

УДК 612. 146. 4

**ОСОБЕННОСТИ КИСЛОРОДТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА
У ЛИЦ С РАЗНЫМИ ПОЛИМОРФНЫМИ ВАРИАНТАМИ ГЕНА
АНГИОТЕНЗИН-ПРЕВРАЩАЮЩЕГО ФЕРМЕНТА**

¹Рыскова А.А., ¹Даутова А.З., ²Галикеева Г.Ф., ²Воробьева Е.В.,

²Горбунова В.Ю., ¹Шамратова В.Г.

¹Башкирский государственный университет, Уфа, e-mail: bgu-torgi@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы»,

Уфа, e-mail: oms bspu2008@mail.ru

Изучены ассоциации полиморфных вариантов гена ангиотензин-превращающего фермента (angiotensin converting enzyme – ACE) с состоянием кардио-респираторной системы у спортсменов и людей с пониженной двигательной активностью. С помощью факторного анализа выявлено, что у лиц, не занимающихся спортом, состояние гемодинамики в значительной мере определяется наследственной предрасположенностью. Наличие аллеля ACE*D коррелирует со снижением артериального давления, частоты сердечных сокращений и возможностей внешнего дыхания. Влияние наследственного фактора у спортсменов проявляется в меньшей степени. Ведущее место здесь занимает фактор физической выносливости, состояние которой определяется как функциональными возможностями внешнего дыхания, так и состоянием гемодинамики. Преобладание аллеля ACE*D сочетается с уменьшением жизненной емкости легких и ухудшением толерантности к физическим нагрузкам, которая выражается в снижении кардио-респираторного индекса после выполнения дозированной мышечной работы.

Ключевые слова: ген ангиотензин-превращающий фермент, гемодинамика, система внешнего дыхания, физическая выносливость, курение

**FEATURES OXYGEN TRANSPORT SYSTEM OF THE BODY AT PERSONS
WITH DIFFERENT POLIMORPHIC VARIANTS
OF ANGIOTENSIN-CONVERTING ENZYME**

¹Ryskova A.A., ¹Daytova A.Z., ²Galikeeva G.F., ²Vorobeva E.V.,

²Gorbynova V.Y., ¹Shamratova V.G.

¹Bashkir State University, Ufa, e-mail: bgu-torgi@mail.ru;

²Bashkir State Pedagogical University n.a. M. Akmullah, Ufa, e-mail: oms bspu2008@mail.ru

Athletes and people with low physical activity are studied the association of polymorphic variants of angiotensin-converting enzyme – ACE with physical endurance and hemodynamic status. Using factor analysis revealed that people who are not involved in sports, a genetic predisposition to a large extent determines the state of hemodynamics. The presence of ACE×D allele is correlated with a decrease of blood pressure, heart rate and the possibility of external breathing. Influence of genetic factors among athletes is manifested in a less extent. Here the leading place is the factor of physical endurance, a condition which is defined as the functional possibilities of external respiration and hemodynamic status. The predominance of ACE×D allele leads to a decrease of vital capacity and impaired exercise tolerance, which is reflected in the reduction of the index of cardiorespiratory after the dosage of the muscular work.

Keywords: angiotensin converting enzyme – ACE, hemodynamic, system of external respiration, physical endurance, smoking

Известно, что тип двигательной деятельности человека и его работоспособность определяются возможностями кардио-респираторной системы, состояние которой контролируется рядом генов [1]. В связи с этим представляет интерес изучение генетически детерминированных особенностей реагирования показателей гемодинамики и внешнего дыхания на выполнение мышечной работы высокой интенсивности. Такой подход может помочь осуществить подбор оптимального вида спорта, в котором реализуется возможность достижения высоких результатов без вреда для здоровья [2].

К числу генов, которые имеют значение при выборе физической нагрузки, относится ген ангиотензин-превращающего фермента (angiotensin converting enzyme – ACE) – ос-

новного компонента ринин-ангиотензиновой системы. Белковые продукты генов данной системы участвуют в регуляции тонуса кровеносных сосудов, питания и стимуляции пролиферации клеток гладкой мускулатуры сосудов и миокарда. На основе определения полиморфизма гена ACE выделено два альтернативных состояния (аллеля) – I и D. Показано, что индивиды – носители полиморфизма I/I имеют предрасположенность к проявлению выносливости, D/D – к развитию скорости и силы с высоким риском возникновения чрезмерной гипертрофии миокарда при выполнении длительных физических нагрузок. Обладатели генотипа I/D характеризуются умеренной предрасположенностью ко всем перечисленным признакам гена ACE [3; 5].

