

СТАТЬЯ

УДК 612.176.4

ВЛИЯНИЕ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ И ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА СТУДЕНТОВ НА РЯД ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ФИЗИЧЕСКОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ

Аюпова А.Р., Исаева Е.Е., Каюмова А.Ф., Шамратова В.Г.

*ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет», Уфа,
e-mail: gamma151095@gmail.com, agent373@mail.ru, annikachka@live.ru, shamratovav@mail.ru*

Характер адаптационных изменений, обеспечивающих способность человека переносить физические нагрузки, определяется, как известно, наследственной предрасположенностью и средовыми факторами. Информативным генетическим маркером считается инсерционно-делеционный полиморфизм гена *ACE*, так как установлены ассоциации аллеля I гена *ACE* с высокими значениями максимального потребления кислорода и гемодинамическими параметрами. С другой стороны, адаптационные перестройки в условиях напряженной деятельности зависят от эмоциональной устойчивости организма. В работе представлены данные о раздельном и сочетанном влиянии наследственного и психоэмоционального факторов на параметры резервных возможностей сердечно-сосудистой системы (ССС) и физической выносливости здоровых студентов. У обследованных юношей (n = 165) и девушек (n = 141) 19–22-летнего возраста определяли показатели деятельности ССС (индекс Робинсона, коэффициент выносливости, коэффициент экономичности кровообращения, вегетативный индекс Кердо), уровень физического состояния и кардиореспираторный индекс в модификации Самко (КРИС). КРИС определяли в адинамической и динамической фазах (после выполнения дозированной физической нагрузки), а также рассчитывали КРИС%, характеризующий толерантность к физической нагрузке. Психоэмоциональный статус испытуемых оценивали по психологическим тестам. Установлено, что генотип II полиморфного варианта гена *ACE* ассоциируется с высоким уровнем обменных процессов в миокарде, о чем свидетельствуют наиболее низкие значения индекса Робинсона у лиц с генотипом II, высокий уровень физического состояния и низкая величина КРИС%. В то же время у юношей с генотипом II I/D полиморфизма гена *ACE* повышенная эмоциональная реакция негативно отражается на состоянии миокарда, а также вызывает снижение физической выносливости при высоком и при умеренном уровне РТ.

Ключевые слова: I/D полиморфизм гена *ACE*, физическая выносливость, сердечно-сосудистая система, кардиореспираторный индекс, вегетативная нервная система

INFLUENCE OF HEREDITARY PREDISPOSITION AND PSYCHOLOGICAL STATUS OF STUDENTS ON A NUMBER OF PARAMETERS OF CARDIOVASCULAR ACTIVITY AND PHYSICAL ENDURANCE

Ayupova A.R., Isaeva E.E., Kayumova A.F., Shamratova V.G.

Bashkir State Medical University, Ufa, e-mail: gamma151095@gmail.com, agent373@mail.ru, annikachka@live.ru, shamratovav@mail.ru

The nature of adaptive changes that ensure a person's ability to endure physical activity depends, as you know, on hereditary predisposition and environmental factors. An insertion-deletion polymorphism of the ACE gene is considered to be an informative genetic marker, since associations of the ACE gene allele I with high values of maximum oxygen consumption and hemodynamic parameters have been established. On the other hand, adaptive restructuring in conditions of intense activity depends on the emotional stability of the organism. The paper presents data on the separate and combined influence of hereditary and psycho-emotional factors on the parameters of the reserve capacity of the cardiovascular systems (CVS) and physical endurance of healthy students. In the surveyed boys (n = 165) and girls (n = 141) aged 19–22 years, indicators of CVC activity were determined (Robinson index, endurance coefficient, circulatory efficiency coefficient, Kerdo vegetative index), the level of physical condition and cardiorespiratory index in Samko's modification (CRIS). CRIS was determined in the adynamic and dynamic phases (after performing dosed physical activity), and CRIS%, which characterizes exercise tolerance, was calculated. The psycho-emotional status of the subjects was assessed by psychological tests. It has been established that genotype II of the polymorphic variant of the ACE gene is associated with a high level of metabolic processes in the myocardium, as evidenced by the lowest values of the Robinson Index in individuals with genotype II, a high level of physical condition and a low CRIS. At the same time, in young men with genotype II I/D polymorphism of the ACE gene, an increased emotional reaction negatively affects the state of the myocardium, and also causes a decrease in physical endurance at high and moderate levels of reactive anxiety.

