякоти в ней, убойного выхода и коэффициента мясности [15].

В исследовании Fedota O.M. et al. у абердин-ангусской породы была найдена положительная корреляция *bGH*-AluI^{L}-аллеля с повышенной живой массой животных при рождении [16]. В работе Sedykh T.A. et al. бычки герефордской, лимузинской и черно-пестрой пород с генотипом *bGH*-AluI^{LL} имели значительно более высокую живую массу, а также абсолютный и среднесуточный прирост живой массы [17]. Akcay A. et al. вовсе не выявили статистически значимых различий по живой массе между группами крупного рогатого скота с генотипами *bGH*-AluI^{LL}, *bGH*-AluI^{LV} и *bGH*-AluI^{VV} [18].

Генотипы, которые по отдельности не ассоциированы с темпами роста, в парных сочетаниях могут проявлять повышенный или пониженный, статистически значимый фенотипический эффект по сравнению с общей выборкой, поэтому в нашей работе мы провели оценку комплексного влияния генов *bGH, bGHR* и *bIGF-1* на темпы роста крупного рогатого скота ангусской породы. Мы предположили, что фенотипический эффект генетических маркеров может оказаться более выраженным, если в генотипе животного

окажутся генетические маркеры, потенцирующие эффект друг друга. Поэтому для исследования нами были взяты такие гены, белковые продукты которых являются ключевыми звеньями одной гуморальной цепи, участвующей в процессах роста и развития млекопитающих (*bGH, bGHR, bIGF-1*).

В таблице 4 приведена характеристика динамики живой массы абердин-ангусской породы с разными парными сочетаниями генов *bGH, bGHR, bIGF-1*.

Таблица 4 – Живая масса абердин-ангусской породы различных диплотипов генов *bGH, bGHR* и *bIGF-1*, кг (M±m)

Возраст, месяцев	Диплотип					Общая выборка, n=200
	bGH-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, n=11	*bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, n=9	*bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, n=15	*bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY}, n=20	*bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, n=33	
6	170,8±2,8	170,8±2,8	170,9±2,4	161,8±2,4	161,8±2,1	165,8±2,6
9	222,4±3,8	221,4±3,2	224,6±3,2	214,2±3,1	212,8±2,7	217,6±3,5
12	272,5±4,2	272,6±4,4	284,9±4,3	260,3±4,7	263,7±4,2	266,9±4,9
18	366,7±7,6	369,3±7,5	369,9±7,9	353,6±6,9	350,6±6,7	359,7±7,2
24	421,4±13,2	422,8±13,6	428,8±13,5	411,6±13,0	412,6±13,2	416,5±13,9

Установлено, что группы животных абердин-ангусской породы с диплотипами *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} и *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} обладали более высокими показателями живой массы по отношению к сверстникам с другими диплотипами и по отношению к общей выборке. Так, по данному показателю группы с диплотипами *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} и *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} превышали общую выборку абердин-ангусской породы в возрасте 6 месяцев на 5 кг (3,02%) и 5,1 кг (3,08%), 9 месяцев - 4,8 кг (2,21%), 3,8 кг (1,75%) и 7 кг (3,22%), 12 месяцев - 5,6 кг (2,10%), 5,7 кг (2,14%) и 18 кг (6,74%), 18 месяцев - 7 кг (1,95%), 9,6 кг (2,67%) и 10,2 кг (2,84%), 24 месяца - 4,9 кг (1,18%), 6,3 кг (1,51%) и 12,3 кг (2,95%).

Животные абердин-ангусской породы с диплотипами *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY} и *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, наоборот, отличались от своих сверстников и общей выборки наименьшей живой массы, начиная с возраста 6 месяцев. Так, различия у групп *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY} и *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} от общей выборки по данному признаку в возрасте 6 месяцев составляли 4 кг (2,47%), 9 месяцев – 3,4 кг (1,9%) и 4,8 кг (2,26%), 12 месяцев – 6,6 кг (2,53%) и 3,2 кг (1,21%), 18 месяцев – 6,1 кг (1,72%) и 9,1 кг (2,59%), 24 месяца – 4,9 кг (1,19%) и 3,9 кг (0,94%).