В этой связи актуально сравнение ассоциаций полиморфных вариантов гена ACE с физической выносливостью и показателями гемодинамики у людей, не занимающихся спортом, и спортсменов [2; 3].

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие 74 юноши 19–21-летнего возраста, из которых 36 являлись спортсменами различной специализации (спортивные единоборства, спортивные игры, технические виды спорта) и квалификации (спортивный разряд – не ниже 1-го взрослого), 38 человек составили контрольную группу. Все обследуемые медицинской комиссией признаны здоровыми.

Физическую выносливость оценивали путем расчета кардио-респираторного индекса – КРИС (в модификации М. Самко). У испытуемых последовательно проводили измерение давления. Затем с помощью сфингомометра определяли максимальное давление выдоха, с помощью спирометра – жизненную емкость легких, оценивали максимальную задержку дыхания.

Формула для расчета кардио-респираторного индекса:

$$\text{КРИС} = \frac{\text{САД} + \text{ДАД} + \text{ЧСС}}{(\text{ЖЕЛ} \cdot 10) + \text{МЗД} + \text{МДВ} + \text{Возраст}},$$

где САД – систолическое артериальное давление (мм рт.ст.); ДАД – диастолическое артериальное давление (мм рт.ст.), ЧСС – частота сердечных сокращений (уд./мин); ЖЕЛ – жизненная емкость легких (л); МЗД – максимальная задержка дыхания (с); МДВ – максимальное давление выдоха (мм рт.ст.), возраст – полное количество лет.

КРИС определялся в адинамической (КРИС_{ад}) и в динамической фазах – после выполнения 5-ти минутной физической нагрузки на велотренажере (дистанция составляла 1600 метров).

Рассчитывали процент снижения индекса (КРИС%) после выполняемой нагрузки: снижение до 5% говорит о хорошей физической форме человека и высокой выносливости. Снижение КРИС более чем на 35% свидетельствует о наличии патологии сердечно-сосудистой (ССС) или дыхательной систем.

Для генетического анализа использовали ДНК, выделенную из лимфоцитов крови методом фенольно-хлороформной экстракции. Анализ полиморфного локуса ACE проводили методом полимеразной цепной реакции синтеза ДНК на амплификаторе «Терцик» с использованием ДНК-полимеразы *Thermus aquaticus* производства фирмы «Силекс». Разделение фрагментов ДНК проводили при помощи электрофореза в полиакриламидном геле.

Данные обрабатывали методами вариационной статистики и факторным анализом при помощи программы «Statistica 6.0». В матрицу вносили показатели гемодинамики и системы внешнего дыхания, а также индексы кодирования генотипов ACE: генотип DD – 1, ID – 2, II – 3. Кроме того, учитывался фактор курения, поскольку он влияет на состояние гемодинамики и функциональные возможности системы внешнего дыхания, а в сочетании с активной мышечной деятельностью вызывает напряжение всей системы кислородного обеспечения организма, затрагивая сам механизм поступления кислорода в организм и адаптационные механизмы в целом. Испытуемые были разделены на курящих и некурящих под индексами 1 и 2 соответственно.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение генотипов обследованных показало отсутствие значимых различий частоты встречаемости полиморфных вариантов гена ACE у лиц, не занимающихся спортом, и спортсменов (рис. 1, 2). В обеих группах генотип DD встречается чаще типа II.

