

УДК 575.22:577.29

<http://doi.org/10.5281/zenodo.2255526>

АЛЛЕЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ГЕНОВ *ACE*, *PPARG* И *PPARGC1A* У ЕДИНОБОРЦЕВ ГОРОДА ПЕРМИ

- ©Малюткина А. В., ORCID: 0000-0001-9477-8355, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия, ms.malyutkina@mail.ru
©Кардакова В. М., ORCID: 0000-0003-1417-6763, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия, nikol18ka02@gmail.com
©Бурлуцкая М. Ю., ORCID: 0000-0003-3167-9872, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия, maribyru@mail.ru
©Гаврикова Е. П., ORCID: 0000-0002-8801-4436, ИНВИТРО-Урал, г. Челябинск, Россия, vozdyx232@mail.ru
©Боронникова С. В., ORCID: 0000-0002-5498-8160, д-р биол. наук, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия, SVBoronnikova@yandex.ru

ALLELIC OPTIONS OF GENES *ACE*, *PPARG* AND *PPARGC1A* AT MARTIAL ARTISTS OF THE CITY OF PERM

- ©Malyutkina A., ORCID: 0000-0001-9477-8355, Perm State University, Perm, Russia, ms.malyutkina@mail.ru
©Kardakova V., ORCID: 0000-0003-1417-6763, Perm State University, Perm, Russia, nikol18ka02@gmail.com
©Burlutskaya M., ORCID: 0000-0003-3167-9872, Perm State University, Perm, Russia, maribyru@mail.ru
©Gavrikova E., ORCID: 0000-0002-8801-4436, Perm State University, Perm, Russia, vozdyx232@mail.ru
©Boronnikova S., ORCID: 0000-0002-5498-8160, Dr. habil., Perm State University, Perm, Russia, SVBoronnikova@yandex.ru

Аннотация. Проведено генотипирование 143 спортсменов, занимающихся единоборствами в трех спортивных школах г. Перми, в возрасте от 9 до 20 лет. С использованием ПЦР выявлены аллельные варианты генов *ACE*, *PPARG* и *PPARGC1A*; определены их частоты и генотипы. Изучены полиморфизм I/D гена *ACE* (*angiotensin I converting enzyme*), а также полиморфизм Pro12→Ala гена *PPARG* (*peroxisome proliferator-activated receptor gamma*) и полиморфизм Gly482Ser гена *PPARGC1A* (*peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha*); аллельные варианты этих трех генов у единоборцев ассоциированы с проявлением выносливости и скоростно-силовых качеств. Установлено, что сочетания полиморфных вариантов генов *ACE*, *PPARG* и *PPARGC1A* оказывают влияние на успешность единоборцев в спортивной деятельности. Группа высококвалифицированных спортсменов (Группа I) достоверно отличается от группы низкоквалифицированных спортсменов (Группа II) по наличию благоприятных для развития скорости, силы и выносливости генотипов: генотипа I/I гена *ACE*, генотипа Ala/Pro гена *PPARG* и генотипов Gly/Gly, Glu/Ser гена *PPARGC1A*. На основании полиморфизма трех генов определен интегральный показатель — общий генетический балл (ОГБ). Даны рекомендации для корректировки тренировочного процесса обследованных спортсменов.

Abstract. Genotyping of 143 athletes of the martial artist at three sports schools of Perm aged from 9 up to 20 years is carried out. With use of PCR method allelic options of genes of ACE, PPARG and PPARGC1A are revealed; their frequencies and genotypes are determined. The polymorphisms of I/D of a gene of ACE (angiotensin I converting enzyme) is studied, and also a polymorphism of Pro12→Ala of a gene of PPARG (peroxisome proliferator-activated receptor gamma) and a polymorphism of Gly482Ser of a gene of PPARGC1A (peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1–alpha) are established. Allelic options of these genes are associated with the manifestation of endurance and high-speed and power qualities at martial artists. It is established that combinations of polymorphic options of genes of ACE, PPARG and PPARGC1A affect on the success of martial artists in sports activity. The group of highly skilled athletes (Group I) authentically differs from group of low-skilled athletes (Group II) on the presence of the favourable for development of speed, force and endurance of genotypes: I/I genotype of a gene of ACE, genotype Ala/Pro of a gene of PPARG and genotypes of Gly/Gly Glu/Ser of PPARGC1A gene. On the basis of a polymorphism of three genes the integrated indicator — total genotype score (TGS) is defined. Recommendations for correction of the training process of the examined athletes are made.

