

ГЕНЕТИКА

УДК 575.22:577.29

DOI: 10.17072/1994-9952-2018-1-43-49.

М. Ю. Бурлуцкая^a, Е. П. Гаврикова^b, Ю. С. Васильева^a,
С. В. Боронникова^a

^a Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

^b ООО «ИНВИТРО-УРАЛ», Челябинск, Россия

АЛЛЕЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ГЕНОВ У КАРАТИСТОВ И САМБИСТОВ С РАЗНОЙ СПОРТИВНОЙ УСПЕШНОСТЬЮ

Проведено генотипирование 98 спортсменов, занимающихся карате в МБОУ ДОД «СДЮШОР по карате» и самбо в школе КГБУ ДО «СДЮСШОР по дзюдо и самбо» г. Перми, в возрасте от 9 до 20 лет. Изучен полиморфизм R577X и установлены аллельные варианты гена *ACTN3* (*альфа-актинин-3*), а также полиморфизм Pro12→Ala гена *PPARG* (*гамма-рецептор, активируемый пролифератором пероксисом*). Эти полиморфизмы ассоциированы с проявлением и развитием скоростно-силовых качеств у спортсменов. Установлено, что сочетания полиморфных вариантов генов *ACTN3* и *PPARG* оказывают влияние на успешность спортсменов, занимающихся карате и самбо. Группа высококвалифицированных спортсменов (Группа I) достоверно отличается от группы низкоквалифицированных спортсменов (Группа II) по наличию благоприятных для развития скорости и силы генотипов: генотипа R/R (76.0%) гена *ACTN3* и генотипа Ala/Ala (76.0%) гена *PPARG*. Даны рекомендации для корректировки тренировочного процесса обследованных спортсменов.

Ключевые слова: ДНК; полиморфизм генов; генотипирование; *ACTN3*; *PPARG*; скорость/сила; карате; самбо.

М. Y. Burlutskaia^a, E. P. Gavrikova^b, Yu. S. Vasileva^a, S. V. Boronnikova^a

^a Perm State University, Perm, Russian Federation

^b INVITRO-Ural, Chelyabinsk, Russian Federation

ALLELLY VARIANTS OF GENES IN KARATIS AND SAMBISTS WITH DIFFERENT SPORTS SUCCESS

Genotyping of 98 athletes engaged in karate in the MBEI AEC «SCYSOR in karate» and sambo wrestlers from school of the RSBI AE «SCYSOR in judo and sambo» in Perm, at the age from 9 to 20 years. The polymorphism R577X has been studied and allelic variants of the *ACTN3* gene (*alpha-actinin-3*), as well as Pro12 → Ala polymorphism of the *PPARG* gene (*peroxisome proliferator-activated receptor gamma*) have been established; which are associated with the manifestation and development of speed-strength qualities in athletes. It has been established, that the combinations of polymorphic variants of *ACTN3* and *PPARG* genes influence the success of athletes engaged in karate and sambo. The group of highly qualified athletes (Group I) significantly differs from the group of low-skilled athletes (Group II) in terms of the presence of favorable genotype and speed for development: the R/R genotype (76.0%) of the *ACTN3* gene and the Ala/Ala (76.0%) genotype *PPARG*. The recommendations are given for adjusting the training process of the examined athletes.

Key words: DNA; gene polymorphism; genotyping; *ACTN3*; *PPARG*; speed/strength; karate; sambo.

Введение

В спортивной генетике большое внимание уделяется выявлению генетической предрасположенности спортсменов к успешной соревновательной деятельности [Рогозкин и др., 1999; Ахметов, 2009; Бондарева, Година, Спицын, 2010]. Результаты молекулярно-генетических исследований в области спорта открыли

новые возможности в разработке и применении диагностических комплексов, направленных на решение проблем медико-генетического отбора в спорте, а также на оптимизацию тренировочного процесса [Rankinen et al., 2004, 2006].

