

6. Данные анкетирования курящих студентов позволили установить, что у этих студентов имеется легкая табачная зависимость; они курят преимущественно ради общения; не имеют достаточной мотивации, чтобы бросить курить.

1. Бухановский, А. О. Зависимое поведение: клиника, динамика, систематика, лечение, профилактика: пособие для врачей / А. О. Бухановский, А. С. Андреева, А. О. Бухановская. Ростов н/Д.: Феникс, 2002. – 35 с.

2. Змановская, Е. В. Девиантология: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / Е. В. Змановская. – М.: Академия, 2003. – 288 с.

3. Зубрицкий, А. Н. О табакокурении / А. Н. Зубрицкий. – М., 1994. – 35 с.

4. Макарова, Г. А. Проблема риска внезапной смерти при занятиях физической культурой и спортом (обзор литературы) / Г. А. Макарова // Вестник спортивной медицины России. – 1992. – № 1. – С. 18–22.

5. Скальженко, П. Н. Выбирай – курение или здоровье? / П. Н. Скальженко [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minzdrav/gjv/by/ru/static>. – Дата доступа: 12.09.2014.

6. Чуриков, О. А. Особенности адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам при табакокурении / О. А. Чуриков, Б. А. Гаврилов // Вестник спортивной науки. – 2010. – Вып. 6(6). – С. 30–34.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ РАЗНЫХ ГЕНОВ У ФУТБОЛИСТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАСТЕРСТВА

*Гилеп И.Л.*, канд. хим. наук, доцент,

Белорусский государственный университет физической культуры,

*Гайдукевич И.В.*,

Институт биоорганической химии НАН Беларуси,

*Ильютник А.В.*,

Белорусский государственный университет физической культуры,

Республика Беларусь

Информация об особенностях генотипа может оказать существенную помощь при выборе профиля игрового вида спорта, объяснить поведенческие реакции спортсменов в той или иной ситуации во время игры, оптимизировать коррекционные меры в ходе соревновательной и тренировочной деятельности спортсменов.

Целью нашей работы являлся анализ распределения различных вариантов генов у футболистов в зависимости от мастерства.

В исследовании приняли участие 17 футболистов женщин в возрасте 19–25 лет, имеющих квалификацию мастера спорта (МС) – 7 человек, кандидата в мастера спорта (КМС) – 1 человек и первый взрослый разряд (I разряд) – 9 человек.

В качестве маркеров предрасположенности футболистов к физической работоспособности важных в игровых видах спорта использовались полиморфные варианты генов, влияющие на формирование скоростно-силовых качеств – ген альфа-актинина-3 *ACTN3* (R/X). Одновременно рассматривали полиморфные варианты генов, отвечающих за работу сердечно-сосудистой системы – инсерционно-делеционные полиморфизмы гена ангиотензинконвертирующего фермента *ACE*(I/D) и гена брадикининового рецептора  $\beta$ -2 (+9/-9 *BDKRB2*), однонуклеотидные замены гена ангиотензиногена *AGT* (M235T) и гена рецептора к ангиотензиногену II *AGT2R1* (A1166C), а также два полиморфных варианта гена эндотелиальной NO-синтазы (*NOS3*). Это вариации Glu298Asp или rs1799983 G/T в экзоне 7 и 27-bp повторы в интроне 4 (a/b, *NOS3*). Изучили варианты генов, вовлеченных в регуляцию углеводного и липидного обменов – ген альфа- и гамма-рецепторов, активированных пролифераторами пероксисом *PPARA* (g/c), *PPARG* (pro/ala), а также полиморфные варианты генов, определяющих поведенческие и эмоциональные реакции организма. К ним можно отнести варианты генов серотонинергической системы: *SLC6A4* (HTTLPR) – ген транспортера серотонина, *MAOA* (30bpVNTR) – ген фермента моноаминоксидазы A; *HTR1A* (C-019G) – ген серотонинового рецептора 1A типа, *HTR2A* (T102C) и *HTR2A* (A-438G) – ген серотонинового рецептора 2A типа.

