УДК 575.22:577.29

АЛЛЕЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ГЕНОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ВЫНОСЛИВОСТЬЮ, У СПОРТСМЕНОВ-КАРАТИСТОВ РАЗНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ. ПЕРМИ**© Е. П. Гаврикова¹, М. Ю. Бурлуцкая², Ю. С. Васильева², С. В. Боронникова^{2*}**¹ООО «ИНВИТРО-УРАЛ»

Россия, Челябинская обл., 454092 г. Челябинск, ул. Российская, 281б.

²Пермский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15г.

Тел.: +7 (922) 321 84 83.

*Email: SVBoronnikova@yandex.ru

Аллельные варианты 2-х генов, ассоциированных с развитием и проявлением выносливости, изучены у 56 спортсменов в возрасте от 12 до 20 лет, занимающихся карате в МБОУ ДОД «СДЮШОР по карате» г. Перми, которая обладает статусом школы олимпийского резерва. Исследован полиморфизм генов *NOS3* (nitric oxide synthase 3) и *PPARGC1A* (Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha). Ген *NOS3* воздействует на регуляцию мышечной силы у спортсменов, а второй ген влияет на деятельность сердца и тонус сосудов. В результате ПЦР определены аллели двух генов и подсчитаны их частоты; определены генотипы и вычислены их пропорции в выборке обследованных спортсменов. Анализ генетических данных проведен у 2-х групп каратистов, выделенных в зависимости от их спортивной квалификации. В первой группе спортсменов с высокой квалификацией были мастера, кандидаты в мастера спорта и каратисты, имеющие взрослый разряд; а во второй группе с низкой квалификацией – каратисты с юношеским уровнем; а во вторую группу с невысокой квалификацией – каратисты с юношескими разрядами. Установлено, что достоверные различия оказывающие влияние на развитие выносливости генотипа G/G гена *NOS3* и генотипа Gly/Gly гена *PPARGC1A* были выявлены у спортсменов группы «Каратисты I» с более высокой успешностью по сравнению с группой «Каратисты II» с невысокой квалификацией. У каратистов подсчитан обобщенный показатель – общий генетический балл (или ОГБ). Наивысший ОГБ (83,4), выявлен у 6 спортсменов. Для всех испытуемых персонально были составлены отчеты по генотипированию. Полученные данные могут быть применены при генетическом тестировании детей с целью рекомендаций при выборе вида спорта, а еще для корректировки тренировочного процесса каратистов, включая и обучающихся в школе по карате г. Перми.

Ключевые слова: полиморфизм, аллельные варианты, ген, *NOS3*, *PPARGC1A*, общий генетический балл ОГБ, выносливость, карате, школа по карате г. Перми.

Спортивный отбор считается важным структурным компонентом долголетней подготовки спортсмена. В высочайшей конкурентной борьбе победит тот спортсмен, который наиболее приспособлен к специфическим особенностям конкретного вида спорта [8]. Для восточных единоборств, подобных карате, важны следующие физические качества: скорость, сила, общая выносливость, гибкость [4]. Одним из главных для каратистов считается качество «выносливость». Выявление аллельных вариантов генов основано на положении о том, что полиморфизм гена имеет возможность воздействовать на интенсивность метаболических процессов [7]. Карате считается ациклическим типом спорта [5], который выделяется широким диапазоном разнообразных физических нагрузок. У спортсменов, занимающихся карате в г. Перми, раньше были исследованы гены *AMPD* и *COMT*, связанные с качеством «скорость/сила» [2]. Для молекулярно-генетического анализа каратистов отобраны 2 гена: *NOS3* (nitric oxide synthase 3) и *PPARGC1A* (Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha). Ген *NOS3* воздействует на регуляцию у спортсменов мышечной силы, а второй ген влияет на деятельность сердца и тонус сосудов [11].

Эти гены ассоциированы с качеством выносливость и их аллельные варианты не исследованы у каратистов с различной спортивной успешностью [1].