Keywords: I/D polymorphism of the ACE gene, physical endurance, cardiovascular system, cardio-respiratory index, autonomic nervous system

Индивидуальные различия в степени и характере адаптационных изменений, обеспечивающих способность человека переносить физические нагрузки, определяются, с одной стороны, наследственной предрасположенностью к мышечной деятельности [1, с. 286], с другой, влиянием средовых факторов. К числу генетических

маркеров, контролирующих формирование и проявление физических возможностей человека, относят, в частности, ген ангиотензин-превращающего фермента (*ACE*, ответственен за образование ангиотензина – II [2, с. 45]). Наиболее информативным с этой точки зрения считается инсерционно-делеционный полиморфизм гена *ACE*, связанный с делецией (D) или инсерцией (I) Alu повтора размером 287 п.н. в 16 интроне [3, с. 26]. Так, при интенсификации физических нагрузок выявлена ассоциация аллеля I гена *ACE* с параметрами внешнего дыхания и гемодинамического состояния [4, с. 39].

К факторам, обусловленным образом жизни, относится эмоциональная устойчивость организма, от которой зависит пластичность функциональных систем и их адаптационная перестройка в условиях напряженной деятельности. На психоэмоциональное состояние организма влияют как массовые экстремальные ситуации, социально-политические и экономические преобразования, так и вполне обыденные явления на фоне повседневной деятельности. У студентов, например, к расстройствам адаптации могут привести напряженный режим учебы, необходимость усвоения большого притока получаемой информации, психоэмоциональные перегрузки и др.

С учетом сказанного представляет интерес изучение влияния на резервные возможности сердечно-сосудистой системы и физическую выносливость организма наследственного фактора в сочетании с психоэмоциональным статусом студентов.

Целью настоящей работы явилось изучение некоторых показателей деятельности сердечно-сосудистой системы и физической выносливости у носителей разных генотипов I/D полиморфизма гена *ACE* в зависимости от психоэмоционального состояния юношей и девушек.

Материалы и методы исследования

Обследованы юноши ($n = 165$) и девушки ($n = 141$) 19–22-летнего возраста, признанные здоровыми согласно результатам ежегодного диспансерного осмотра (не имели определенных клинических проявлений

сердечно-сосудистых, острых респираторных и хронических заболеваний). Студенты подтвердили свое добровольное согласие на участие в эксперименте.

Выделение ДНК проводили с помощью набора реагентов «РеалБест Экстракция 100» (ЗАО «Вектор-Бест», Новосибирск) из суспензии клеток буккального эпителия в транспортном растворе. Амплификацию и плавление ее продуктов проводили на амплификаторе с флуоресцентной детекцией в режиме реального времени CFX96 Touch Real-Time PCR Detection System (Bio-Rad, США). Амплификация была проведена с помощью набора реагентов для определения генетических полиморфизмов Del287 гена *ACE* методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени с детекцией кривых плавления.

У всех испытуемых измеряли систолическое и диастолическое артериальное давление (САД, ДАД, мм рт. ст.), частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), максимальное давление выдоха (МДВ, мм рт. ст.), жизненную емкость легких (ЖЕЛ, л), максимальную задержку дыхания (МЗД, с). В соответствии с полученными данными производили расчет показателей, характеризующих функциональные возможности сердечно-сосудистой системы (ССС): коэффициент выносливости (КВ), индекс Робинсона (ИР), коэффициент экономичности кровообращения (КЭК), вегетативный индекс Кердо (ВИК).

Уровень физического состояния (УФС) – у здоровых юношей со средним уровнем физического состояния показатель варьирует в диапазоне 0,526–0,675, для девушек 0,366–0,475 усл. ед. Оценку физической выносливости производили посредством расчета кардиореспираторного индекса – КРИС (в модификации М. Самко). В адинамической фазе (КРИС ад.), которая соответствует 10-минутному отдыху, и в динамической фазе (КРИС д.) – после выполнения дозированной физической нагрузки на велотренажере в течение 5 мин со средней скоростью 20 км/ч (при дистанции 1600 м).