Анализ полиморфных вариантов генов, отвечающих за работу сердечно-сосудистой системы, показал, что с ростом спортивного мастерства у футболистов значимо увеличивается частота встре-

чаемости I аллеля гена *ACE*, отвечающего за развитие выносливости, с 20 % у перворазрядников до 57,1 % у мастеров спорта,  $\chi^2=4,97$ ,  $p<0,05$  (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение генотипов гена *ACE* (I/D) у футболистов разной квалификации

Мастерство	n	Генотипы, n (%)						Аллели, n (%)	
		к-во	%	к-во	%	к-во	%		
МС	7		II		ID		DD	I	D
		1	14,29*	6	70,59*	0	0,00	57,14*	42,86*
I разряд, КМС	10	0	0	4	40*	6	60*	20*	80*
Примечание – * выделены значимые различия по критерию $\chi^2$ с учетом поправки Йетса, $P<0,05$									

Среди мастеров спорта преобладали спортсмены, имеющие в своем составе полиморфные варианты II и ID гена *ACE*, в то время как среди перворазрядников преобладали представители, имеющие DD вариант того же гена,  $\chi^2=7,09$ ,  $P<0,05$  (таблица 1).

С ростом спортивного мастерства частота встречаемости аллеля выносливости – 9 гена  *$\beta 2BDKRB2$*  увеличивается с 30 % до 50 % (таблица 2), однако значимые изменения не зафиксированы.

Таблица 2 – Распределение генотипов гена  *$\beta 2BDKRB2$*  у футболистов разной квалификации

Мастерство	n	Генотипы, n (%)						Аллели, n (%)	
		к-во	%	к-во	%	к-во	%		
МС	7		-9/-9		9/-9		+9/+9	-9	+9
		2	28,6	3	42,8	2	28,6	50	50
I разряд, КМС	10	0	0	6	60	4	40	30	70
Примечание – * выделены значимые различия по критерию $\chi^2$ с учетом поправки Йетса, $P<0,05$									

Анализ частот встречаемости двух полиморфных вариантов гена *NOS3* (a/b и G894T) выявил, что среди футболистов отсутствуют представители с генотипами a/a и TT гена *NOS3*. С ростом спортивного мастерства наблюдалась тенденция к увеличению частоты встречаемости гомозиготного полиморфизма b/b с 40 % до 57,1 % и гетерозиготного варианта TG с 20 % до 42,9 % (таблица 3). Аналогичные распределения в частотах встречаемости наблюдаются по полиморфизму гена ангиотензиногена *AGT* (M235T). Частота встречаемости генотипов и аллелей гена *AGT* (M235T) у спортсменов высокой квалификации не отличается от соотношения генотипов и аллелей у спортсменов более низких квалификаций (таблица 4). Интересно отметить, что с ростом спортивного мастерства количество спортсменов, обладающих полиморфным гомозиготным вариантом AA гена *AGTR* (+11166A>C), возрастает (таблица 4).

Таким образом, наиболее значимые гены для футболистов, отвечающие за работу сердечно-сосудистой системы, являются ген *ACE* и ген  *$\beta 2BDKRB2$* .

Таблица 3 – Распределение генотипов гена *NOS3* у футболистов разной квалификации

Мастерство	n	Генотипы, n (%)						Аллели, n (%)	
		к-во	%	к-во	%	к-во	%		
МС	7		b/b		a/b		a/a	b	a
		4	57,14	3	42,86	0	0,00	78,57	21,43
I разряд, КМС	10	4	40	6	60	0	0,00	70	30
			GG		TG		TT	G	T
МС	7	4	57,14	3	42,86	0	0,00	78,57	21,43
I разряд, КМС	10	8	80	2	20	0	0,00	90	10

Таблица 4 – Распределение генотипов гена *AGT* (M235T) и гена *AGTR* (A/C) у футболистов разной квалификации