Цель данной работы – изучить полиморфные варианты двух генов *NOS3* и *PPARGC1A*, ассоциированных с развитием и проявлением качества выносливость, у каратистов 2-х групп с разной спортивной квалификацией, в возрасте от 12 до 20 лет, занимающихся карате в МБОУ ДОД «СДЮШОР по карате» г. Перми.

Генотипирование проведено у 56 спортсменов, занимающихся карате в МБОУ ДОД «СДЮШОР по карате» г. Перми, которая обладает статусом школы олимпийского резерва. Среди испытуемых 49 лиц мужского пола и 7 – женского пола. Полиморфизм избранных для исследования генов не связан с полом [9]. В число испытуемых входили 1 мастер спорта, 11 кандидатов в мастера спорта, 13 спортсменов с разными взрослыми и 29 с разными юношескими разрядами. Спортсмены в связи со спортивной успешностью были разбиты на 2 группы: в первую группу «Каратисты I» были отобраны 25 спортсменов со 2-м и 3-м взрослыми разрядами, а еще КМС и МС, из них 21 каратист мужского пола и 4 женского пола в возрасте от

13 до 20 лет; 2-я группа «Каратисты II» включала 31 человека, имеющих 1-й, 2 и 3-й юношеские разряды, из них 28 лиц мужского пола и 3 женского пола в возрасте от 12 до 16 лет. Все испытуемые были ознакомлены с условиями опыта и подтвердили письменно свое добровольное согласие на генотипирование. Забор буккального эпителия у каратистов для генетического анализа проводили посредством соскоба эпителиальных клеток ротовой полости разовыми цитологическими щетками. ДНК выделяли сорбентным методом с помощью набора «Проба ГС», изготовленного группой компаний «ДНК-Технология» (Россия). Для проведения молекулярно-генетического анализа 2-х генов у каратистов было выделено 56 проб ДНК. Концентрацию и качество проб ДНК определяли на спектрофотометре SpectrofotometrTM NanoDrop 2000 («Thermoscientific», USA). Для проведения ПЦР брали пробы ДНК с концентрацией 5 мг/мл. ДНК имела соответствие экстинций 260 нм/280 нм, равное 1.8, то есть являлись чистыми. У спортсменов, занимающихся карате, изучены полиморфные варианты 2-х генов, ассоциированных с развитием и проявлением физического качества «выносливость», такие как полиморфизм G894T гена *NOS3* [12] и Gly482Ser гена *PPARGC1A* [10].

Для выявления полиморфизма G894T гена *NOS3* ПЦР осуществлялась по такой программе: предварительная денатурация 95°C – 5 мин.; 40 циклов: 95°C – 1 мин., 56°C – 1 мин., 72°C – 1 мин.; завершающая элонгация 72°C – 1 мин.; температура отжига от 55 до 57°C. Для выявления этого полиморфизма аликвоты ПЦР дополнительно инкубировали совместно с эндонуклеазой рестрикции *Eco24I* фирмы «Thermo Fisher Scientific». В ПЦР получают 3 фрагмента ДНК. Присутствие одного фрагмента ДНК длиной 248 п.н. соответствует генотипу Glu/Glu, двух фрагментов (158 и 90 п.н.) – гомозиготе Asp/Asp, трех фрагментов (90, 158 и 248 п.н.) – гетерозиготе Glu/Asp. Для выявления полиморфизма 2-х генов, влияющих на проявление выносливости, в состав смеси для ПЦР добавляли прямой и обратный праймеры (табл. 1).

Полиморфизм Gly482Ser гена *PPARGC1A* детектировали по следующей программе ПЦР: предварительная денатурация при 95°C – 8 мин.; 40 циклов амплификации: 94°C – 45 с., 50°C – 45 с., 72°C – 2 мин.; завершающий синтез 72°C – 10 мин;

температура отжига праймера – от 50 до 52°C. Для выявления однонуклеотидных замен ампликоны инкубировали совместно с эндонуклеазой рестрикции для *PPARGC1 – MspI* («Thermo Fisher Scientific», USA).