Генетические различия отмечены среди спортсменов разной квалификации, поскольку, чем больше благоприятных для спорта аллелей содержится в ге-

нотипе атлета, тем более высоких результатов он может достичь [Моссэ и др., 2017]. В нециклических видах спорта, в отличие от циклических, физические качества спортсменов проявляются в разном соотношении, без какого-либо преобладания одного из них [Рыбина, 2015].

Ген α -актина-3 (*ACTN3*) локализован в длинном плече 11 хромосомы (11q13-q14). Этот ген кодирует синтезирующийся в быстрых мышечных волокнах белок альфа-актинин-3, который стабилизирует сократительный аппарат скелетных мышц и участвует в различных метаболических процессах. Дефицит α -актинина-3 в быстрых мышечных волокнах может снижать скоростно-силовые показатели физической работоспособности человека. Носители генотипа R/R способны достичь высоких результатов на средних дистанциях в таких видах спорта, где требуется сочетание скорости и силы [Johanson et al., 2009].

Ген *PPARG*, кодирующий гамма-рецептор, активируемый пролифератором пероксисом, локализован в коротком плече 3 хромосомы (3p25); он отвечает за процессы окисления жирных кислот, а также влияет на потребность мышечной ткани в глюкозе и ее чувствительность к инсулину [Дроздовская и др., 2012].

Наибольший интерес представляет Pro12Ala полиморфизм (rs1801282) гена *PPARG*, заключающийся в замене нуклеотида С на G, что приводит к замещению пролина на аланин в положении 12 изоформы *PPARG* γ 2. Данная мутация вызывает снижение активности гена *PPARG*, что приводит к подавлению липолиза в адипоцитах и увеличению утилизации глюкозы мышцами; при этом скоростно-силовые качества организма повышаются. Наличие аллеля Ala гена *PPARG* указывает на предрасположенность к скоростно-силовым видам спорта [Скорина, Врублевский, Врублевская, 2015].

Если генетическая предрасположенность к занятиям циклическими видами спорта исследована в той или иной степени [Ахметов, 2009], то этот аспект у спортсменов, занимающихся ациклическими видами спорта, такими как карате и самбо, практически не изучен. В связи с этим анализ геномных профилей спортсменов, занимающихся различными видами спортивных единоборств, требующих, как правило, максимальной скорости и силы, важен для выявления полиморфных вариантов генов у спортсменов, дос-

тигших высоких результатов в ациклических видах спорта.

Цель исследования – выявление и анализ полиморфных вариантов генов, ассоциированных с развитием и проявлением скоростно-силовых физических качеств, у спортсменов с различной спортивной успешностью, занимающихся карате и самбо в двух спортивных школах г. Перми.

Материал и методы исследования

Материал

Для проведения молекулярно-генетического анализа произведен забор проб буккального эпителия у 98 человек, из которых 56 спортсменов, занимающихся карате в МБОУ ДОД «СДЮШОР по карате» г. Перми [Гаврикова, 2016], и 42 самбиста из школы КГБУ ДО «СДЮСШОР по дзюдо и самбо» г. Перми, в возрасте от 9 до 20 лет. Спортсмены, имеющие спортивные разряды (50 чел.), были разделены на 2 группы: «Группа I» с высокой квалификацией и «Группа II» с низкой квалификацией. В первую группу были отобраны: один мастер спорта (МС), 11 кандидатов в мастера спорта (КМС) и 13 спортсменов со 2- и 3-м взрослыми разрядами – всего 25 спортсменов. Все лица мужского пола. Вторая группа включала 25 человек, имеющих 1-, 2- и 3-й юношеские разряды, все лица мужского пола. Все испытуемые дали письменное добровольное согласие на генотипирование. Забор буккального эпителия у спортсменов для генетического анализа проводили посредством соскоба эпителиальных клеток ротовой полости одноразовыми цитологическими щетками. ДНК выделяли сорбентным методом с помощью набора «Проба ГС», изготовленного компанией «ДНК-Технология» (Россия).

Методы исследования

У спортсменов, занимающихся карате и самбо, изучены полиморфные варианты двух генов, ассоциированных с развитием и проявлением физического качества скорость/сила, такие как полиморфизм R577X гена *ACTN3* и Pro12Ala гена *PPARG*. Праймеры для ПЦР (табл. 1) синтезированы в ЗАО «Синтол», Россия.