Таблица 5 – Абсолютный прирост живой массы абердин-ангусской породы различных диплотипов генов *bGH, bGHR* и *bIGF-1*, кг (M±m)

Период, месяцев	Диплотип					Общая выборка, n=200
	bGH-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, n=11	*bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, n=9	*bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, n=15	*bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY}, n=20	*bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, n=33	
6-9	52,6±2,3	52,6±2,8	53,7±2,5	51,4±2,2	51,0±2,2	51,8±2,0
9-12	50,1±2,4	51,2±3,5	60,3±2,5	46,1±2,4	48,9±2,3	49,3±2,8
12-18	94,2±4,0	96,7±5,5	96,0±4,0	92,3±3,1	86,9±3,0	92,8±3,5
18-24	57,7±4,4	57,5±2,7	59,9±2,0	54,0±1,8	56,0±1,8	56,9±2,8

Анализируя данные абсолютного прироста, было выявлено, что животные абердин-ангусской породы с диплотипами *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} и *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} имели преимущество над другими группами и общей выборкой по данному признаку. Так, разница по абсолютному приросту у групп с диплотипами *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} и *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} с общей выборкой в период 6-9 месяцев составляла 0,8 кг (1,54%) и 1,9 кг (3,67%), 9-12 месяцев – 0,8 кг (1,62%), 1,9 кг (3,85%) и 11 кг (22,30%), 12-18 месяцев – 1,4 кг (1,51%), 3,9 кг (4,20%) и 3,2 кг (3,45%), 18-24 месяца – 0,8 кг (1,41%), 0,6 кг (1,05%) и 3 кг (5,27%), соответственно.

Группы абердин-ангусской породы с диплотипами *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY} и *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} обладали наименьшим абсолютным приростом по сравнению с другими группа и общей выборкой. Различия у групп с диплотипами *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY} и *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} от общей выборки составляли в период 6-9 месяцев – 0,4 кг (0,78%) и 0,8 кг (1,57%), 9-12 месяцев – 3,2 кг (6,94%) и 0,4 кг (0,82%), 12-18 месяцев – 0,5 кг (0,54%) и 5,9 кг (6,79%), 18-24 месяца – 2,9 кг (5,37%) и 0,9 кг (1,61%), соответственно.

По данным таблицы 6 видно, что животные абердин-ангусской породы диплотипов *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} и *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} характеризовались более высокими значения среднесуточного прироста в отличие от других групп, а также от общей выборки. Так, преимущество групп с диплотипами *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} и *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} над общей выборкой в возрастной период 6-9 месяцев составляло 7,1 г (1,23%), 19,4 г (3,36%), 9-12 месяцев – 9,4 г (1,72%), 21,7 г (3,97%) и 122,8 г (22,44%), 12-18 месяцев – 7,8 г (1,51%), 21,7 г (4,21%) и 17,8 г (3,45%), 18-24 месяца – 4,6 г (1,46%), 3,5 г (1,11%) и 22,1 г (7,00%), соответственно.

Таблица 6 – Среднесуточный прирост живой массы абердин-ангусской породы различных диплотипов генов *bGH, bGHR* и *bIGF-1*, г (M±m)

Период, месяцев	Диплотип					Общая выборка, n=200
	bGH-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, n=11	*bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, n=9	*bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, n=15	*bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY}, n=20	*bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, n=33	
6-9	584,4±14,9	584,4±19,6	596,7±16,6	571,1±13,2	566,7±13,1	577,3±10,6
9-12	556,6±15,7	568,9±39,3	670,0±17,1	512,2±16,1	543,3±36,7	547,2±11,5
12-18	523,3±10,9	537,2±30,6	533,3±12,7	512,8±11,5	482,7±16,9	515,5±12,9
18-24	320,5±24,3	319,4±15,1	338,0±11,1	300,0±10,1	311,1±10,2	315,9±13,3

Группы диплотипов *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY} и *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} обладали наименьшим среднесуточным приростом по сравнению с общей выборкой абердин-ангусской породы. Так, разница по данному признаку у групп с диплотипами *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY} и *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} и общей выборкой в 6-9 месяцев равнялось 6,2 г (1,09%) и 10,6 г (1,87%), 9-12 месяцев – 35,0 г (6,84%) и 3,9 г (0,72%), 12-18 месяцев – 2,7 г (0,53%) и 32,8 г (6,79%), 18-24 месяца – 15,9 г (5,30%) и 4,8 г (1,54%).