Ключевые слова: ДНК, аллельные варианты генов, ACE, PPARG, PPARGC1A, общий генетический балл ОГБ, единоборцы.

Keywords: DNA, allelic options of genes, ACE, PPARG, PPARGC1A, total genotype score TGS, martial artists.

Введение

Индивидуальные различия проявления физических качеств человека обусловлены ДНК-полиморфизмами. Известно свыше 130 генов, полиморфизмы которых ассоциированы со спортивной деятельностью [1]. На данный момент в спортивной генетике наиболее хорошо изучена генетическая предрасположенность к циклическим видам спорта. Согласно классификации Л. П. Матвеева [6] единоборства относятся к группе ациклических видов спорта. У единоборцев вырабатываются высокая точность и координированность движений, точная и очень тонкая регулировка движений, быстрое переключение с одних двигательных актов на другие [5].

Ген *ACE* (*angiotensin I converting enzyme*), конвертирующий ангиотензин превращающий фермент, локализован в длинном плече 17 хромосомы (17q23.3). Этот ген участвует в катализе превращения ангиотензина I в физиологически активный пептид. В настоящий момент известно более двадцати полиморфных вариантов гена *ACE*, однако функционально наиболее значимым считается инсерционно-делеционный (I/D) полиморфизм в 16-м интроне, обусловленный наличием или отсутствием Alu-повтора [2]. Результаты исследований показывают, что I-аллель гена, носители которого характеризуются более низкой активностью *ACE*, ассоциирован с повышенной выносливостью у спортсменов, а D-аллель отвечает за проявление скоростно-силовых качеств [1].

Гены семейства *PPAR* являются важнейшими транскрипционными факторами мышечной силы, которые контролируют метаболические процессы. *PPARG* (*peroxisome proliferator activated receptor gamma*) это ген γ -рецептора, активирующего пролиферацию пероксисом. Он локализован в 3 хромосоме (3p25.2) и играет ключевую роль регулятора экспрессии генов липидного метаболизма. Наиболее изученным полиморфизмом гена

PPARG является Pro12Ala, который представляет собой замену цитозина (C) на гуанин (G) в 34-м положении экзона 2, что приводит в синтезируемой аминокислотной последовательности к замещению пролина на аланин [3]. Некоторые исследования позволяют сделать предположение, что носительство *PPARG* Ala аллеля, повышающее чувствительность к инсулину, а значит, усиливающее его анаболическое действие на скелетные мышцы, предрасполагает к развитию и проявлению качества скорость/сила [10].

Ген *PPARGC1A* (*peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha*) локализован в хромосоме 4 (4p15.1), экспрессируется в скелетных мышцах медленных мышечных волокон, в миокарде, в буром жире, в почках. Снижение экспрессии *PPARGC1A* приводит к ухудшению аэробных возможностей [9]. Наиболее значимым полиморфизмом гена *PPARGC1A* является Gly482Ser, который приводит к замене аминокислоты глицина (Gly) на серин (Ser) в позиции 482. Он ассоциирован с проявлением скоростно-силовых качеств, высокой работоспособностью, мышечной и аэробной выносливостью (Gly), а также связан с риском развития гипертонии в возрасте до 50 лет (Ser) [7].