Таблица 1

Праймеры для амплификации полиморфных позиций двух генов, ассоциированных у спортсменов со скоростно-силовыми качествами

Ген / полиморфная позиция	Последовательность праймеров (прямой и обратный)	Источник
<i>ACTN3</i> / R577X	5'-CTGTTGCCTGTGGTAAGTGGG-3' 5'-TGGTCACAGTATGCAGGAGGG-3'	Rasmussen, Anzick, Waters, 2014
<i>PPARG</i> / Pro12→Ala	5'-GCCAATCAAGCCCAGTC-3' 5'-GATATGTTTGCAGACAGTGTATCAGTGAAGGAATC GCTTCCG-3'	Eynon et al., 2009

*R577X – полиморфная позиция гена *ACTN3* (альфа-актинин-3); Pro12Ala – полиморфная позиция гена *PPARG* (гамма-рецептор, активируемый пролифератором пероксисом).

Полиморфизм R577X гена *ACTN3* определяли, применяя в ПЦР соответствующую программу амплификации: предварительная денатурация 95°C – 1 мин.; 35 циклов: 95°C – 1 мин., 58°C – 30 сек., 72°C – 40 сек.; заключительная элонгация 72°C – 1 мин. В результате ПЦР получают ампликоны различной длины. Для выявления полиморфизма R577X продукт ПЦР дополнительно инкубировали вместе с эндонуклеазой рестрикции *DdeI* («Thermo Fisher Scientific», USA). Наличие двух фрагментов ДНК длиной 205 и 85 п.н. соответствует генотипу R/R, трех фрагментов ДНК (108, 97 и 90 п.н.) – гомозиготе X/X, четырех фрагментов ДНК (85, 97, 108 и 205 п.н.) – гетерозиготе R/X [Rasmussen, Anzick, Waters, 2014].

Исследование полиморфных вариантов гена *PPARG* проводили с использованием ПЦР, применяя программу амплификации: предварительная денатурация при 95°C – 4 мин.; 35 циклов амплификации: 94°C – 30 сек., 66°C – 1 мин., 72°C – 30 сек.; последний цикл элонгации 72°C – 6 мин. Для разделения фрагментов ампликоны инкубировали совместно с эндонуклеазой рестрикции для *PPARG* – *Bsh1236I* («Thermo Fisher Scientific», USA). При наличии одного фрагмента ДНК длиной 257 п.н. проявлялся генотип Ala/Ala, двух фрагментов ДНК (223 и 34 п.н.) – гомозигота Pro/Pro, трех фрагментов ДНК (257, 223 и 34 п.н.) – гетерозигота Ala/Pro.

Продукты рестрикции полиморфных позиций генов *ACTN3* и *PPARG* фракционировали при помощи электрофореза в 2%-ном агарозном геле с окраской бромистым этидием и фотографированием в системе гель-документации GelDoc XR («Bio-Rad», USA) в проходящем ультрафиолетовом свете. Определение длин фрагментов ДНК проводилось при помощи программы Quantity One 4.6.2 («Bio-Rad», USA) с использованием маркера молекулярной массы (500 bp +1.5 + 3 Kb DNA Ladder; ООО «СибЭнзим-М», г. Москва). ПЦР и электрофорезы повторяли не менее трех раз. Оценка генетической предрасположенности к скоростно-силовым качествам на основании генного профиля проведена посредством расчета общего генетического балла, или ОГБ [Williams, Folland, 2008]. Сравнение частот генотипов выполняли с помощью критерия Фишера при $p < 0.05$ в программе STATISTICA 6.0.

Результаты и их обсуждение

При определении полиморфизма R577X гена *ACTN3* у спортсменов г. Перми, занимающихся карате и самбо, установлено, что частота аллелей R и X в «Группе I» более успешных спортсменов составила 0.82 (аллель R) и 0.18 (аллель X), а в

«Группе II» с меньшей успешностью – 0.38 и 0.62 соответственно (табл. 2).