Формула для расчета кардиореспираторного индекса:

$$\text{КРИС} = (\text{ЖЕЛ} + \text{МДВ} + \text{МЗД} + \text{В}) / (\text{САД} + \text{ДАД} + \text{ЧСС}).$$

У спортсменов величина КРИС ад. составляет от 1,00 и выше; у нетренированных, но здоровых людей средний уровень колеблется от 0,80 до 0,90, низкий уровень составляет 0,70–0,60. У людей с различными расстройствами ССС и дыхательной системы – ниже 0,50.

Толерантность к физической нагрузке оценивалась с помощью определения процента снижения индекса (КРИС %) после выполняемой нагрузки, который рассчитывался по формуле:

$$\text{КРИС \%} = ((\text{КРИС ад.} - \text{КРИС д.}) \times 100\%) / \text{КРИС ад.}$$

У хорошо тренированных людей наблюдалось уменьшение величины КРИС до 15% исходной величины, у нетренированных, но практически здоровых людей – на 16–30%, а у людей с различными сердечно-сосудистыми и дыхательными расстройствами – на 31–65%.

Для оценки психоэмоционального состояния использовался опросник реактивной тревоги (РТ) и личностной тревожности (ЛТ) Спилберга – Ханина, оценивающий личностную тревожность как устойчивую характеристику человека и реактивную тревогу как уровень тревожности в данный момент.

Статистическую обработку результатов осуществляли посредством программного обеспечения Statistica 10.0. Для изучения влияния наследственного фактора, уровня тревожности и пола использовался трехфакторный дисперсионный анализ с градациями: полиморфные варианты гена *ACE* – I/I, I/D, D/D; уровень личностной и реактивной тревоги – низкий, средний, высокий; пола – мужской, женский.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам трехфакторного дисперсионного анализа было выявлено достоверное как раздельное влияние генетического фактора, уровня тревожности и пола, так и их сочетания на ряд показателей деятельности ССС и физической выносливости организма (таблица).

В ходе исследования (таблица) установлено раздельное влияние генетического фактора на ИР, УФС, КРИС%; психологического состояния – на ВИК; пола – на КВ, ВИК, КРИС ад. Ранее нами было показано влияние пола на фенотипические признаки, которые контролируются I/D полиморфизмом гена *ACE* [5]. Совместное влияние наследственной предрасположенности

сказывалось на ВИК и КРИС%, I/D полиморфизма гена *ACE* и пола – на ВИК, пола и психологического состояния – КРИС ад. Одновременно три учтенных фактора действовали на ИР и КРИС ад. Более детальная картина была получена при сравнении средних величин показателей. Так, показано, что ИР и УФС существенно различались у носителей разных генотипов I/D полиморфизма гена *ACE* (рис. 1). Согласно полученным данным (рис.1, а), лица, являющиеся носителями генотипа DD, имели наиболее высокие значения индекса Робинсона (в среднем 95 у.е.), свидетельствующие о пониженном уровне потребления кислорода миокардом. При этом лица с генотипом II отличались самым низким уровнем данного показателя (в среднем 80 у.е.), что говорило о более активном уровне энергетического метаболизма. Обладатели гетерозиготного генотипа занимали по этому признаку промежуточное положение. Сравнение среднegrupповых величин УФС (рис. 1, б) выявило у юношей – носителей генотипа II более высокие значения по сравнению с носителями генотипа DD. Низкие величины УФС при генотипе DD совпадали с ухудшением энергообеспечения миокарда у носителей этого генотипа.

Состояние и резервы ССС сказываются на физической выносливости, что нами было продемонстрировано при анализе КРИС: значимое влияние генетического фактора было обнаружено в отношении толерантности к физической нагрузке. У носителей генотипа II КРИС% в среднем составляло 12%, что было значимо ниже, чем при генотипе DD (23%), свидетельствуя о более высокой толерантности к физической нагрузке у обладателей II варианта I/D полиморфизма гена. Гетерозиготный генотип по этому параметру (18%) значимо не отличался от носителей генотипа II и DD.