Продукты рестрикции генов *NOS3* и *PPARGC1A* фракционировали при помощи электрофореза в 2% агарозном геле с дальнейшей окраской бромистым этидием и фотографированием в системе геледокументации Gel Doc XR («Bio-Rad», USA) в проходящем ультрафиолетовом свете. Для определения длины фрагментов воспользовались маркером молекулярной массы (50 bp +1.5 + 3 Kb DNA Ladder; «ООО-СибЭнзим-М», г. Москва). Определение длин фрагментов проводилось при помощи программы Quantity One 4.6.2 («Bio-Rad», USA). Оценка генетической склонности к выносливости на основании генного профиля проведена посредством расчета «общего генетического балла» или же ОГБ [13]. Статистическая обработка осуществлена при помощи пакета прикладных программ STATISTICA 6.0. При сопоставлении данных различия считали достоверными при уровне значимости $p < 0,05$.

При определении полиморфизма G894T гена *NOS3* у 56 спортсменов г. Перми, занимающихся карате, установлено, что частота аллелей G и T в группе I более успешных каратистов составила 0.32 (аллель G) и 0.68 (аллель T), а в группе II каратистов с меньшей успешностью – 0.25 и 0.74 (табл. 2). Генотип G/G, при котором наблюдается высокая активность эндотелиальной NO-синтазы и высокий уровень продукции монооксида азота, что не нарушается баланс продукции эндотелиальных вазоактивных факторов, обнаружен у 6 (10.7%) спортсменов. Генотип G/T, которому соответствуют средняя активность эндотелиальной NO-синтазы и средний уровень продукции монооксида азота, вследствие чего нарушается баланс продукции эндотелиальных вазоактивных факторов, был детектирован у 15 (26.8%) каратистов. Самый неблагоприятный генотип T/T, при котором отмечается низкая активность эндотелиальной NO-синтазы и снижение продукции монооксида азота, вследствие чего нарушается баланс продукции эндотелиальных вазоактивных факторов, был выявлен у большинства испытуемых – у 35 (62.5%) каратистов.

Таблица 1

Праймеры двух генов, ассоциированных у спортсменов с выносливостью

№ п/п	Ген/полиморфная позиция	Последовательность праймера от 5' к 3' (прямой и обратный)	Источник
1.	<i>NOS3</i> /G894T	AAGGCAGGAGACAGTGGATGGA CCCAGTCAATCCCTTGGTGCTCA	Gomez-Gallego, Ruiz, 2009
2.	<i>PPARGC1A</i> /Gly482Ser	GAGCCGAGCTGAACAAGCAC GGAGACACATTGAACAATGAATAGATTG	Eynon et al., 2009

Примечание: ген *NOS3* – nitric oxide synthase 3, G894T – полиморфная позиция гена *NOS3*; *PPARGC1A* – Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha, Gly482Ser – полиморфная позиция гена *PPARGC1A*.

Иная картина распределения генотипов наблюдается, если анализ проводить в соответствии с группами классификации каратистов (табл. 2). Частота более благоприятного для развития и проявления выносливостигенотипа G/G в I успешной группе каратистов равнялась 0.24 (6 человек), гетерозиготы G/T – 0.16 (4 спортсмена). Менее благоприятный для формирования выносливости генотип T/T превалировал в этой группе и достиг 0.60 (15 каратистов). Во II группе не отмечен ни один каратист с благоприятным генотипом G/G. Гетерозиготный же генотип G/T проявлялся чаще (его частота 0.36, – 11 спортсменов), чем в I группе. А вот генотипа T/T выявился также как и у более квалифицированных каратистов I группы с высокой частотой, которая даже превысила подобную частоту титулованных каратистов и достигла 0.64 (20 каратистов).

Анализ частот генотипов и аллелей гена *NOS3* у спортсменов-каратистов I группы с более высокими спортивными разрядами по сравнению со II группой с низкими разрядами показал значимые различия этих показателей только по более благоприятному генотипу G/G ($F_{\text{оп}}: 3.71 > 1.96$ при $p=0.05$). Различия частот остальных генотипов, а также аллелей исследуемого гена между группами разной квалификации незначимы (табл. 2).