При сравнении генотипов спортсменов всех разрядов выявлено распределение частот аллельных вариантов изученных генных полиморфизмов. Так, генотип R/R гена *ACTN3*, при котором наблюдается высокая функциональная активность α -актина-3, отмечен у 25 (50%) спортсменов. Генотип R/X, характеризующийся средней функциональной активностью α -актина-3, был обнаружен у 10 (20%) спортсменов. Самый же неблагоприятный генотип X/X, при котором α -актин-3 заменяется на α -актин-2, что приводит к снижению скоростно-силовых показателей физической работоспособности человека, выявлен у 15 (30%) спортсменов.

Помимо частот аллелей проанализировано и распределение генотипов в соответствии с группами классификации спортсменов (табл. 2). Частота более благоприятного для развития и проявления скоростно-силовых качеств генотипа R/R в I успешной группе спортсменов равнялась 0.76 (19 человек), гетерозиготы R/X – 0.12 (3 спортсмена). Менее благоприятный генотип X/X в этой группе минимален и отмечен с частотой 0.12 (3 единоборца). Во II группе спортсмены с благоприятным генотипом R/R были отмечены с частотой 0.24 (6 человек). Гетерозиготный же генотип R/X встречался с частотой 0.28 (7 спортсменов), а менее благоприятный генотип X/X был представлен в «Группе II» в 4 раза чаще (0.48, что соответствовало 12 единоборцам) по сравнению с «Группой I» (0.12, 3 спортсмена).

Анализ частот генотипов и аллелей гена *ACTN3* у спортсменов I группы с более высокими спортивными разрядами по сравнению со II группой с низкими разрядами, показал значимые различия по благоприятному генотипу R/R ($F_{\text{оп.}}: 3.30 > 1.96$ при $p = 0.05$), также значимые различия были подтверждены по генотипу X/X ($F_{\text{оп.}}: 3.31 > 1.96$ при $p = 0.05$), при котором наблюдается низкая функциональная активность α -актина-3. Различия частоты генотипа R/X между группами разной квалификации были незначимы (табл. 2). Преобладание более благоприятного генотипа R/R у атлетов с высокой квалификацией было отмечено у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта [Скорина, Врублевский, Врублевская, 2015].

Анализ полиморфной позиции Pro12Ala гена *PPARG* у 25 спортсменов группы I выявил низкую частоту неблагоприятного аллеля Pro (0.14) и высокую частоту благоприятного аллеля Ala (0.86). В группе II у 25 спортсменов частота аллелей Ala составила (0.68), соответственно (табл. 2) частота аллеля Pro – (0.32) Генотип Ala/Ala был определен

у 28 единоборцев, то есть Ala найден с максимальной частотой 0.56. Генотип Ala/Pro был выявлен у 21 спортсмена (частота 0.42); при данном генотипе наблюдается средняя мышечная активность. Генотип Pro/Pro гена *PPARG* выявлен у 1 человека,

частота данного аллеля составила (0.02); при данном генотипе повышена чувствительность к инсулину в медленных и быстрых мышечных волокнах, но его анаболическое действие выражено слабо.

Таблица 2

Частоты аллелей и генотипов двух генов у спортсменов с разной квалификацией

Аллель или генотип	Группы спортивной квалификации		Частота в общей выборке	$F_{оп} < F_{ст}$
	Группа I	Группа II		
Ген <i>ACTN3</i>				
R	0.82	0.38	0.6	3.30>1.96
X	0.18	0.62	0.4	3.31>1.96
R/R	0.76 (19)	0.24 (6)	0.5 (25)	3.86>1.96
R/X	0.12 (3)	0.28 (7)	0.2 (10)	1.44<1.96
X/X	0.12 (3)	0.48 (12)	0.3 (15)	2.90>1.96
Ген <i>PPARG</i>				
Pro	0.14	0.32	0.23	1.53<1.96
Ala	0.86	0.68	0.77	1.54<1.96
Ala/Ala	0.76 (19)	0.36 (9)	0.56 (28)	2.93>1.96
Ala/Pro	0.2 (5)	0.64 (16)	0.42 (21)	5.54>1.96
Pro/Pro	0.04 (1)	0 (0)	0.02 (1)	0.44<1.96