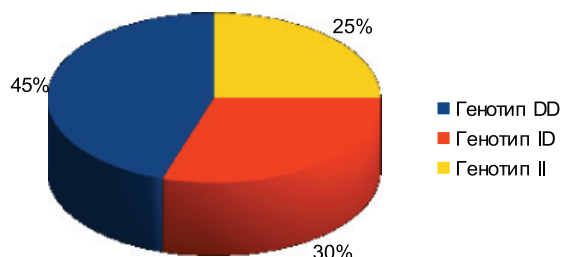


Рис. 1. Распределение варианта гена ACE в группе спортсменов

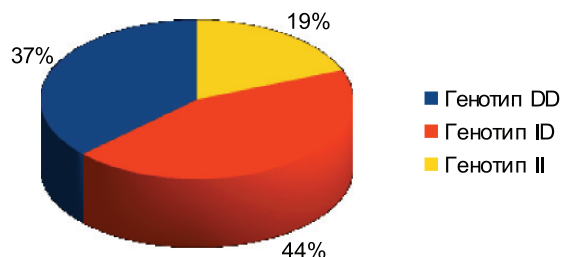


Рис. 2. Распределение вариантов гена ACE в группе студентов

Сравнительный анализ показателей деятельности кардио-респираторной системы у спортсменов и лиц с низкой физической активностью представлен в табл. 1.

Видно, что большинство изученных параметров спортсменов значительно отличаются от их уровня в контроле. Так, величины САД, ДАД, ЧСС и КРИС% у спортсменов достоверно ниже, чем в группе контроля, а показатель вентиляционных возможностей внешнего дыхания ЖЕЛ – выше, чем в контрольной группе, что в целом говорит о хорошем уровне их физической выносливости.

Для оценки роли наследственного фактора и взаимовлияния всех учтенных в эксперименте показателей проведен факторный анализ (табл. 2). У студентов, имеющих низкий уровень физической активности, ведущим оказался фактор влияния генотипа на состояние кардио-респираторной системы.

Преобладание аллеля ACE*I сочетается с уменьшением САД и ЧСС на фоне увеличения показателя максимальной задержки дыхания. Учитывая, что МЗД является характеристикой функционального состояния дыхательной системы, можно допустить,

что студенты с полиморфным вариантом I/1 гена ACE, не занимающиеся спортом, обла- дают более высоким потенциалом адаптации к гипоксии и гипоксемии [5].

Таблица 1

Показатели гемодинамики в группе спортсменов и в группе контроля

Показатель	Контроль	Спортсмены
КРИС ад.	0,93 ± 0,05	0,98 ± 0,04
КРИС %	22,6 ± 2,4*	9,4 ± 1,2*
МЗД (с)	81 ± 6,3	80,3 ± 5,1
МДВ (мм рт.ст.)	124,9 ± 11,4	105,2 ± 4,9
ЖЕЛ (л)	4,12 ± 0,12*	5,04 ± 0,14*
САД (мм рт.ст.)	136 ± 3,6*	116 ± 1,7*
ДАД (мм рт.ст.)	76 ± 1,6*	70 ± 1,4*
ЧСС (уд./мин)	86 ± 3,8*	69 ± 1,6*

Пр и м е ч а н и е . * – достоверно значимые различия между группами при $p < 0,05$.

Таблица 2

Факторная структура показателей кардио-респираторной системы у спортсменов и в контрольной группе

Показатель	Студенты			Спортсмены		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
КРИС ад.	–	–0,77	–	–0,92	–	–
КРИС %	–	–	–	–	0,6	–
МЗД (сек.)	0,84	–	–	–0,72	–	–
МДВ (мм. рт. ст.)	–	–0,91	–	–	–	–
ЖЕЛ (л.)	–	–0,6	0,68	–	–0,72	–
САД (мм. рт. ст.)	–0,68	–	–	–	–	–
ДАД (мм. рт. ст.)	0,62	–	–	0,78	–	–
ЧСС (уд/мин)	–0,88	–	–	–	–	–
АСЕ	0,7	–	–	–	–0,6	–
Курение	–	–	–0,81	–	–	0,56
Дисперсия (%)	32,00%	27,00%		33,00%	15,00%	–

Наоборот, при преобладании аллеля ACE*D проявляется склонность к увеличению артериального давления, ЧСС и уменьшению МЗД, что ведет к невозможности выполнять физическую нагрузку большой интенсивности [4].

F2 – фактор физической выносливости, зависящий у нетренированных людей прежде всего от функционального состояния внешнего дыхания: жизненной емкости легких и максимального давления выдоха. Судя по знакам переменных к фактору, снижение уровня этих показателей ведет к ограничению физических возможностей организма.

Третий фактор курения, включающий индекс курения и ЖЕЛ, объясняет негативную роль курения в осуществлении вентиляционной функции легких.