В итоге, в I группе с высокой квалификацией благоприятным для проявления выносливости генотипом G/G обладали 24.0% каратистов; а во II группе с невысокой квалификацией не обнаружены спортсмены с этим столь важным для каратистов генотипом. В связи с этим, генотип G/G может быть использован в тест-системах для выявления генетической предрасположенности к формированию выносливости при занятиях карате. При изучении проявления качества выносливость установлено, что каратисты из Перми с более благоприят-

ным генотипом G/G гена *NOS3* достигли большей спортивной успешности. Вместе с тем, в видах спорта с преобладанием скоростно-силовых качеств не отмечены значимые различия по частоте встречаемости генотипов этого же гена *NOS3* [6].

Анализ полиморфной позиции Gly482Ser гена *PPARGC1A* у 56 каратистов выявил в I группе высокую частоту аллеля Gly (0.8) и низкую частоту аллеля Ser (0.2). Во II же группе каратистов частота аллелей Gly еще выше (0.9), чем в I; соответственно частота аллеля Ser уменьшилась до 0.1 (табл. 2). Генотип Gly/Gly гена *PPARGC1* выявлен у 47 человек, т.е. характеризуется высокой частотой (0.84). При данном генотипе в организме спортсмена наблюдается увеличенное число митохондрий в клетках и усиление окисления жирных кислот. Генотип Gly/Ser был выявлен у 6 спортсменов (частота 0.11). У носителя генотипа Gly/Ser формируется среднее число митохондрий в клетках и, в соответствии с этим, ему присуща средняя степень окисления жирных кислот. Генотип Ser/Ser, при котором отмечается пониженное число митохондрий в клетках и низкая же степень окисления жирных кислот, был определен лишь у 3 каратистов, то есть найден с минимальной частотой 0.05. Частота благоприятного для формирования выносливости генотипа Gly/Gly в I группе каратистов высокой квалификации составила 0.72 (18 человек), гетерозиготы Gly/Ser – 0.16 (4 спортсменов), а менее благоприятного генотипа Ser/Ser – лишь только 0.12 (3 каратиста). Вместе с тем, частота благоприятного генотипа Gly/Gly во II группе с низкой квалификацией каратистов увеличилась до 0.93 (29 человек), а гетерозиготного генотипа Gly/Ser уменьшилась до 0.07 (2 спортсмена). Отчасти повышение гомозиготного генотипа Gly/Gly объясняется тем, что генотип Ser/Ser не был обнаружен у спортсменов II группы.

Таблица 2

Частоты аллелей и генотипов двух генов у каратистов с разной квалификацией

№ п/п	Аллель или генотип	Группа спортивной квалификации		Частота в общей выборке	$F_{\text{on}} \leq F_{\text{st}}$
		Каратисты I	Каратисты II		
Ген <i>NOS3</i>					
1	G	0.32	0.25	0.24	0.52<1.96
2	T	0.68	0.75	0.76	0.52<1.96
3	G/G	0.24 (6)	0	0.11 (6)	3.71>1.96
4	G/T	0.16 (15)	0.36 (11)	0.27 (36)	1.64<1.96
5	T/T	0.60 (35)	0.64 (20)	0.62 (55)	0.04<1.96
Ген <i>PPARGC1A</i>					
1	Gly	0.80	0.96	0.9	2.05> 1.96
2	Ser	0.20	0.03	0.1	2.05> 1.96
3	Gly/Gly	0.72 (18)	0.93 (29)	0.84 (37)	2.16> 1.96
4	Gly/Ser	0.16 (4)	0.07 (2)	0.11 (6)	1.12< 1.96
5	Ser/Ser	0.12 (3)	0	0.05 (3)	2.56> 1.96