Полученные результаты подтверждают полученные ранее данные о положительной ассоциации с мясной продуктивностью абердин-ангусской породы диплотипов *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, и о понижающих диплотипах *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY} и *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}.

Сравнить наши результаты с результатами других исследователей не предоставляется возможным ввиду их ограниченности. Большинство работ посвящено исследованиям влияния комплексных генотипов на молочную продуктивность и качество молока [19, 20].

Результаты, полученные нами по абердин-ангусской породе, расходятся с результатами, полученными для аулиекольской и казахской белоголовой пород. Так, в

данной работе маркером повышенной сбитости у абердин-ангусских животных является диплотип *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, маркером повышенной живой массы абердин-ангусских животных - диплотип *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}. Ранее же нами были выявлены диплотипы *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, понижающие живую массу, и диплотипы *bGH*-AluI^{LV}-*bIGF-1*-SnaBI^{AB} и *bGH*-AluI^{LV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, повышающие живую массу животных. Ассоциация диплотипов с мясной продуктивностью аулиекольского и казахского белоголового скота, в структуру которых входит генотип *bGH*-AluI^{VV}, выявлена не была ввиду того, что данный генотип встречался редко [6].

Таким образом, существует ряд ограничений, препятствующих прямой трансляции информации, полученной на одной породе в селекционные программы с участием других пород. Это связано с тем, что любой ген работает на фоне всей совокупности генов организма и их полиморфных вариантов, и полиморфизм, предпочтительный на фоне одного генома может оказаться нейтральным или нежелательным на фоне работы другого генома. Одна и та же порода в ходе локальной селекции на определенной территории адаптируется к условиям климата, кормовой базе и заболеваниям, распространенным на данной территории и приобретает свои особенности физиологии, фенотипа и генотипа. Следовательно, данные об ассоциации того или иного полиморфного гена-кандидата с признаками продуктивности требуют проведения дополнительных исследований на популяции, в которой проводится селекционная программа с применением данного ДНК-маркера.

Выводы

Проанализирован рост абердин-ангусской породы с разными генотипами полиморфизмов генов *bGH, bGHR, bIGF-1*, а также их парными сочетаниями:

1. У группы абердин-ангусской породы с генотипом, понижающим мясную продуктивность *bGH*-AluI^{LV}, наблюдались также пониженные темпы роста по отношению к общей выборке. Следовательно, для абердин-ангусской породы нежелательным является генотип *bGH*-AluI^{LV}.

2. У абердин-ангусского скота с диплотипами, повышающими признаки мясной продуктивности относительно общей выборки *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} и *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, наблюдается также повышение темпов роста. А группы с диплотипами *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY} и *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} обладали наименьшими живой массой, абсолютным и среднесуточным приростами по сравнению с другими группами и общей выборкой.

Таким образом, генотипы и диплотипы, оказывающие повышающий эффект на показатели мясной продуктивности, имели положительное влияние на динамику живой массы и показатели абсолютного и среднесуточного приростов, и наоборот, генотипы и диплотипы, связанные с низкими продуктивными качествами крупного рогатого скота, также были ассоциированы с наименьшими темпами роста; что подтверждает целесообразность использования их в качестве генетических маркеров.

Благодарность

Работа выполнена в рамках научно-технической программы программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 гг. «Разработка технологий эффективного управления селекционным процессом сохранения и совершенствования генетических ресурсов в мясном скотоводстве» ИРН BR10764981, № государственной регистрации 0121РК00759.

Список литературы

1. Шевхужев А., Мамбетов М., Бостанов А. Откорм бычков разных генотипов при промышленной технологии // Молочное и мясное скотоводство. - 2008. - № 6. - С. 8–10.