У спортсменов в факторной структуре на первый план выступает фактор физической выносливости. Кардио-респираторный индекс у спортсменов зависит не только от

функциональных возможностей внешнего дыхания, как это имеет место у студентов, но и от состояния гемодинамики. В частности, увеличение артериального давления коррелирует со снижением физической выносливости организма.

В то же время, в отличие от студентов, фактор генетической предрасположенности имеет гораздо меньший удельный вес и более низкие нагрузки переменных на фактор, несмотря на то, что существенной разницы в распространении разных вариантов гена ACE в двух группах обследованных не обнаружено.

Причем если у лиц с низким уровнем двигательной активности преобладание аллеля ACE*D в генотипе предопределяет главным образом возможности ССС, то у спортсменов – сочетается с уменьшением жизненной емкости легких и ухудшением толерантности к физическим нагрузкам, выражающейся в снижении КРИС после выполнения дозированной мышечной работы.

Таким образом, можно констатировать, что у спортсменов роль наследственности несколько стирается по сравнению с лицами, активно не занимающимися мышечной деятельностью. Хотя общее развитие организма запрограммировано генетически, окончательная реализация генетической программы существенно зависит от воздействия внешней среды. Для людей, занимающихся спортом, такой внешней средой является прежде всего тренировочный процесс: полноценная реализация генетического потенциала резервов организма возможна только в результате выполнения напряженной физической нагрузки.

Вывод

Генотип играет определенную роль в формировании физической выносливости организма, но при этом зависимость параметров гемодинамики и внешнего дыхания от полиморфных вариантов генотипа ACE в большей степени проявляется у людей с низким уровнем двигательной активности, нежели у спортсменов. У людей, занимающихся спортом, существенный вклад в реализацию генетической программы вносит интенсивность тренировочного процесса.

Список литературы

1. Association of genetic factors with selected measures of physical performance / W.R. Thompson [et al.] // *Phys. Ther.* – 2006. – № 86. – P. 585–591.
2. Genetic markers of physical efficiency of a person / V.A. Rogozkin [etc.] // *Theory and practice of physical culture.* – 2000. – № 12. – P. 34–36.
3. Effects of Angiotensin-Converting Enzyme Polymorphism on Aortic Elastic Parameters in Athletes / H. Tanriverdi [et al.] // *Cardiology.* – 2005. – № 104. – P. 113–119.
4. Elite swimmers and the D allele of the ACE iTD polymorphism / D. Woods [et al.] // *1 Sum. Genet.* – 2000. – № 108. – P. 230–232.
5. Is angiotensin I-converting enzyme I/D polymorphism associated with endurance performance and/or high altitude adaptation? / H. Ohno [et al.] // *Adv. Exerc. Sports Physiol.* – 2005. – № 11. – P. 41–54.

References

1. Association of genetic factors with selected measures of physical performance / W.R. Thompson [et al.] // *Phys. Ther.* 2006. no. 86. pp. 585–591.
2. Genetic markers of physical efficiency of a person / V.A. Rogozkin [etc.] // *Theory and practice of physical culture.* 2000. no. 12. pp. 34–36.
3. Effects of Angiotensin-Converting Enzyme Polymorphism on Aortic Elastic Parameters in Athletes / H. Tanriverdi [et al.] // *Cardiology.* 2005. no. 104. pp. 113–119.
4. Elite swimmers and the D allele of the ACE iTD polymorphism / D. Woods [et al.] // *1 Sum. Genet.* 2000. no. 108. pp. 230–232.
5. Is angiotensin I-converting enzyme I/D polymorphism associated with endurance performance and/or high altitude adaptation? / H. Ohno [et al.] // *Adv. Exerc. Sports Physiol.* 2005. no. 11. pp. 41–54.

Рецензенты:

Волкова Е.С., д.б.н., профессор, заведующая кафедрой физиологии и спортивной медицины на факультете спорта и адаптивной физической культуры, «Уральский государственный университет физической культуры» Башкирский институт физической культуры (филиал), г. Уфа;

Мигранов М.Г., д.б.н., профессор, заведующий кафедрой биоэкологии и биологического образования, ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», г. Уфа.

Работа поступила в редакцию 06.03.2014.