Примечание: G/G, G/T, T/T – генотипы гена *NOS3*; G, T – аллели гена *NOS3*; Gly/Gly, Gly/Ser, Ser/Ser – генотипы гена *PPARGC1A*; Gly, Ser, – аллели гена *PPARGC1A*; Каратисты I – спортсмены, имеющие высокие спортивные разряды (МС, КМС, взрослые разряды); Каратисты II – спортсмены, имеющие низкие спортивные разряды (юношеские разряды); $F_{\text{оп}}$ – F-критерий Фишера. $F_{\text{ст}}$ – критерий Фишера стандартный (при $p=0.05$); в скобках указано число спортсменов.

Анализ частот аллелей и генотипов гена *PPARGC1A* у спортсменов-каратистов I группы с высокой результативностью при сопоставлении с II группой с низкой результативностью констатировал значимые различия по генотипу Gly/Gly и Gly/Ser ($F_{\text{оп.}}: 2.16 > 1.96$; $F_{\text{оп.}}: 2.56 > 1.96$ при $p=0.05$) меж сравниваемыми группами (табл. 2). Так же были выявлены значимые различия аллелей Gly ($F_{\text{оп.}}: 2.05 > 1.96$ при $p=0.05$) и Ser ($F_{\text{оп.}}: 2.05 > 1.96$ при $p=0.05$) между группами каратистов с разными рядами.

Установлено, что у группы спортсменов с более высокой квалификацией (Каратисты I) по сравнению с группой с невысокой квалификацией (Каратисты II) достоверно различаются частоты только двух генотипов: благоприятного для проявления выносливости генотипа G/G гена *NOS3* (частота 0.24 против 0) и неблагоприятного же генотипа Gly/Gly гена *PPARGC1A* (0.12 против 0). В изученной выборке спортсменов не отмечены каратисты с предельным ОГБ_выносливость, равным 100 баллам, также как и с минимальным его значением (0). У 6 каратистов выявлен наивысший ОГБ (83.4). Практически у пятидесяти процентов каратистов (а именно у 24 человек) выявлен средний показатель – 50 баллов. Только у 2-х спортсменов отмечен самый низкий ОГБ (16.7 балла) и им рекомендуется невысокий темп тренировок.

Таким образом, при анализе полиморфизма гена *PPARGC1A*, ассоциированного с качеством выносливость, у 56 каратистов г. Перми было установлено следующее соотношение генотипов: Gly/Gly (84.0%); Gly/Ser (10.7%); Ser/Ser (5.3%). Анализ полиморфных вариантов гена *NOS3* у спортсменов, занимающихся карате, выявил следующие сочетания генотипов: G/G (10.7%), G/T (26.8%), T/T (62.5%). У группы спортсменов с более высокой квалификацией по сравнению с каратистами с низкой квалификации выявлены благоприятные генотипы для проявления выносливости G/G гена *NOS3* (частота 0.24 против 0) и генотип Gly/Gly гена *PPARGC1A* (0.12 против 0). Эти генотипы совместно с другими генотипами, проявляющимися при формировании необходимых каратисту физических качеств, могут быть использованы при генетическом тестировании детей для рекомендаций при выборе вида спорта. Кроме этого, созданная тест-система может быть использована для коррективки тренировочного процесса в спорте высоких достижений, в т.ч. и в школе олимпийского резерва, школе по карате г. Перми. Для прогноза развития физических качеств у спортсме-