Примечания: R, X – аллели гена *ACTN3*, R/R, R/X, X/X – генотипы гена *ACTN3*; Ala, Pro, – аллели гена *PPARG*, Ala/Ala, Ala/Pro, Pro/Pro – генотипы гена *PPARG*; Группа I – спортсмены с высокими спортивными разрядами; Группа II – спортсмены с низкими спортивными разрядами; $F_{оп}$ – F-критерий Фишера. $F_{ст}$ – критерий Фишера стандартный (при $p=0.05$); в скобках указано число спортсменов.

Частота благоприятного для проявления скоростно-силовых качеств генотипа Ala/Ala у спортсменов группы I, имеющих высокую квалификацию, составила 0.76 (19 единоборцев), гетерозиготы Ala/Pro – 0.20 (5 спортсменов), а менее благоприятного генотипа Pro/Pro – только лишь 0.04 (1 человек). Вместе с тем, частота благоприятного генотипа Ala/Ala во II группе с низкой квалификацией снизилась до 0.36 (9 человек), и напротив, увеличилась частота гетерозиготного генотипа Ala/Pro до 0.64 (16 единоборцев). Генотип Pro/Pro не был обнаружен у спортсменов II группы.

Анализ частот аллелей и генотипов гена *PPARG* у спортсменов I группы с высокой результативностью при сопоставлении с II группой с низкой результативностью констатировал значимые различия по генотипам Ala/Ala и Ala/Pro ($F_{оп}: 2.93>1.96$ и $F_{оп}: 5.54>1.96$ соответственно при $p=0.05$) между сравниваемыми группами (табл. 2). Значимые различия по частоте аллелей не были выявлены между группами спортсменов с разными разрядами Ala ($F_{оп}: 1.54<1.96$ при $p=0.05$) и Pro ($F_{оп}: 1.53<1.96$ при $p=0,05$).

Таким образом, у группы спортсменов с более высокой квалификацией (Группа I) в сравнении с группой с невысокой квалификацией (Группа II) достоверно различаются частоты четырех генотипов: R/R и X/X гена *ACTN3*, а также генотипы Ala/Ala и Ala/Pro гена *PPARG*.

У 98 обследованных спортсменов на основании полиморфизма двух генов, контролирующих про-

явление скоростно-силовых качеств, определен интегральный показатель – ОГБ. Наивысший показатель (100 баллов) отмечен у трети обследованных спортсменов – 29 человек (частота 0.30). Высокий результат (ОГБ=75 баллов) выявлен у 31 спортсмена, что составляет также треть обследованных спортсменов (частота 0.32). Средний показатель предрасположенности к развитию скоростно-силовых качеств (ОГБ=50 баллов) определен у пятой части обследованных (20 спортсменов, частота 0.20). Низкий ОГБ (25 баллов) выявлен у 18 (частота 0.18). Спортсменам с низким ОГБ рекомендуется невысокий темп тренировок. У обследованных спортсменов самый низкий показатель (ОГБ=0 баллов) не отмечен.

Заключение

У 98 спортсменов, занимающихся карате и самбо в двух спортивных школах г. Перми, изучен полиморфизм R577X гена *ACTN3*, а также полиморфизм Pro12→Ala гена *PPARG*, которые ассоциированы с проявлением и развитием скоростно-силовых качеств. У группы высококвалифицированных спортсменов (Группа I) и группы низкоквалифицированных спортсменов (Группа II) достоверно различаются частоты четырех генотипов: R/R ($F_{оп}: 3.30>1.96$) и X/X ($F_{оп}: 3.31>1.96$) гена *ACTN3*, а также генотипы Ala/Ala ($F_{оп}: 2.93>1.96$) и Ala/Pro ($F_{оп}: 5.54>1.96$) гена *PPARG*. К тому же, благоприятные для развития скоростно-силовых

качеств генотипы встречаются в группах с разной квалификацией с высокой частотой: 0.76 у генотипа R/R гена *ACTN3* и опять же 0.76 у генотипа Ala/Ala гена *PPARG*.