Генетическая предрасположенность к единоборствам на основании полиморфизма гена *ACE* и двух генов семейства *PPAR* одновременно ранее не изучалась, поэтому целью работы является анализ влияния полиморфных вариантов генов *ACE*, *PPARG* и *PPARGC1A* на результаты спортсменов, занимающихся единоборствами в трех спортивных школах г. Перми.

Материал и методика

Для проведения молекулярно-генетического анализа были собраны образцы буккального эпителия у 56 спортсменов, занимающихся карате в МБОУ ДОД «СДЮСШОР по карате», у 42 самбистов из школы КГБУ ДО «СДЮСШОР по дзюдо и самбо», а также у 45 дзюдоистов школы МАУ ДО «СДЮСШОР по дзюдо и самбо» г. Перми. Возраст спортсменов варьировал от 9 до 20 лет. Спортсмены в связи со спортивной успешностью были разбиты на 2 группы по 65 человек в каждой: в первую группу «Группа I» были отобраны 65 спортсменов со 2-м и 3-м взрослыми разрядами, 1-м юношеским, а также один кандидат в мастера спорта. Вторая группа «Группа II» включала 65 человек, имеющих 2 и 3-й юношеские разряды, и спортсмены, не имеющие спортивного разряда. Забор биологического материала проводился с помощью одноразовых цитологических щеток путем соскоба эпителиальных клеток ротовой полости. ДНК была выделена сорбентным методом с помощью набора «Проба ГС», изготовленного группой компаний «ДНК-Технология» (Россия). Концентрацию проб ДНК определяли с помощью спектрофотометра SpectrofotometrTM NanoDrop 2000 «Thermo scientific» (USA). Для проведения ПЦР брали пробы ДНК с концентрацией 5 нг/мкл. Для амплификации полиморфных локусов в реакционную смесь добавляли прямой и обратный праймеры (Таблица 1), последовательности которых были взяты из литературных источников [8, 11], затем синтезированны в ООО «Синтол» (г. Москва)

ПЦР для амплификации полиморфного локуса I/D гена *ACE* проводили по следующей программе: предварительная денатурация 94°C — 7 мин.; 35 циклов амплификации: 94°C — 30 с., 62°C — 1 мин.; заключительная элонгация 72°C — 30 с. [11]. 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 [8]. Для разделения фрагментов ампликоны инкубировали совместно с эндонуклеазой рестрикции для *PPARG* — Bsh1236I «Thermo Fisher Scientific» (USA). При

наличии трех фрагментов ДНК (257, 223 и 34 п.н.) определялась гетерозигота Ala/Pro, двух фрагментов ДНК (223 и 34 п.н.) — гомозигота Pro/Pro, одного фрагмента ДНК длиной 257 п.н. — гомозигота Ala/Ala [8]. Полиморфизм Gly482Ser гена *PPARGC1A* детектировали по следующей программе ПЦР: предварительная денатурация при 95°C — 8 мин.; 40 циклов амплификации: 94°C — 45 сек, 50°C — 45 сек, 72°C — 2 мин.; завершающий синтез 72°C — 10 мин. Для выявления аллельных вариантов ампликоны инкубировали совместно с эндонуклеазой рестрикции для *PPARGC1* — MspI «Thermo Fisher Scientific» (USA).

Таблица 1.

ПРАЙМЕРЫ ДЛЯ АМПЛИФИКАЦИИ ПОЛИМОРФНЫХ ЛОКУСОВ ТРЕХ ГЕНОВ

Ген / полиморфный локус	Последовательность праймеров (прямой и обратный)	Литературный источник
<i>ACE</i> / I/D	5'CTGGAGACCACTCCCATCCTTTCT-3'; 5'-GATGTGGCCTACACATTCGTCAGAT-3'.	Rigat et al., 1992 [11]
<i>PPARG</i> / Pro12→Ala	5'-GCCAATTCAAGCCCAGTC-3' 5'-GATATGTTTGCAGACAGTGTATCAGTGAAGGAATC GCTTTCCG-3'	Eynon, et al., 2009 [8]
<i>PPARGC1A</i> / Gly482Ser	5'-GAGCCGAGCTGAACAAGCAC-3' 5'-GGAGACACATTGAACAATGAATAGGATTG-3'	Eynon, et al., 2009 [8]