2. Завьялов О.А., Харламов А.В., Харламов В.А. Экономическая эффективность выращивания на племя бычков казахской белоголовой породы разных сезонов рождения // Вестник мясного скотоводства. - 2009. – № 62. – С. 88-91.

3. Зеленков П.И., Бараников А.И., Зеленков А.П. Скотоводство. - Ростов-на-Дону: «Феникс», 2006. - 572 с.

4. Ulyanov V.A., Kubekova B.Z., Beishova I.S. et al. Preferred and undesirable genotypes of bGH and bIGF-1 genes for the milk yield and quality of black-and-white breed // Veterinary World. – 2021. – V. 14(5). – P. 1202-1209.

5. Shaikamal G., Ulyanov V., Ulyanova T. et al. Productive longevity of cows depending on the genotype of the growth hormone gene // Ecology, Environment and Conservation. – 2020. – V. 26(4). – P. 1606-1609.

6. Nametov A.M., Beishova I.S., Chuzhebaeva G.D. et al. Assessment of pairwise combinations' association of polymorphic variants of the genes of Bpit-1, Bgh, Bghr Bigf somatotropic cascade with meat productivity of the cattle bred in Kazakhstan // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2018. – V. 10(8). – P. 1906-1911.

7. Dushayeva L.Zh., Beishova I.S. Ulyanova T.V. et al. Marking of Meat Productivity Features in Pairs of bGH, bGHR and bIGF-1 Polymorphic Genes in Aberdeen-Angus Cattle // OnLine Journal of Biological Sciences. – 2021. – V. 21(2). – P. 334-345.

8. Skinkytė R., Zwierzchowski L., Riaubaitė L. et al. Distribution of allele frequencies important to milk production traits in lithuanian black & white and lithuanian red cattle // Veterinarija ir zootechnika. – 2005. – V. 31(53). – P. 93-97.

9. Fontanesi L., Scotti E., Tazzoli M. et al. Investigation of allele frequencies of the growth hormone receptor (GHR) F279Y mutation in dairy and dual-purpose cattle breeds // Italian Journal of Animal Science. – 2007. – V. 6. – P. 415-420.

10. Siadkowska E., Zwierzchowski L., Oprządek J. et al. Effect of polymorphism in IGF-1 gene on production traits in Polish Holstein-Friesian cattle // Animal Science Papers and Reports. – 2006. – V. 24. – P. 225-237.

11. Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. – М.: Колос, 1976. – 304с.

12. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. – М.: «МедиаСфера», 2002. – 312 с.

13. Рокицкий П.Ф. Основы вариационной статистики для биологов. - Минск: БГУ, 1961 – 224 с.

14. Hartatik T., Fathoni A., Bintara S., Ismaya, Panjono, Widyobroto B.P., Ali Agus, Igs. Budisatria, Leroy P. The genotype of growth hormone gene that affects the birth weight and average daily gain in crossbred beef cattle // Biodiversitas. – 2020. – V. 21 (3). – P. 941-945.

15. Плахтюкова В.Р. Полиморфизм генов кальпаина и соматотропина у крупного рогатого скота казахской белоголовой породы и его связь с показателями продуктивности // дисс. соискание ученой степени кандидата биологических наук. - 06.02.07 – разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных. – 2020, Ставрополь. – 142 с.

16. Fedota O.M., Ruban S. Yu., Lysenko N. G., Kolisnyk A. I., Goraichuk I. V., Tyzhnenko T. V. SNP L127V of growth hormone gene in breeding herd of aberdeen angus in Kharkiv region, Eastern Ukraine // Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety. – 2016. - V. 2(3). – P. 5-11.

17. Sedykh T.A., Dolmatova I.Y., Valitov F.R., Gizatullin R.S., Kalashnikova L.A. The Influence of Growth Hormone Gene Polymorphism on Growth Rate of Young Cattle // Iranian Journal of Applied Animal Science. – 2020. - V.10(3). – P. 445-451.

18. Akcay A., Akyüz B., Bayram, D Determination of the AluI polymorphism effect of bovine growth hormone gene on carcass traits in Zavot cattle with analysis of covariance // Turkish journal of veterinary and animal sciences. – 2015. – V.39. - P. 16-22.

