

ВЗАИМОСВЯЗЬ УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ С ПОЛИМОРФНЫМИ ГРУППАМИ ГЕНА АКФ У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЕДИНОБОРСТВ

*Гилеп И.Л. **,

*Рыбина И.Л. ***, канд. биол. наук,

*Белорусский государственный университет физической культуры,

**НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь,

Республика Беларусь

Важную роль в формировании физической работоспособности играет наследственность. С углублением знаний о молекулярной структуре генома человека становится возможным вести поиск генетических маркеров предрасположенности к развитию и проявлению физических качеств.

Наиболее изученным генетическим маркером, отражающим состояние сердечно-сосудистой системы, а следовательно, имеющим взаимосвязь с основными показателями физической работоспособности, является ген ангиотензин-конвертирующего фермента (АКФ).

АКФ является ключевым ферментом ренин-ангиотензиновой системы, важнейшего гуморального регулятора артериального давления. Под действием этого фермента происходит превращение ангиотензина I в ангиотензин II – наиболее активного сосудосуживающего вещества, и деградация брадикинина – важного сосудорасширяющего фактора, который является одним из стимуляторов выделения эндотелием NO – основного эндотелиального фактора релаксации [1–6].

Полиморфизм гена АКФ заключается в наличии (I – insertion) или отсутствии (D – deletion) фрагмента длиной из 287 пар нуклеотидов в 16-м интроне. На основании распределения I- и D-аллелей выделяют три генетических варианта полиморфизма: гомозиготные I/I и D/D, а также гетерозиготный I/D [2, 3].

Существует четкая зависимость между генотипами АКФ и активностью АКФ. Анализ уровня АКФ в плазме крови у лиц с разными генотипами показал, что у гомозигот по аллелю D активность АКФ в сыворотке крови почти в два раза выше, чем у гомозигот по аллелю I, активность же фермента у гетерозигот занимает промежуточное положение [4, 5]. Изменения активности АКФ вызывают соответствующие изменения концентрации ангиотензина II, и это отражается на внутриклеточном метаболизме многих тканей. Следует подчеркнуть, что ангиотензин II не только регулирует состояние гемодинамики человека, но и как фактор роста усиливает синтез структурных белков в клетках миокарда, что может приводить к гипертрофии сердечной мышцы. Показано, что у людей с DD генотипом ярче выражена гипертрофия левого желудочка [6, 10].

Уровень ангиотензина II влияет на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы [4]. Так, при обследовании достаточно большой популя-

ции (3145 человек) было выявлено, что наличие D-аллеля гена АКФ ассоциируется с более высоким уровнем артериального давления у мужчин, особенно выражена связь D-аллеля с уровнем диастолического давления [12]. Показано, что наличие DD генотипа является фактором риска для развития ишемической болезни сердца и инфаркта миокарда [11–20]. Причем способствовать развитию инфаркта миокарда у людей с DD генотипом может высокий уровень ангиотензина II [13].

Цель работы состояла в выявлении и анализе полиморфизма гена АКФ у спортсменов-единоборцев и сравнении физической работоспособности между полиморфными группами спортсменов.

Методы. Исследование выполнено на образцах геномной ДНК 82 спортсменов национальных команд Республики Беларусь. Обследовались спортсмены высокой квалификации (ЗМС, МСМК, МС), тренирующиеся в таких видах спорта, как дзюдо, таэквондо, вольная борьба, бокс. ДНК выделяли из капиллярной крови с использованием сорбционного метода выделения ДНК, разработанного в ИБОХ НАН Беларуси. Полиморфный участок гена амплифицировали при помощи полимеразной цепной реакции с использованием геноспецифических праймеров к гену АКФ. Продукты реакции амплификации разделяли и идентифицировали методом гель-электрофореза.