Таким образом, установлено, что сочетания полиморфных вариантов генов *ACTN3* и *PPARG* оказывают влияние на успешность спортсменов, занимающихся карате и самбо.

Одним из интегральных показателей генетической предрасположенности к развитию и проявлению физических качеств спортсменов, включая и скоростно-силовые качества, является общий генетический балл (ОГБ). Оценка генетической перспективности спортсменов, для успешности которых важны скоростно-силовые качества, показала, что высокие значения ОГБ (от 75 до 100 баллов) характерны для 60 из 98 обследованных спортсменов.

Итак, для достижения выдающихся результатов спортсменам необходимо обладать соответствующим генетическим потенциалом и правильно выстраивать тренировочный процесс. Вместе с тем, генетическая компонента – лишь одна из составляющих спортивного успеха. Вместе с ней важны морфометрические данные и функциональное состояние спортсмена [Дятлов и др., 2014], а также желание победить. Индивидуальные данные генотипирования могут играть роль при решении проблем медико-генетического отбора в спорте и для оптимизации тренировочного процесса [Кручинский, 2014].

Выражаем искреннюю благодарность за возможность выполнения молекулярно-генетического анализа тренерам, медицинским работникам, спортсменам из школ МБОУ ДОД «СДЮШОР по карате» и КГБУ ДО «СДЮСШОР по дзюдо и самбо» г. Перми.

Библиографический список

- Ахметов И.И. Молекулярная генетика спорта. М.: Сов. спорт, 2009. 267 с.
- Бондарева Э.А., Година Е.З., Спицын В.А. Ассоциации четырех полиморфных генетических систем (ACE, EPAS1, ACTN3 и NOS3) со спортивной успешностью в борьбе самбо // Медицинская генетика: материалы VI съезда РОМГ. Ростов н/Д, 2010. С. 27.
- Скорина А.А., Врублевский Е.П., Врублевская Л.Г. Организация подготовки юных дзюдоистов с учетом данных генетического анализа // Наука и спорт: современные тенденции. 2015. Т. 6, № 1. С. 56–60.
- Гаврикова Е.П. Влияние полиморфных вариантов генов на результат спортсменов, занимающихся карате // Фундаментальные и прикладные исследования в биологии и экологии: материалы регион. студ. научной конф. с междунар. участием. Пермь, 2016. С. 5–7.
- Дроздовская С.Б. и др. Полиморфизм гена γ - рецептора, активирующего пролиферацию пероксисом (*pparg*) как маркер предрасположенности к занятиям спортом // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 2012. № 4. С. 52–57.
- Дятлов Д.А. и др. Заниматься физической культурой и спортом в XXI веке без медицинского контроля опасно для здоровья // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. 2014. Т. 3. № 3. С. 50–55.
- Кручинский Н.Г. Программа генетического мониторинга спортсменов группы резерва для определения профиля спортивной деятельности и индивидуализации тренировочного процесса, основанная на результатах ДНК-анализа: методические рекомендации. Пинск: ПолесГУ, 2015. 60 с.
- Моссэ И.Б. и др. Некоторые аспекты ассоциации генов с высокими спортивными достижениями // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 21–3. С. 296–303.
- Рогозкин В.А. и др. Возможности генетического отбора спортсменов: реальность и перспективы // Вестник спортивной медицины. 1999. № 3. С. 52.
- Рыбина И.Л. Возможности оценки функционального состояния и процессов адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам с использованием клинично-лабораторных методов исследования // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. 2015. № 3–4. С. 176–183.
- Eynon N. et al. Is there an interaction between PPARG T294C-PPARGC1A Gly482Ser polymorphisms and endurance performance? // Exp. Physiol. 2009, Aug.
- Johanson H. et al. DNA elution from buccal cells stored on Whatman FTA Classic Cards using a modified methanol fixation method // Biotechniques. 2009. Vol. 46 (4). P. 309–311.
- Rankinen T. et al. AGT M235T and ACE ID polymorphisms and exercise blood pressure in the HERITAGE Family Study // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 2004. Vol. 279. P. 368–374.
- Rankinen T. et al. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2005 update // Med. Sci. Sports Exerc. 2006. Vol. 38(11). P. 1863–1888.
- Rasmussen M., Anzick S.L., Waters M.R. The genome of a Late Pleistocene human from a Clovis burial site in western Montana // Nature. 2014. Vol. 506. P. 225–229. doi: 10.1038/nature13025.
- Williams A.G., Folland J.P. Similarity of polygenic profiles limits the potential for elite human physi-