19. Plivachuk O., Dyman T. Interdependence of complex genotypes of alfa-lactalbumin and beta-lactoglobulin with composition and technological properties of milk of ukrainian black-and-white dairy cattle // Animal Breeding and Genetics. – 2018. – V.51. – P. 124-131.

20. Maurić M., Mašek T., Beniæ M., Špehar M., Starèeviæ K. Effect of DGAT1, FASN and PRL genes on milk production and milk composition traits in Simmental and crossbred Holstein cattle // Indian Journal of Animal Sciences. – 2017. – V.87. – P. 859-863.

References

1. Shevkhuzhev A., Mambetov M., Bostanov A. Otkorm bychkov raznykh genotipov pri promyshlennoj tekhnologii // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. - 2008. - № 6. - P. 8–10.

2. Zavyalov O.A., Kharlamov A.V., Kharlamov V.A. EHkonomicheskaya ehffektivnost' vyrashhivaniya na plemya bychkov kazakhskoj belogolovoj porody raznykh sezonov rozhdeniya // Vestnik myasnogo skotovodstva. - 2009. – № 62. – P. 88-91.

3. Zelenkov P.I., Baranikov A.I., Zelenkov A.P. Skotovodstvo. - Rostov-na-Donu: «Feniks», 2006. - 572 p.

4. Ulyanov V.A., Kubekova B.Z., Beishova I.S. et al. Preferred and undesirable genotypes of bGH and bIGF-1 genes for the milk yield and quality of black-and-white breed // Veterinary World. – 2021. – V. 14(5). – P. 1202-1209.

5. Shaikamal G., Ulyanov V., Ulyanova T. et al. Productive longevity of cows depending on the genotype of the growth hormone gene // Ecology, Environment and Conservation. – 2020. – V. 26(4). – P. 1606-1609.

6. Nametov A.M., Beishova I.S., Chuzhebaeva G.D. et al. Assessment of pairwise combinations' association of polymorphic variants of the genes of Bpit-1, Bgh, Bghr Bigf somatotropic cascade with meat productivity of the cattle bred in Kazakhstan // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2018. – V. 10(8). – P. 1906-1911.

7. Dushayeva L.Zh., Beishova I.S. Ulyanova T.V. et al. Marking of Meat Productivity Features in Pairs of bGH, bGHR and bIGF-1 Polymorphic Genes in Aberdeen-Angus Cattle // OnLine Journal of Biological Sciences. – 2021. – V. 21(2). – P. 334-345.

8. Skinkytė R., Zwierzchowski L., Riaubaitė L. et al. Distribution of allele frequencies important to milk production traits in lithuanian black & white and lithuanian red cattle // Veterinarija ir zootechnika. – 2005. – V. 31(53). – P. 93-97.

9. Fontanesi L., Scotti E., Tazzoli M. et al. Investigation of allele frequencies of the growth hormone receptor (GHR) F279Y mutation in dairy and dual-purpose cattle breeds // Italian Journal of Animal Science. – 2007. – V. 6. – P. 415-420.

10. Siadkowska E., Zwierzchowski L., Oprządek J. et al. Effect of polymorphism in IGF-1 gene on production traits in Polish Holstein-Friesian cattle // Animal Science Papers and Reports. – 2006. – V. 24. – P. 225-237.

11. Ovsyannikov A.I. Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve. – M.: Kolos, 1976. – 304 p.

12. Rebrova O.Yu. Statisticheskij analiz meditsinskikh dannykh. Primenenie paketa prikladnykh programm STATISTICA. – M.: «MediaSfera», 2002. – 312 p.

13. Rokitsky P.F. Osnovy variatsionnoj statistiki dlya biologov. - Minsk: BSU, 1961 – 224 p.

14. Hartatik T., Fathoni A., Bintara S., Ismaya, Panjono, Widyobroto B.P., Ali Agus, Igs. Budisatria, Leroy P. The genotype of growth hormone gene that affects the birth weight and average daily gain in crossbred beef cattle // Biodiversitas. – 2020. – V. 21 (3). – P. 941-945.