Для оценки физической работоспособности использовали показатели:

Показатели	Значение
Лактат макс.	Максимальное накопление лактата на пике мощности нагрузки, ммоль/л
АП, кгм/мин	Порог аэробного обмена (лактат 2 ммоль/л)
АнП, кгм/мин	Порог анаэробного обмена (лактат 4 ммоль/л)
$A_{\text{смеш.}}$, кгм/мин	Уровень работоспособности в смешанной аэробно-анаэробной зоне (лактат 6 ммоль/л)
$A_{\text{макс.}}$, кгм/мин	Максимальная работоспособность на пике лактата
$ЧСС_{\text{АП}}$, уд/мин	ЧСС на уровне АП (лактат 2 ммоль/л)
$ЧСС_{\text{АнП}}$, уд/мин	ЧСС на уровне АнП (лактат 4 ммоль/л)
$ЧСС_{\text{смеш.1}}$ (лактат 6 ммоль/л), уд/мин	ЧСС в смешанной аэробно-анаэробной зоне (лактат 6 ммоль/л)
$ЧСС_{\text{макс.}}$, уд/мин	Максимальная ЧСС

Для тестирования общей физической работоспособности в качестве тестирующей нагрузки применялся субмаксимальный велоэргометрический тест со «ступенчато» повышающейся нагрузкой [20]. Начальная мощность нагрузки составляла 750 кгм/мин (или 125 Вт) для спортсменов-мужчин и 600 кгм/мин (или 100 Вт) для женщин. Длительность каждой ступени составляла 2 минуты. Обычная скорость соответствовала 60 оборотам в минуту. Каждые две минуты мощность нагрузки увеличивалась на 150 кгм/мин (или 25 Вт) без интервалов отдыха, вплоть до отказа от работы из-за усталости. На каждой ступени задания регистрировали ЧСС. Для определения лактата осуществляли

забор капиллярной крови на ступенях задания. Определение концентрации лактата осуществлялось с использованием лактометра «BIOSEN» (EKF, Германия).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета программ «Statistica for Windows » (StatSoft).

Достоверность различий между группами определялась уровнем значимости $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Обследованные были разделены на группы по видам спорта: дзюдо, борьба вольного стиля, таэквондо и бокс. Полученные данные отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение генотипов гена АКФ у спортсменов различных видов единоборств

Вид спорта	n	Распределение генотипов, %		
		DD	ID	II
Дзюдо	30	43	47	10
Борьба вольного стиля	28	29	46	25
Таэквондо	11	27	55	18
Бокс	13	23	62	15

При распределении генотипов в дзюдо наблюдалось ярко выраженное преобладание генотипа DD (43%) по сравнению с II (10%). В боксе, таэквондо также наблюдается увеличение встречаемости генотипов с D-аллелем (DD и ID). Увеличение встречаемости D-аллеля у представителей единоборств связано с повышенным уровнем ангиотензина II, который в процессе тренировок приводит к росту сократительных белков, а следовательно, к гипертрофии мышечных волокон [2].

Однако показатели аэробной выносливости у представителей DD генотипа значительно ниже, чем у спортсменов с генотипами, несущими I аллель.

Таблица 2 – Показатели биоэнергетических способностей и физической работоспособности высококвалифицированных дзюдоистов различных полиморфных групп гена АКФ, при тестировании в стандартных условиях

	Генотипы			P ₁	P ₂	P ₃
	DD	ID	II			
n	16	41	14			
АП, кгм/мин	748±41,3	748±33	775±46	1	0,42	0,52
АнП, кгм/мин	1017±53	1070±33	1197±92	0,33	< 0,0001*	< 0,0001*
АI _{смеш.} , кгм/мин	1162±135	1211±35	1286±35	0,72	0,13	0,37
ЧСС _{АП} , уд/мин	120±4,6	114±3,5	100±4,8	0,3	0,018*	0,001*
ЧСС _{АнП} , уд/мин	145±2,9	144±2,4	132±3,9	0,79	0,009*	0,007*
ЧСС _{смеш.1} , уд/мин	156±2,7	156±2,7	147±4,0	1	0,063	0,063
Лактат макс.,	7,6±0,56	6,0±0,33	6,6±0,8	0,014*	0,49	0,31
A _{макс.} , кгм/мин	1232±31	1211±22	1342±33	0,58	< 0,0001*	0,015*
ЧСС _{макс.} , уд/мин	161±2,4	155±2,5	146±4,7	0,08	0,091	0,005*

Примечание: P₁ – уровень значимости отличия групп с DD и ID генотипами;
P₂ – уровень значимости отличия групп с ID и II генотипами;
P₃ – уровень значимости отличия групп с DD и II генотипами;
n – количество обследований.