нов и спортивной успешности большую роль играет комплекс показателей [3], включая данные о генотипировании, что способствует повышению качества тренировочного процесса и мониторинга за состоянием здоровья спортсмена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В. С., Иващенко Т. Э., Баранова Е. В., Асеев М. В., Глотов А. С., Глотов О. С. Генетический паспорт основа индивидуальной и предиктивной медицины / под ред. В. С. Баранова. СПб.: изд-во Н-Л. 2009. 527 с.
2. Гаврикова Е. П. Влияние полиморфных вариантов генов на результат спортсменов, занимающихся каратэ // Фундаментальные и прикладные исследования в биологии и экологии: мат-лы рег. студ. науч. конф. 2015. С. 5–7.
3. Дятлов Д. А., Пушкарев В. П., Пушкарев Е. Д., Яровинский Б. Г. Заниматься физической культурой и спортом в XXI в. без медицинского контроля опасно для здоровья // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. 2014. Т. 3. №3. С. 50–55.
4. Иванов А. В., Смирнов Ю. А., Осолков В. А. Карате. Спортивно-техническая и физическая подготовка // Учебно-метод. Пособ. по развитию физических, технико-тактических и психологических качеств спортсмена единорнца. Волгоград, 2007. 66 с.
5. Матвеев Л. П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов. Киев: Олимпийская литература, 1999. С. 318.
6. Пушкарев В. С., Страмбовская Н. Н., Четверяков А. В., Ляпунов А. К. и др. Генетический полиморфизм, ассоциированный со спортивной успешностью, и его взаимосвязь с некоторыми фенотипическими признаками у спортсменов-любителей в Забайкальском крае // Забайкальский медицинский вестник. 2015. №2. С. 81–88.
7. Рогозкин В. А., Астратенкова И. В., Дружевская А. М., Федотовская О. Н. и др. Гены-маркеры предрасположенности к скоростно-силовым видам спорта // Теория и практика физической культуры. 2005. №1. С. 2–4.
8. Скорина А. А. Прогнозирование наследственной предрасположенности к скоростно-силовой работе в каратэ на основе генетических маркеров // Здоровье для всех: мат-лы V Междунар. научно-практ. конф. Пинск, 25–26 апреля 2013 г.: в 2 ч. Ч. I / Национальный банк Республики Беларусь. Полесский государственный университет; редкол. К. К. Шебеко [и др.]. Пинск: ПолесГУ, 2013. С. 239–243.
9. Charbonneau D. E., Hanson A. T. ACE genotype and the muscle hypertrophic and strength responses to strength training // Med. and Sci. in Sports and Exercise. 2008. V. 40, №4. P. 677–683.
10. Eynon N., Meckel Y., Sagiv M., Yamin C., Amir R., Sagiv M., Goldhammer E., Duarte J. A. Do *PPARGC1A* and *PPAR* alpha polymorphisms influence sprint or endurance phenotypes? // J. Med. Sci. Sports. 2009. 21 p.
11. Finck B. N., Kelly D. P. *PGC-1* coactivators: inducible regulators of energy metabolism in health and disease // J. Clin. Invest. 2006. V. 116. P. 615–622.
12. Gómez-Gallego F., Ruiz J. R., Buxens A. et al. The-786 T/C polymorphism of the *NOS3* gene is associated with elite performance in power sports // European journal of applied physiology. 2009. P. 73–78.
13. Williams, A. G. Similarity of polygenic profiles limits the potential for elite human physical performance / A. G. Williams, J.P. Folland // J. Physiol. 2008. V. 586. P. C. 113–121.

Поступила в редакцию 21.01.2018 г.

A STUDY OF ALLELIC VARIANTS OF GENES ASSOCIATED WITH ENDURANCE (BASED ON GENETIC MATERIAL OF KARATE SPORTSMEN OF DIFFERENT QUALIFICATIONS)

© E. P. Gavrikova², M. Yu. Burlutskaya¹, Yu. S. Vasileva¹, S. V. Boronnikova^{1*}

¹Perm State University
15Bukirev Street, 614990 Perm, Russia.

²INVITRO-Ural
275 Rossiiskaya Street, 454091 Chelyabinsk, Russia.

Phone: +7 (922) 3218483.