15. Plakhtyukova V.R. Polimorfizm genov kal'paina i somatotropina u krupnogo rogatogo skota kazakhskoj belogolovoj porody i ego svyaz' s pokazatelyami produktivnosti // diss. soiskanie uchenoj stepeni kandidata biologicheskikh nauk. - 06.02.07 – razvedenie, selektsiya i genetika sel'skokhozyajstvennykh zhivotnykh. – 2020, Stavropol. – 142 p.

16. Fedota O.M., Ruban S. Yu., Lysenko N. G., Kolisnyk A. I., Goraichuk I. V., Tyzhnenko T. V. SNP L127V of growth hormone gene in breeding herd of aberdeen angus in Kharkiv region, Eastern Ukraine // Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety. – 2016. - V. 2(3). – P. 5-11.

17. Sedykh T.A., Dolmatova I.Y., Valitov F.R., Gizatullin R.S., Kalashnikova L.A. The Influence of Growth Hormone Gene Polymorphism on Growth Rate of Young Cattle // Iranian Journal of Applied Animal Science. – 2020. - V.10(3). – P. 445-451.

18. Akcay A., Akyüz B., Bayram, D Determination of the AluI polymorphism effect of bovine growth hormone gene on carcass traits in Zavot cattle with analysis of covariance // Turkish journal of veterinary and animal sciences. – 2015. – V.39. - P. 16-22.

19. Plivachuk O., Dyman T. Interdependence of complex genotypes of alfa-lactalbumin and beta-lactoglobulin with composition and technological properties of milk of ukrainian black-and-white dairy cattle // Animal Breeding and Genetics. – 2018. – V.51. – P. 124-131.

20. Maurić M., Mašek T., Beniæ M., Špehar M., Starèeviæ K. Effect of DGAT1, FASN and PRL genes on milk production and milk composition traits in Simmental and crossbred Holstein cattle // Indian Journal of Animal Sciences. – 2017. – V.87. – P. 859-863.

А.М. Наметов[1], И.С. Бейшова[1], Е.В. Белая[2], Т.В. Ульянова[1]*, С.А. Черняева[1]

[1] «Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КЕАҚ, Орал қаласы, Қазақстан Республикасы, anametov@mail.ru, indira_bei@mail.ru, tatyana.poddudinskaya@gmail.com,chernyaeva.sofia@mail.ru*

[2] «Максим Танк атындағы Беларусь мемлекеттік педагогикалық университеті» ББМ, Минск қаласы, Беларусь Республикасы, belaya005@rambler.ru

СОМАТОТРОПТЫҚ КАСКАД ГЕН ПОЛИМОРФИЗМІНІҢ ІРІ ҚАРА МАЛДЫҢ ӨСУ СИПАТТАМАСЫМЕН БАЙЛАНЫСЫН БАҒАЛАУ

Аңдатпа

Мақалада соматотропты каскадтың гендері (өсу гормоны (*bGH*), өсу гормонының рецепторы (*bGHR*) және инсулин тәрізді өсу факторы-1 (bIGF-1) бойынша абердин-ангус тұқымының өсу динамикасын зерттеу нәтижелері берілген.

Жұмыс А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университетінің қолданбалы биотехнология ғылыми-зерттеу институтының молекулалық-генетикалық зерттеулер бөлімінде және Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университетінің биотехнология және жұқпалы ауруларды балау зертханасында жүргізіледі. Зерттеу нысаны Қостанай облысының «Север Агро-Н» ЖШС-де өсірілетін абердин-ангус тұқымының (N=200) ірі қара малы болды. *bGH*-AluI, *bGHR*-SspI және *bIGF-1*-SnaBI полиморфизмдері бойынша жануарлардың генотиптері ПТР-RFLP әдісімен анықталды. Генотиптеу нәтижелеріне сәйкес *bGH*, *bGHR*, *bIGF-1* гендері бойынша генотиптерді ескере отырып, жануарлар топтары құрылды, сондай-ақ олардың генотиптерінің (диплотиптерінің) жұптасқан комбинацияларын ескере отырып, жануарлар топтары құрылды. Ірі қара малдың келесідей белгілері зерттелді: 9, 12, 18 және 24 айлықтағы тірі салмақ, абсолютті және орташа тәуліктік өсімі.