В таблице 2 представлены показатели биоэнергетических способностей спортсменов во время велоэргометрического тестирования. Так, показатели анаэробного порога у представителей, имеющих I аллель, достоверно выше, чем у представителей с DD генотипом. ЧСС на уровне анаэробного порога (АнП) у представителей с II генотипами ниже, чем у спортсменов с DD генотипами. Также наблюдаются отличия максимальных значений: ЧСС_{макс.} выше у спортсменов с DD генотипом, у спортсменов с II генотипом наблюдаются самые низкие значения. Наиболее высокие значения максимальной работоспособности наблюдаются у представителей с II генотипом. Однако предельные показатели концентрации лактата не имеют достоверных различий, но наблюдается тенденция к снижению у спортсменов, имеющих I-аллель.

Полученные результаты достоверно показывают, что спортсмены, имеющие генотип II, обладают более высокой аэробной выносливостью, наименьшей выносливостью обладают спортсмены с генотипом DD, генотип ID занимает промежуточное положение. Это подтверждает литературные данные о том, что генотип II дает возможность иметь в 7–8 раз большую физическую работоспособность, чем генотип DD [8].

Наши исследования показали, что в скоростно-силовых видах спорта, таких как дзюдо, представители, имеющие II генотип, обладают лучшей выносливостью. Однако на этапах многолетней подготовки у спортсменов происходит своеобразный отбор. В результате высококвалифицированными становятся спортсмены с определенным генотипом. В таких видах спорта, как дзюдо, борьба, бокс, таэквондо, как показали наши исследования, выигрывают спортсмены, имеющие D-аллель в своем генотипе. Это можно объяснить тем, что аэробная выносливость не является ведущим качеством в данных видах спорта, где необходимо проявление выносливости в сочетании со скоростно-силовыми характеристиками. Следовательно, спортсмены, имеющие генотип II, будут значительно проигрывать представителям, имеющим D-аллель.

Таким образом, среди спортсменов-борцов достаточно большое количество представителей, имеющих гетерозиготный генотип, который определяет оптимальное развитие физических качеств.

Накопление комплекса знаний о генетических маркерах предрасположенности к физическим нагрузкам позволит поднять спортивный отбор на более высокий уровень, внедрить в практику основы профилактической медицины и генетики, что обеспечит эффективное планирование и коррекцию тренировочного процесса.

1. Рогозкин, В.А. Расшифровка генома человека и спорт / В.А.Рогозкин // Теория и практика физической культуры. – 2001. – № 6. – С. 60–63.

2. Рогозкин, В.А. Генетические маркеры физической работоспособности человека / В.А.Рогозкин, И.Б.Назаров, В.И.Козаков // Теория и практика физической культуры. – 2000. – № 12. – С. 34–36.

3. Назаров, И.Б. Влияние полиморфизма гена ангиотензин-конвертирующего фермента на сердечно-сосудистую систему при систематических физических нагрузках / Назаров И.Б. [и др.] // Тезисы докладов II съезда Вавиловского общества генетиков и селекционеров. СПб. – 2000. Т. 2. – С. 299–300.

4. Ройтберг, Г.И. Роль полиморфизма гена ангиотензинпревращающего фермента в развитии метаболического синдрома/ Г.И.Ройтберг // Терапевтический архив. – 2003. – Т. 75, № 12. – С. 34–36.

5. Angiotensin-converting enzyme gene insertion / deletion polymorphism and response to physical training / Montgomery [et al] // Lancet. 1999. – Vol. 53. – P. 541–545.

6. Crisan, D., Angiotensin I-converting enzyme genotype and disease association/ D.Crisan, J. Carr // JMD. – 2000. – Vol. 2, № 3. – P. 105–114.