cal performance // *J. Physiol.* 2008. Vol. 586. P. 113–120.

References

- Akhmetov I.I. *Molekuljarnaja genetika sporta* [Molecular genetics of sport : monograph]. Moscow, Soviet sport Publ., 2009. 267 p. (In Russ).
- Bondareva E.A., Godina E.Z., Spitsyn V.A. [Associations of four polymorphisms (ACE, EPAS1, ACTN3 и NOS3) with high achievements in sambo wrestling]. *Medicinskaja genetika* [Medical genetics. Materials of the VI Congress of the ROMG]. Rostov-on-Don, 2010, p. 27. (In Russ).
- Drozdovskaya S.B. Borovik OA, Dosenko VE, Ilyin V.N. [Gene polymorphism of the γ -receptor, which activates peroxisome proliferation (pparg) as a marker of predisposition to sports]. *Pedagogika, psihologija i medico-biologičeskie problemy fizičeskogo vospitanija i sporta*. Iss.4 (2012): pp. 52-57. (In Russ).
- Dyatlov D.A., Pushkarev V.P., Pushkarev Ye.D., Yarovinskiy B.G. [To engage in physical culture and sports in the 21st century without medical supervision is dangerous for health]. *Naučno-sportivnyj vestnik Urala i Sibiri*. V. 3, Iss.3 (2014): pp. 50-55. (In Russ).
- Eynon N., Meckel Y., Alves A.J., Yamin C., Sagiv M., Goldhammer E., Sagiv M. Is there an interaction between PPAR δ T294C-PPARGC1A Gly482Ser polymorphisms and endurance performance? *Exp. Physiol.* Aug. (2009).
- Gavrikova E.P. [Influence of polymorphic variants of genes on the result of athletes engaged in karate]. *Fundamental'nye i prikladnye issledovanija v biologii i ekologii* [Fundamental and applied research in biology and ecology: materials region. stud. scientific conf. with intern. participation] Perm, 2016, pp. 5-7. (In Russ.).
- Johanson H. G. DNA elution from buccal cells stored on Whatman FTA Classic Cards using a modified methanol fixation method. *Botechniques* V. 46 (4) (2009): pp. 309–311.
- Kruchinsky N.G. *Programma genetičeskogo monitoringa sportmenov gruppy rezerva dlja opredelenija profilja sportivnoj dejatel'nosti i individualizacii trenirovočnogo processa, osnovanogo na rezul'tatach DNK-analiza* [Program of genetic monitoring of athletes of the reserve group for determining the profile of sports activities and individualizing the training process, based on the results of DNA analysis: methodological recommendations]. Pinsk: Polesse State University Publ., 2015. 60 p. (In Russ.).
- Mosse I.B., Kil'chevskiy A.V., Kundas L.A., Gonchar A.L., Minin S.L., Zhur K.V. [Some Aspects of the Association of Genes with High Sports Achievements]. *Vavilovskij žurnal genetiki i selekcii*. N 21-3 (2017): pp. 296-303. (In Russ.).
- Rankinen T., Gagnon J., Perusse L. et al. AGT M235T and ACE ID polymorphisms and exercise blood pressure in the HERITAGE Family Study. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* Vol. 279 (2004): pp. 368–374.
- Rankinen T., Bray M. S., Hagberg J. M., Perusse L., Roth S. M., Wolfarth B. and Bouchard C. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2005 update. *Med Sci Sports Exerc.* 38(11) (2006): pp. 1863-88.
- Rasmussen, M., Anzick S.L., Waters M.R. The genome of a Late Pleistocene human from a Clovis burial site in western Montana. *Nature*. 506 (2014): pp. 225-229. doi: 10.1038/nature13025.
- Rogozkin V.A., Nazarov I.B., Kazakov V.I., Tomilin N.V. [Opportunities of genetic selection of athletes: reality and prospects. (in Russian)]. *Vestnik sportivnoj mediciny*. N 3 (1999): p. 52. (In Russ.).
- Rybina I.L. [Possibilities for assessing the functional state and processes of adaptation of the athlete's organism to training loads using clinical and laboratory methods of research]. *Laboratornaja diagnostika. Vostočnaja Evropa*. N 3-4 (2015): pp. 176-183. (In Russ.).
- Skorina A.A., Vrublevskiy Ye.P., Vrublevskaya L.G. [Organization of training of young judoists taking into account the data of genetic analysis]. *Nauka i sport: sovremennye tendencii*. V. 6, N 1 (2015): pp. 56-60. (In Russ.).
- Williams A.G., Folland J.P. Similarity of polygenic profiles limits the potential for elite human physical performance. *J. Physiol.* V. 586 (2008): pp. 113–120.