*Email: svboronnikova@yandex.ru

Allelic variants of two genes associated with the development and manifestation of endurance were studied on 56 sportsmen (12 to 20 years old), who are engaged in karate at the karate school of the Olympic reserve of the city of Perm. The polymorphism of the NOS3 (nitric oxide synthase 3) and PPARGC1A genes (peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha) was studied. The gene NOS3 affects the regulation of muscle strength of sportsmen and the second gene affects the activity of the heart and the tone of the blood vessels. With the help of PCR, the alleles of two genes were identified, the frequencies of which were calculated; genotypes were determined and their proportions in the groups of the studied athletes were defined. The analysis of genetic data was conducted in two groups of people, singled out on the basis of sports qualification. The first group included athletes of high qualifications such as masters of sports, candidates for master of sports, and karatekas having adult ranks. The second group represented the athletes of junior ranks. The comparison of genetic data of these groups revealed significant differences in development of the G/G genotype of the NOS3 gene and the Gly/Gly genotype of the PPARGC1A gene, both of which influence the endurance of sportsmen. For the studied karatekas, a generalized indicator was calculated, a total genetic value (TGV). The highest score of TGV (83.4) was noted for six sportsmen. For all of the studied athletes, personal reports representing the results of genotyping were formed. The results of the study can be used for genetic testing of children to make recommendations at choosing sports and to personalize training process.

Keywords:polymorphism, allelic variants of gene, NOS3, PPARGC1A, total genetic value, endurance, karate, karate school in Perm.

Published in Russian. Do not hesitate to contact us at bulletin_bsu@mail.ru if you need translation of the article.

REFERENCES

1. Baranov V. S., Ivashchenko T. E., Baranova E. V., Aseev M. V., Glotov A. S., Glotov O. S. Geneticheskii pasport osnova individual'noi i prediktivnoi meditsiny [Genetic passport as the basis of individual and predictive medicine]. Saint Petersburg: izd-vo N-L. 2009.
2. Gavrikova E. P. Fundamental'nye i prikladnye issled-ya v biologii i ekologii: mat-ly reg. stud. nauch. konf. 2015. Pp. 5–7.
3. Dyatlov D. A., Pushkarev V. P., Pushkarev E. D., Yarovinskii B. G. Nauchno-sportivnyi vestnik Urala i Sibiri. 2014. Vol. 3. No. 3. Pp. 50–55.
4. Ivanov A. V., Smirnov Yu. A., Oskolkov V. A. Karate. Sportivno-tekhnicheskaya i fizicheskaya podgotovka. Uchebno-metod. Posob. po razvitiyu fizicheskikh, tekhniko-takticheskikh i psikhologicheskikh kachestv sport-smena edinoborts. Volgograd, 2007.
5. Matveev L. P. Osnovy obshchei teorii sporta i sistemy podgotovki sport-smenov [Fundamentals of the general theory of sports and the system of training athletes]. Kiev: Olimpiiskaya literatura, 1999. Pp. 318.
6. Pushkarev B. S., Strambovskaya N. N., Chetveryakov A. V., Lyapunov A. K. Zabaikal'skii meditsinskii vestnik. 2015. No. 2. Pp. 81–88.
7. Rogozkin V. A., Astratenkova I. V., Druzhevskaya A. M., Fedotovskaya O. N. Teoriya i praktika fizicheskoi kul'tury. 2005. No. 1. Pp. 2–4.
8. Skorina A. A. Zdorov'e dlya vsekh: mat-ly V Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. Pinsk, 25–26 aprelya 2013 g.: v II ch. Ch. I. Pinsk: PolesGU, 2013. Pp. 239–243.
9. Charbonneau D. E., Hanson A. T. Med. and Sci. in Sports and Exercise. 2008. Vol. 40, No. 4. Pp. 677–683.
10. Eynon N., Meckel Y., Sagiv M., Yamin C., Amir R., Sagiv M., Goldhammer E., Duarte J. A. J. Med. Sci. Sports. 2009.
11. Finck B. N., Kelly D. P. J. Clin. Invest. 2006. Vol. 116. Pp. 615–622.
12. Gómez-Gallego F., Ruiz J. R., Buxens A. European journal of applied physiology. 2009. Pp. 73–78.
13. Williams, A. G. J. Physiol. 2008. Vol. 586. P. Pp. 113–121.

Received 21.01.2018.