Проявление трех фрагментов ДНК (169, 209 и 378 п.н.) соответствовало гетерозиготе Gly/Ser, двух фрагментов ДНК длиной 169 и 209 п.н. определяло генотип Gly/Gly, одного фрагмент ДНК длиной 378 п.н. соответствовало гомозиготе Ser/Ser [8].

Продукты амплификации гена *ACE* и рестрикции генов *PPARG* и *PPARGC1A* фракционировали при помощи электрофореза в 2% агарозном геле с дальнейшей окраской бромистым этидием и фотографированием в системе гель-документации Gel Doc XR («Bio-Rad», USA) в проходящем ультрафиолетовом свете. Для определения длины фрагментов воспользовались маркером молекулярной массы (50 bp DNA Ladder; «ООО-СибЭнзим-М», г. Москва). Определение длин фрагментов проводилось при помощи программы Quantity One 4.6.2 («Bio-Rad», USA). Оценка генетической предрасположенности к формированию физических качеств «выносливость» или «скорость/сила» у 98 единоборцев проведена посредством расчета «общего генетического балла» или ОГБ [12]. Сравнение частот генотипов двух групп единоборцев проводилось с помощью критерия Фишера (F) при $p=0,05$ [13].

Результаты и их обсуждение

На общую выборку спортсменов частота аллеля I гена *ACE* составила 0,35, а аллеля D этого же гена — 0,65 (Таблица 2). Благоприятный генотип I/I, при котором наблюдается низкий уровень ангиотензин-1 превращающего фермента (АПФ) и высокое содержание медленных мышечных волокон, был выявлен у 12 единоборцев с частотой 0,09. Гетерозиготный генотип I/D был определен у 67 спортсменов с частотой 0,52, ему соответствует средний уровень ангиотензин-1 превращающего фермента и равное содержание быстрых и медленных мышечных волокон. Менее благоприятный генотип D/D гена *ACE*, характеризующийся высоким уровнем АПФ и преобладанием быстрых мышечных волокон, выявлен у 51 человека с частотой, равной 0,39. При сравнении частот аллелей гена

ACE и генотипов спортсменов с разной квалификацией установлено, что у спортсменов «Группы I» с высокой квалификацией по сравнению с «Группой II» незначительно выше частота аллеля I полиморфного локуса I/D гена *ACE* незначительно выше (0,38 и 0,32 соответственно; $F_{оп} 1,04 < 1,96$), а частота аллеля D незначительно ниже (0,62 и 0,68 соответственно; $F_{оп} 1,04 < 1,96$). У единоборцев «Группы I» частота благоприятного генотипа I/I незначительно ($F_{оп} 1,80 < 1,96$) выше (0,14), чем у единоборцев «Группы II» (0,05). А гетерозиготный генотип I/D встречается с частотами, незначительно отличающимися у спортсменов двух групп с разной квалификацией, а именно 0,49 у «Группы I» и 0,54 у «Группы II» ($F_{оп} 0,68 < 1,96$). Менее благоприятный генотип D/D незначительно ($F_{оп} 0,46 < 1,96$) преобладает в группе с низкой квалификацией (0,41 у «Группы II» и 0,37 у «Группы I»).