Влияние генотипа, уровня тревожности, пола и сочетания этих факторов на показатели ССС и физической выносливости

Параметры	ACE	ЛТ по Спилбергу – Ханину	Пол	ACE*РТ	Пол*ACE	Пол*РТ	Пол*ACE*РТ
ИР	$p \leq 0,01$						$p \leq 0,01$
КВ			$p \leq 0,01$				
КЭК	$p \leq 0,01$						
ВИК		$p \leq 0,01$	$p \leq 0,01$	$p \leq 0,01$	$p \leq 0,01$		
УФС	$p \leq 0,01^*$						
КРИС ад.			$p \leq 0,01$			$p \leq 0,01$	$p \leq 0,01$
КРИС дин.							
КРИС %	$p \leq 0,01$			$p \leq 0,01$			

Примечание. Отмечены только достоверные влияния ($p < 0,05$).

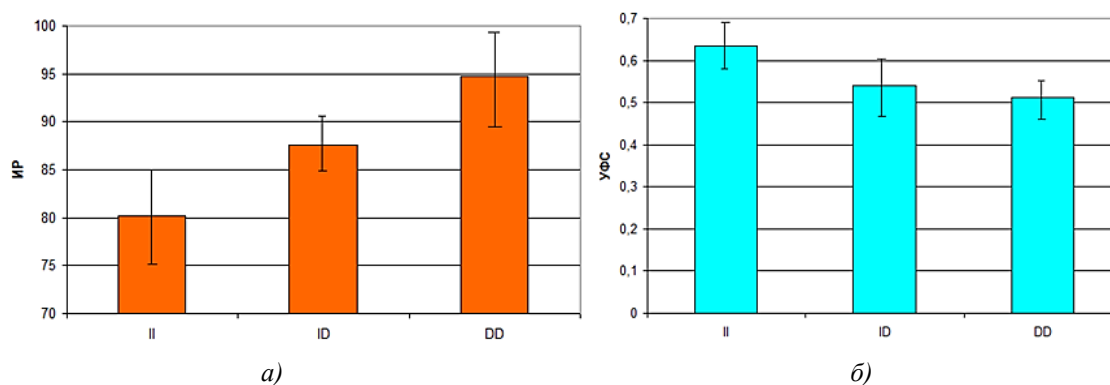


Рис. 1. Значение параметров у обследуемых с I/D полиморфными вариантами гена ACE: а) индекс Робинсона; б) уровень физического состояния

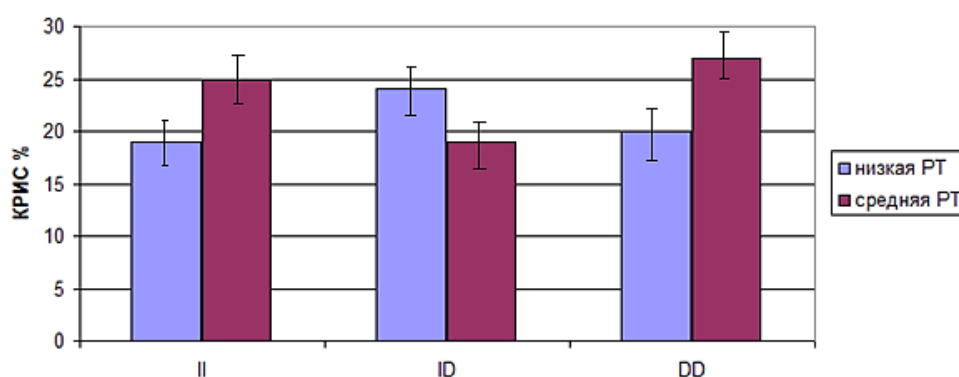


Рис. 2. Средние величины КРИС% у студентов с I/D полиморфными вариантами гена ACE при разном уровне реактивной тревожности

Что касается влияния психологического статуса, то здесь обнаружилось достоверное влияние на ВИК. Личностная тревожность (ЛТ), являющаяся устойчивой индивидуальной характеристикой личности, имела повышенные значения у студентов с преобладанием ваготонии.

Совместное влияние наследственного фактора и психологического статуса (РТ) обнаружено по отношению к КРИС%. Уровень реактивной тревожности не влияет на толерантность к физической нагрузке при гетерозиготном генотипе ACE, тогда как при гомозиготных вариантах II и DD возрастание РТ обуславливало снижение выносливости ССС по отношению к физической нагрузке (рис. 2).