Поступила в редакцию 05.02.2018

Об авторах

Бурлуцкая Мария Юрьевна, магистрант биологического факультета ФГБОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
ORCID: 0000-0003-3167-9872
 614099, Пермь, ул. Букирева, 15;
 maribyru@mail.ru; (342)2396233

About the authors

Ivanov Ivan Ivanovich, doctor of biology, professor, head of the Department of histology Perm State University.
ORCID: 0000-0003-3167-9872
 15, Bukirev str., Perm, Russia, 614990;
 maribyru@mail.ru; (342)2396233

Гаврикова Екатерина Петровна, медицинский администратор
ООО «ИНВИТРО-Урал», клиническая лаборатория
ORCID: 0000-0002-8801-4436
454092, Челябинск, ул. Российская, д. 281б;
vozdyx232@mail.ru; (3424)2396435

Васильева Юлия Сергеевна, доцент кафедры ботаники и генетики растений
ФГБОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
ORCID: 0000-0002-2255-2434
614990, Пермь, ул. Букирева, 15;
Yulianechaeva@mail.ru; (342)2396279

Боронникова Светлана Витальевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники и генетики растений
ФГБОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
ORCID: 0000-0002-5498-8160
614990, Пермь, ул. Букирева, 15; svboronnikova@yandex.ru; (342)2396279

Gavrikova Ekaterina Petrovna, medical administrator
ООО "INVITRO-Ural".
ORCID: 0000-0002-8801-4436
281b,Rossyiskaya str., Chelyabinsk, Russia;
454092; vozdyx232@mail.ru; (3424)2396435

Vasilieva Julia Sergeevna, associate professor of the Department of Botany and Genetics of Plants Perm State University.
ORCID: 0000-0002-2255-2434
15, Bukirev str., Perm, Russia, 614990;
Yulianechaeva@mail.ru; (342)2396279

Boronnikova Svetlana Vitalevna, doctor of biology, professor, head of the Department of Botany and Genetics of Plants Perm State University.
ORCID: 0000-0002-5498-8160
15, Bukirev str., Perm, Russia, 614990;
svboronnikova@yandex.ru; (3422)2396279

Информация для цитирования:

Аллельные варианты генов у каратистов и самбистов с разной спортивной успешностью / М.Ю. Бурлуцкая, Е.П. Гаврикова, Ю.С. Васильева, С.В. Боронникова // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2018. Вып. 1. С. 43–49. DOI: 10.17072/1994-9952-2018-1-43-49.

Burlutskaia M.Y., Gavrikova E.P., Vasileva Yu.S., Boronnikova S.V. [Allely variants of genes in karatis and sambists with different sports success]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 1 (2018): pp. 43-49. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2018-1-43-49.