Анализ полиморфной позиции Pro12Ala гена *PPARG* у 49 спортсменов «Группы I» выявил низкую частоту аллеля Pro (0,19) и высокую частоту аллеля Ala (0,81). В «Группе II» у спортсменов частота аллелей Ala составила (0,73), а частота аллеля Pro — 0,27. Генотип Ala/Ala был определен у 53 единоборцев, где аллель Ala найден с максимальной частотой 0,54. Генотип Ala/Pro был выявлен у 44 спортсменов (частота 0,45); при данном генотипе наблюдается средняя мышечная активность. Генотип Pro/Pro гена *PPARG* выявлен у 1 человека, поэтому частота данного аллеля низка (0,01); при данном генотипе повышена чувствительность к инсулину в медленных и быстрых мышечных волокнах, но его анаболическое действие выражено слабо. Частота благоприятного генотипа Ala/Ala у спортсменов «Группы I», имеющих высокую квалификацию, составила 0,63, гетерозиготы Ala/Pro — 0,36, а менее благоприятного генотипа Pro/Pro — только лишь 0,01. Вместе с тем, частота благоприятного генотипа Ala/Ala в «Группе II» с низкой квалификацией меньше, чем в «Группе I» — 0,45, и напротив, больше частота гетерозиготного генотипа Ala/Pro — 0,55. Генотип Pro/Pro не был обнаружен у спортсменов «Группы II». Анализ частот аллелей и генотипов гена *PPARG* у единоборцев «Группы I» с высокой результативностью при сопоставлении с единоборцами «Группы II» с низкой результативностью констатировал значимые различия по генотипу Ala/Pro ($F_{оп} 2,0 > 1,96$) между сравниваемыми группами. Однако, значимые различия не были выявлены между группами единоборцев с разной квалификацией по частоте аллелей Ala ($F_{оп} 0,95 < 1,96$) и Pro ($F_{оп} 0,94 < 1,96$).

Анализ полиморфной позиции Gly482Ser гена *PPARGC1A* у 98 единоборцев выявил в «Группе I» высокую частоту аллеля Gly (0,88) и низкую частоту аллеля Ser (0,12). В «Группе II» частота аллеля Gly ниже (0,76), чем в «Группе I» (0,88); однако, выше частота аллеля Ser — 0,24. Частота благоприятного для формирования выносливости генотипа Gly/Gly в «Группе I» единоборцев с высокой квалификации составила 0,82; гетерозиготы Gly/Ser — 0,12, а менее благоприятного генотипа Ser/Ser — лишь 0,06. Вместе с тем, частота благоприятного генотипа Gly/Gly в «Группе II» с низкой квалификацией единоборцев значительно ниже (0,57), чем в «Группе I» с высокой квалификацией; а у гетерозиготного генотипа Gly/Ser, напротив, значительно выше и равна 0,37. Гомозиготный генотип Ser/Ser также, как и в «Группе I», был выявлен у 3 спортсменов с частотой 0,06. Анализ частот аллелей и генотипов гена *PPARGC1A* у единоборцев «Группы I» с высокой результативностью при сопоставлении с данными генетического анализа единоборцев «Группы II» с низкой результативностью констатировал между ними значимые различия по генотипу Gly/Gly и Gly/Ser ($F_{оп} 2,74 > 1,96$ и $F_{оп} 2,97 > 1,96$ соответственно). Значимых различий не выявлено по частоте аллелей Gly ($F_{оп} 1,56 < 1,96$) и Ser ($F_{оп} 1,57 < 1,96$) между спортсменами двух групп единоборцев.

У 98 обследованных спортсменов на основании полиморфизма трех генов определен общий генетический балл. Наивысший показатель (100 баллов) ОГБ_{скорость/сила} отмечен у 13 единоборцев (частота 0,13), что примерно равно частоте ОГБ_{выносливость} (0,12) у 12 человек. Высокий результат (ОГБ=75 баллов) выявлен у спортсменов, среди которых ОГБ_{скорость/сила} отмечен у 45 человек (0,46), а ОГБ_{выносливость} у 41 (0,42). Средний показатель предрасположенности к развитию скоростно-силовых качеств (ОГБ=50 баллов) определен у трети обследованных (33 спортсмена, частота 0,34), почти так же как и средняя предрасположенность к развитию выносливости, которая выявлена у 32 спортсменов (0,33). Низкий ОГБ_{скорость/сила} (25 баллов) выявлен у 6 единоборцев (0,06), в то время как низкий ОГБ_{выносливость} отмечен у 12 спортсменов (0,12). У обследованных спортсменов самый низкий показатель по предрасположенности к скоростно-силовым качествам (ОГБ=0 баллов) найден у 1 спортсмена (0,01), как и в случае предрасположенности к развитию выносливости. Спортсменам с низким ОГБ рекомендуется невысокий темп тренировок.