Кроме того, генетический фактор сочетанно с психологическим статусом (уровень РТ) влиял на величину ВИК. При низкой и умеренной тревожности генотип практически не влиял на тонус вегетативной нервной системы. В то же время при высоком уровне тревожности у обла-

дателей генотипа DD наблюдалось усиление симпатических влияний, а у лиц с гетерозиготным вариантом происходил резкий сдвиг в сторону ваготонии. Причем лицам с генотипом II был свойственен в большей степени, чем обладателям аллели D, сбалансированный механизм регуляции тонуса ВИК.

Сочетанное влияние трех изученных факторов – I/D полиморфизма гена ACE, реактивной тревожности и пола – продемонстрировано для двух показателей: индекса Робинсона и Крис ад. Наличие гендерных особенностей влияния изученных факторов на ИР показано на рис. 3. У юношей – носителей генотипа II отчетливо проявлялась роль психологического состояния, в то время как у девушек генотипических различий при разном психоэмоциональном статусе не было выявлено.

Представленные данные подтверждают сравнение средних групповых значений ИР у носителей разных генотипов у юношей и девушек (рис. 4).

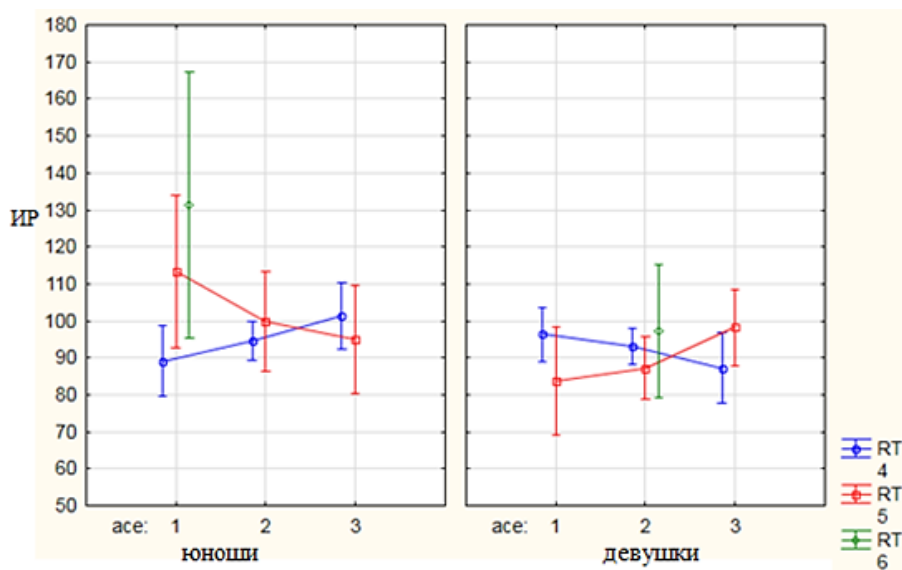


Рис. 3. Совместное влияние пола, гена ACE (1 – II, 2 – ID, 3 – DD) и реактивной тревожности (4 – низкая, 5 – средняя, 6 – высокая) на индекс Робинсона

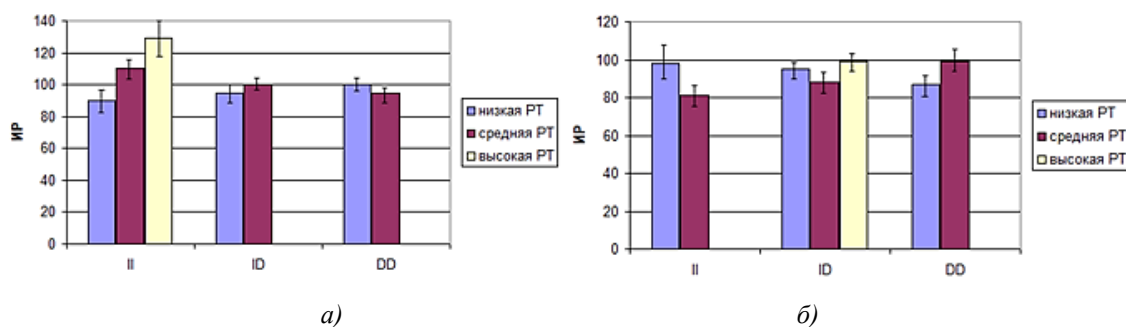


Рис. 4. Величины индекса Робинсона при генотипах I/D полиморфизма гена ACE: а) у юношей; б) у девушек

У юношей при генотипе II низкий уровень тревожности соответствует более низкому значению ИР, что характеризовало высокую активность метаболических процессов в организме. Высокий уровень РТ сочетался, наоборот, с высокими величинами ИР. У девушек генотипические особенности варьирования ИР в зависимости от психологического статуса были выражены слабее.