Абердин-ангус тұқымды жануарлар тобында *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} және *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} диплотиптері ең қолайлы екендігі анықталды, өйткені олар өсу қарқынының жоғарылауымен байланысты. Алынған нәтижелер *bGH*-AluI^{LV} генотипінің, сондай-ақ *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY} және *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} генотиптерінің комбинацияларының қажетсіздігін көрсетеді. Осылайша, ет өнімділігінің көрсеткіштеріне әсер ететін генотиптер мен диплотиптер тірі салмақ, абсолютті және орташа тәуліктік өсу көрсеткіштеріне оң әсер етті, ал керісінше, ірі қара малдың төмен өнімділік қасиеттерімен байланысты генотиптер мен диплотиптер ең төмен өсу қарқынымен байланысты болды; бұл оларды генетикалық маркер ретінде қолданудың нысандылығын растайды.

Кілт сөздер: абердин-ангус тұқымы, тірі салмақ, абсолютті өсу, орташа тәуліктік өсу, полиморфизм, өсу гормонының гені (*bGH*), өсу гормонының рецепторлық гені (*bGHR*), инсулин тәрізді өсу факторының гені-1 (*bIGF-1*).

A.M. Nametov[1], I.S. Beishova[1], A.V. Belaya[2], T.V. Ulyanova[1]*, S.A. Chernyayeva[1]
[1] NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, Kazakhstan, anametov@mail.ru, indira_bei@mail.ru, tatyana.poddudinskaya@gmail.com,chernyaeva.sofia@mail.ru*
[2] «Belarusian State Pedagogical University Named after Maxim Tank», Minsk, Belarus, belaya005@rambler.ru

EVALUATION OF THE RELATIONSHIP OF POLYMORPHISMS OF SOMATOTROPIC CASCADE GENES WITH THE GROWTH CHARACTERISTICS OF CATTLE

Abstract

The article presents the results of a study of the growth dynamics of the Aberdeen Angus breed by the genes of the somatotropic cascade (growth hormone (*bGH*), growth hormone receptor (*bGHR*) and insulin-like growth factor-1 (*bIGF-1*).

The work was carried out in the Department of Molecular Genetic Research of the Research Institute of Applied Biotechnology of A. Baitursynov Kostanay Regional University and in the laboratory of Biotechnology and Diagnostics of Infectious Diseases of Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University. The object of the study was the animals of the Aberdeen-Angus breed (n=200), bred in the «Север Агро-Н» LLP of the Kostanay region. Animal genotypes by polymorphisms *bGH*-AluI, *bGHR*-SspI, and *bIGF-1*-SnaBI were established by PCR-RFLP. Based on the results of genotyping, groups of animals were formed taking into account the genotypes of the *bGH*, *bGHR*, *bIGF-1* genes, and groups of animals were formed taking into account paired combinations of their genotypes (diplotypes). Signs were studied in cattle: live weight at the ages of 9, 12, 18 and 24 months, absolute and average daily gains.

It was found that in the group of animals of the Aberdeen Angus breed, the diplotypes *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{AA}, *bGH*-AluI^{LL}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB}, and *bGH*-AluI^{VV}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} are the most preferred since they are associated with increased growth rates. The results obtained indicate the undesirability of the *bGH*-AluI^{LV} genotype, as well as combinations of the *bGH*-AluI^{LV}-*bGHR*-SspI^{FY}, and *bGHR*-SspI^{FF}-*bIGF-1*-SnaBI^{BB} genotypes. Thus, genotypes and diplotypes that have an increasing effect on meat productivity indicators had a positive effect on live weight, absolute and average daily gains, and vice versa, genotypes and diplotypes associated with low productive qualities of cattle were associated with the lowest growth rates; which confirms the expediency of their use as genetic markers.

Key words: Aberdeen Angus breed, live weight, absolute gain, average daily gain, polymorphism, growth hormone gene (*bGH*), growth hormone receptor gene (*bGHR*), insulin-like growth factor-1 gene (*bIGF-1*).