Таблица 2.

ЧАСТОТЫ АЛЛЕЛЕЙ И ГЕНОТИПОВ ТРЕХ ГЕНОВ У ЕДИНОБОРЦЕВ
 С РАЗНОЙ КВАЛИФИКАЦИЕЙ

Генотипы/аллели	Группы спортивной квалификации, (число спортсменов)		Частоты генотипа на общую выборку, (число спортсменов)	$F_{on} < F_{st}$
	Группа I	Группа II		
Ген <i>ACE</i>				
I	0,38	0,32	0,35	0,71 < 1,96
D	0,62	0,68	0,65	0,72 < 1,96
I/I	0,14 (9)	0,05 (3)	0,09 (12)	1,80 < 1,96
I/D	0,49 (32)	0,54 (35)	0,52 (67)	0,68 < 1,96
D/D	0,37 (24)	0,41 (27)	0,39 (51)	0,46 < 1,96
Ген <i>PPARG</i>				
Ala	0,81	0,73	0,76	0,95 < 1,96
Pro	0,19	0,27	0,24	0,94 < 1,96
Ala/Ala	0,63 (31)	0,45 (22)	0,54 (53)	1,80 < 1,96
Ala/Pro	0,36 (17)	0,55 (27)	0,45 (44)	2,0 > 1,96
Pro/Pro	0,01 (1)	0 (0)	0,01 (1)	0,44 < 1,96
Ген <i>PPARGC1A</i>				
Gly	0,88	0,76	0,81	1,56 < 1,96
Ser	0,12	0,24	0,19	1,57 < 1,96
Gly/Gly	0,82 (40)	0,57 (28)	0,69 (68)	2,74 > 1,96
Gly/Ser	0,12 (6)	0,37 (18)	0,25 (24)	2,97 > 1,96
Ser/Ser	0,06 (3)	0,06 (3)	0,06 (6)	0 < 1,96

Примечание: I, D – аллели гена *ACE*; I/I, I/D, D/D – генотипы гена *ACE*; Ala, Pro – аллели гена *PPARG*, Ala/Ala, Ala/Pro, Pro/Pro – генотипы гена *PPARG*; Gly, Ser – аллели гена *PPARGC1A*; Группа I – спортсмены с высокими спортивными разрядами; Группа II – спортсмены с низкими спортивными разрядами; F_{on} – F-критерий Фишера. F_{st} -критерий Фишера стандартный (при $p=0,05$); в скобках указано число спортсменов; жирным шрифтом выделены значимые отличия

Выводы

У 143 спортсменов, занимающихся единоборствами в трех спортивных школах г. Перми, выявлены полиморфизмы I/D гена *ACE*, Pro12→Ala гена *PPARG* и Gly482Ser гена *PPARGC1A*, которые ассоциированы с проявлением и развитием выносливости и скоростно-силовых качеств. Группы высококвалифицированных спортсменов (Группа I) и

низкоквалифицированных спортсменов (Группа II) достоверно различаются по частотам трех генотипов: Ala/Pro ($F_{оп} 2,0 > 1,96$) гена *PPARG* и генотипов Gly/Gly ($F_{оп} 2,74 > 1,96$) и Gly/Ser ($F_{оп} 2,97 > 1,96$) гена *PPARGC1A*. Благоприятные для развития выносливости и скоростно-силовых качеств генотипы встречаются с высокой частотой как в «Группе I» с высокой квалификацией – Gly/Gly (0,82) гена *PPARGC1A*, так и в «Группе II» с низкой квалификацией – Ala/Pro (0,55) гена *PPARG*. Таким образом, установлено, что из изученных трех генов *ACE*, *PPARG*, *PPARGC1A* у обследованных единоборцев г. Перми только сочетания аллельных вариантов гена *PPARGC1A* привели к формированию физических качеств, оказавших влияние на успешность спортсменов.