7. Montgomery, H. Human gene for physical performance / Montgomery H./ [et al] // Nature. – 1998. – Vol. 393. – P. 221.

8. Insertion / deletion polymorphism of the angiotensin I-converting enzyme end arterial oxygen saturation at high altitude / D.Woods, / [et al] // Fm. J. Respir. Crit. Care Med. – 2002. – Vol. 166, № 3. – P. 362–366.

9. Myerson, S. Human angiotensin I-converting enzyme gene and endurance performance / S.Myerson [et al] // J. Appl. Physiol. – 1999. – Vol. 87, № 4. – P. 1313–1316.

10. Renin-angiotensin system: genes to bedside / F. S. Malik [et al] // Am Heart. – 1997. – Vol. 134. – P. 514–527.

11. Evidence for association and genetic linkage of the angiotensin-converting enzyme locus with hypertension and blood pressure in men but not women in the Framingham Heart Study / O'Donnell CJ [et al] // Circulation. – 1998. – Vol. 97. – P. 1766–1772.

12. Angiotensin-converting enzyme gene polymorphism is associated with myocardial infarction but not with development of coronary stenosis / Ludwig E.H. [et al] // *Circulation*. – 1994. – Vol. 89. – P. 952–954.
13. Angiotensin I-converting enzyme (ACE) gene polymorphism, plasma ACE levels, and their association with the metabolic syndrome and electrocardiographic coronary artery disease in Pima Indians / D. K. Nagi. [et al] // *Metabolism*. – 1998. – Vol. 33. – P. 622–626.
14. Deletion polymorphism of the angiotensin I-converting enzyme is associated with serum ACE concentration and increased risk for CAD in the Japanese / K. Nakai [et al] // *Circulation*. – 1994. – Vol. 90. – P. 2199–2202.
15. Angiotensin-converting enzyme DD genotype in patients with ischaemic or idiopathic dilated cardio-myopathy / M. V. Raynolds [et al] // *Lancet*. – 1993. – Vol. 342. – P. 1073–1075.
16. Deletion polymorphism in the gene for angiotensin converting enzyme is the potent risk factor for myocardial infarction / F. Cambien, [et al] // *Nature*. 1992. – Vol. 359. – P. 641–644.
17. Significance of the deletion polymorphism of the angiotensin converting enzyme gene as risk factor for myocardial infarction in Japanese / Y. Zhao [et al] // *Hypertens*. 1992. – Vol. 359. – P. 641–644.
18. Deletion polymorphism in the angiotensin converting enzyme gene as a thrombophilic risk factor after hip arthroplasty / C. S. Philipp [et al] // *Thromb Haemost*. 1998. – Vol. 80. – P. 869–873.
19. An angiotensin converting enzyme gene variant is associated with acute myocardial infarction in women but not in men / H. Schuster [et al] // *Am. J. Cardiol*. – 1995. – Vol. 76. – P. 601–603.
20. Нехвядович, А.И. Модельные характеристики аэробной и анаэробной подготовленности пловцов высокой квалификации: метод. рекомендации / А.И. Нехвядович // авт. сост. А.И. Нехвядович. – Минск: БГУФК. – 2007. – 30 с.

АДАПТИВНЫЕ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ НА ЭТАПАХ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ В ЛЕТНИХ ОЛИМПИЙСКИХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДАХ СПОРТА

Гонестова В.К., канд. биол. наук, доцент,
НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь,
Республика Беларусь

Долговременная адаптация организма спортсменов в циклических видах спорта характеризуется увеличением функциональных резервов, являющихся следствием серьезных структурных перестроек органов и тканей, значительной экономизацией функций в покое, повышением подвижности и устойчивости в деятельности функциональных систем, налаживанием рациональных и гибких взаимосвязей двигательной и вегетативных функций.

В рамках данной проблемы представляет интерес выявление моделей системного кровообращения организма на этапах многолетней подготовки спортсменов, характеризующих разнообразные пути адаптации организма под влиянием специфических тренировочных программ.