При анализе совместного влияния I/D полиморфизма гена ACE, РТ и пола на КРИС ад. установлено, что вклад генотипа в варьирование КРИС ад. как у юношей, так и у девушек проявлялся только при низком и среднем уровнях тревожности. В наибольшей степени эмоциональное состояние влияло на физическую выносливость юношей при генотипе II.

Заключение

С помощью дисперсионного анализа и путем сравнения средних величин показателей установлено, что генотип II полиморфного варианта гена ACE ассоциируется с более высоким уровнем обменных процессов в миокарде (ИР), физического состояния (УФС) и толерантности к физическим нагрузкам (КРИС%). Известно, что продукт гена ACE является ключевым звеном в процессах вазоконстрикции и вазодилатации. Неоднократно высказывалось предположение, что у спортсменов – носителей аллеля I при генотипе II пониженный синтез ангиотензина II в стенках сосудов позволял более эффективно выполнять физические упражнения благодаря лучшему снабжению тканей и органов кислородом [6, с. 189]. Определение параметров КРИС,

характеризующих как физическую выносливость, так и толерантность к физическим нагрузкам действительно подтверждает более высокие физические возможности у носителей генотипа II не только у спортсменов, но и у лиц, профессионально не занимающихся спортом.

Участие средовых факторов в обеспечении адаптационных изменений при физических нагрузках было изучено нами на примере психоэмоционального статуса студентов. Выяснилось, что взаимодействие психологического состояния и наследственного фактора в наибольшей степени проявлялось у носителей генотипа II. Причем имеют место гендерные особенности. В ходе эксперимента установлено, что возрастание уровня РТ у носителей генотипа II резко ухудшает энергообеспечение миокарда, о чем свидетельствовало существенное повышение величины ИР. При этом анализ ассоциации с КРИС ад. и полиморфизма гена *ACE* при генотипе II у юношей продемонстрировал снижение физической выносливости не только при высоком, но и при умеренном уровне РТ.

Проведенное исследование показало, что при высокой значимости генетического фактора психологическая неустойчивость

может внести существенный вклад в состояние адаптационных механизмов и физическую выносливость организма.

Список литературы

1. Papadimitriou L.D. ACTN3 R577X and ACE I/D gene variants influence performance in elite sprinters: a multi-cohort study. *BMC Genomics*. 2016. Vol. 17. P. 285–293.
2. Ahmetov I.I., Egorova E.S., Gabdrakhmanova L.J., Fedotovskaya O.N. Genes and Athletic Performance: An Update. *Genetics and Sports*. 2016. Vol. 61. P. 41–54.
3. Rigat B. PCR detection of the insertion/deletion polymorphism of the human ACE gene (DCP1). *Nucl. Acids Res.* 1990. No. 20. P. 14–33.
4. Илютик А.В., Иванова Н.В., Рубчя И.Н., Гилеп И.Л., Шераш Н.В. Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы высококвалифицированных конькобежцев в зависимости от полиморфизма генов *BDKRB2*, *ACE*, *NOS3* // *Вестник ВДУ*. 2014. № 3 (81). С. 35–41.
5. Аюпова А.Р., Шамратова В.Г., Исаева Е.Е. Гендерные особенности фенотипического проявления I/D полиморфизма гена АПФ (на примере показателей сердечно-сосудистой системы и физической выносливости) // *Современные проблемы науки и образования*. 2018. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27850> (дата обращения: 29.06.2022).
6. Леконцев Е.В., Гумерова О.В., Воробьева Е.В. Ассоциация полиморфизма в гене *ACE* и уровня максимального потребления кислорода у человека: материалы девятой Всероссийской медико-биологической конференции молодых исследователей «Человек и его здоровье». СПб., 2006. С. 188–189.