Одним из интегральных показателей генетической предрасположенности к развитию и проявлению физических качеств у спортсменов, таких как сила, скорость и выносливость, является общий генетический балл. Оценка генетической перспективности 98 спортсменов, для успешности которых важны вышеперечисленные качества, показала, что высокие значения ОГБ (от 75 до 100 баллов) характерны для 58 (ОГБ_{скорость/сила}) и 53 (ОГБ_{выносливость}).

Таким образом, достижения единоборцев зависят от их генетической предрасположенности к проявлению выносливости и скоростно-силовых качеств, определяемых их генотипами, включая и аллельные варианты гена *PPARGC1A*. В связи с этим спортсменам и их тренерам необходимо правильно выстраивать тренировочный процесс с учетом генетической предрасположенности единоборцев к проявлению скоростно-силовых качеств и выносливости, обусловленными их генотипами; а также их морфометрических данных и функционального состояния [4].

Благодарности

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

Список литературы:

1. Ахметов И. И., Астратенкова И. В., Дружевская А. М., Можайская И. А., Анализ комбинаций генетических маркеров мышечной деятельности // Генетические, психофизические и педагогические технологии подготовки спортсменов: сб. науч. тр. СПб. 2006. С. 95-102.
2. Баранов В. С. Генетический паспорт – основа индивидуальной и предиктивной медицины. СПб: Изд-во Н-Л, 2009. 528 с.
3. Дроздовская С. Б., Боровик О. А., Досенко В. Е., Ильин В. Н. 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.
4. Дятлов Д. А., Пушкарев В. П., Пушкарев Е. Д., Яровинский Б. Г. 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.
5. Иванченко Е. И. Виды подготовки в спорте. Минск: БГУФК. 2014. 264 с.
6. Матвеев Л. П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов. Киев: Олимпийская литература, 1999. 318 с.
7. Brito E. C. Vimalleswaran K. S., Brage S., Andersen L. B. *PPARGC1A* sequence variation and cardiovascular risk-factor levels: a study of the main genetic effects and gene \times environment

interactions in children from the European Youth Heart Study // *Diabetologia*. 2009. Vol. 52. No. 4. P. 609-613.

8. Eynon N., Meckel Y., Sagiv M., Yamin C. Do PPARGC1A and PPAR α polymorphisms influence sprint or endurance phenotypes? // *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2010. Vol. 20. No. 1. P. e145-e150.

9. Finck B. N., Kelly D. P. PGC-1 coactivators: inducible regulators of energy metabolism in health and disease // *The Journal of clinical investigation*. 2006. Vol. 116. No. 3. P. 615-622.

10. Jacob S., Stumvoll M., Becker R., Koch M. The PPAR γ 2 polymorphism Pro12Ala is associated with better insulin sensitivity in the offspring of type 2 diabetic patients // *Hormone and Metabolic Research*. 2000. Vol. 32. No. 10. P. 413-416.

11. Rigat B., Hubert C., Corvol P., Soubrier F. PCR detection of the insertion/deletion polymorphism of the human angiotensin converting enzyme gene (DCP1)(dipeptidyl carboxypeptidase 1) // *Nucleic acids research*. 1992. Vol. 20. No. 6. P. 1433.

12. Williams A. G., Folland J. P. Similarity of polygenic profiles limits the potential for elite human physical performance // *The journal of physiology*. 2008. Vol. 586. No. 1. P. 113-121.

13. Урбах В. Ю. Математическая статистика для биологов и медиков. М.: Акад. наук СССР. 1963. 323 с.

References:

1. Akhmetov, I. I., Astratenkova, I. V., Druzhevskaya, A. M., & Mozhayskaya, I. A. (2006). Analysis of combinations of genetic markers of muscular activity. In *Genetic, psychophysical and pedagogical technologies of training athletes*. St. Petersburg. 95-102.

2. Baranov, V. S. (2009). Genetic passport - the basis of individual and predictive medicine. St. Petersburg. 528.

3. Drozdovskaya, S. B., Borovik, O. A., Dosenko, V. E., & Ilin, V. N. (2012). Peroxisome proliferator-activated receptor gamma genes polymorphism (PPARG) as a marker for predisposition to sports. *Problems of physical education of the students, new technologies of physical training of youth and preparation of sportsmen*, (4). 52-57.

4. Dyatlov, D. A., Pushkarev, V. P., Pushkarev, E. D., & Yarovinsky, B. G. (2014). Doing physical culture and sport in XXI century is dangerous to health without medical control. *Scientific and Sports Bulletin of the Urals and Siberia*, 3(3). 50-55.

5. Ivanchenko, E. I. (2014). Types of training in sport: the teaching method. Minsk: BGUFK, 264.

6. Matveev, L. P. (1999). Fundamentals of the general theory of sport and the system of training athletes. Kiev: Olympic literature, 318.

7. Brito, E. C., Vimalaswaran, K. S., Brage, S., Andersen, L. B., Sardinha, L. B., Wareham, N. J., ... & Franks, P. W. (2009). PPARGC1A sequence variation and cardiovascular risk-factor levels: a study of the main genetic effects and gene \times environment interactions in children from the European Youth Heart Study. *Diabetologia*, 52(4), 609-613.

8. Eynon, N., Meckel, Y., Sagiv, M., Yamin, C., Amir, R., Goldhammer, E., ... & Oliveira, J. (2010). Do PPARGC1A and PPAR α polymorphisms influence sprint or endurance phenotypes?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(1), e145-e150.

9. Finck, B. N., & Kelly, D. P. (2006). PGC-1 coactivators: inducible regulators of energy metabolism in health and disease. *The Journal of clinical investigation*, 116(3), 615-622.

10. Jacob, S., Stumvoll, M., Becker, R., Koch, M., Nielsen, M., Löblein, K., ... & Machicao, F. (2000). The PPAR γ 2 polymorphism Pro12Ala is associated with better insulin sensitivity in the offspring of type 2 diabetic patients. *Hormone and Metabolic Research*, 32(10), 413-416.

11. Rigat, B., Hubert, C., Corvol, P., & Soubrier, F. (1992). PCR detection of the insertion/deletion polymorphism of the human angiotensin converting enzyme gene (DCP1) (dipeptidyl carboxypeptidase 1). *Nucleic acids research*, 20(6), 1433.
12. Williams, A. G., & Folland, J. P. (2008). Similarity of polygenic profiles limits the potential for elite human physical performance. *The journal of physiology*, 586(1), 113-121.
13. Urbakh, V. Yu. (1963). *Matematicheskaya statistika dlya biologov i medikov*. Moscow: Akad. nauk SSSR. 323.

*Работа поступила
в редакцию 24.11.2018 г.*

*Принята к публикации
27.11.2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Малюткина А. В., Кардакова В. М., Бурлуцкая М. Ю., Гаврикова Е. П., Боронникова С. В. Аллельные варианты генов ACE, PPARG и PPARGC1A у единоборцев города Перми // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №12. С. 125-133. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/12-40> (дата обращения 15.12.2018).

Cite as (APA):

Malyutkina A., Kardakova V., Burlutskaya M., Gavrikova E., & Boronnikova S. (2018). Allelic options of genes ACE, PPARG and PPARGC1A at martial artists of the city of Perm. *Bulletin of Science and Practice*, 4(12), 125-133. (in Russian).