Мастерство	n	Генотипы, n (%)						Аллели, n (%)	
		к-во	%	к-во	%	к-во	%		
МС	7		<b>MM</b>		<b>MT</b>		<b>TT</b>	<b>M</b>	<b>T</b>
		3	42,86	3	42,86	1	14,29	64,29	35,71
I разряд, КМС	10	4	40	5	50	1	10	65	35
МС	7		<b>AA</b>		<b>AC</b>		<b>CC</b>	<b>A</b>	<b>C</b>
		6	85,71	1	14,29	0	0,00	92,86	7,14
I разряд, КМС	10	5	50	5	50	0	0,00	75	25

Нами были рассмотрены гены, вовлеченные в регуляцию углеводного и липидного обменов – ген альфа- и гамма-рецепторов, активированных пролифераторами пероксисом *PPARA* (g/c), *PPARG* (pro/ala). Известно, что g аллель гена *PPARA* (g/c) и pro аллель *PPARG* (pro/ala) являются генетическими маркерами выносливости, в то время как с аллель гена *PPARA* (g/c) и ala аллель *PPARG* (pro/ala) являются генетическими маркерами быстроты и силы [1]. К скоростно-силовым маркерам относят также R аллель гена *ACTN3* (R/X). Анализ частот встречаемости генотипов трех вышеперечисленных генов показал, что с ростом спортивного мастерства существенных изменений в группах не наблюдается. Однако в целом по группе преобладали спортсмены, имеющие R аллель гена *ACTN3*(R/X) как среди мастеров спорта (71,4 %), так и среди спортсменов с I разрядом – 75 % (таблица 5), в то время как в контрольной группе частота встречаемости составляет 36,8 % [1]. С ростом спортивного мастерства частота встречаемости генотипов гена *PPARA* (g/c) смещается в сторону увеличения гетерозиготного генотипа gc: 70,6 % – среди мастеров спорта, 50 % – среди спортсменов с I разрядом (таблица 7). Сравнительный анализ полиморфных вариантов гена *PPARG* (pro/ala) показал, что с ростом спортивной квалификации значимых изменений обнаружено не было (таблица 8). Однако в контрольной группе частота встречаемости генотипа pro/pro гена *PPARG* (pro/ala) составляет 72,9 % [1], в то время, как среди мастеров спорта его частота встречаемости составила 85,71 %, а среди спортсменов I разряда 100 % (таблица 6).

Таблица 5 – Распределение генотипов гена *ACTN3* (R/X) у футболистов разной квалификации

Мастерство	n	Генотипы, n (%)						Аллели, n (%)	
		Выносливость		Выносливость, скорость, сила		Скорость, сила			
		к-во	%	к-во	%	к-во	%		
МС	7		<b>XX</b>		<b>RX</b>		<b>RR</b>	<b>X</b>	<b>R</b>
		1	14,29	2	28,57	4	57,14	28,57	71,43
I разряд, КМС	10	0	00,0	3	30	7	70	25	75

Таблица 6 – Распределение генотипов гена *PPARA* (g/c) и гена *PPARG* (pro/ala) у футболистов разной квалификации

Мастерство	n	Генотипы, n (%)						Аллели, n (%)	
		Выносливость		Выносливость, скорость, сила		Скорость, сила			
		к-во	%	к-во	%	к-во	%		
МС	7		<b>gg</b>		<b>gc</b>		<b>cc</b>	<b>g</b>	<b>c</b>
		3	42,86	4	70,59	0	0,00	71,43	28,57
I разряд, КМС	10	4	40	5	50	1	10	75	25
МС	7		<b>pro/pro</b>		<b>pro/ala</b>		<b>ala/ala</b>	<b>pro</b>	<b>ala</b>
		6	85,71	1	14,29	0	0,00	92,86	7,14
I разряд, КМС	10	10	100	0	00,0	0	00,0	100	0,00

Важным для игровых видов спорта является высокая эмоциональность и в то же время стрессоустойчивость. Поэтому нами были рассмотрены полиморфные варианты генов, которые определяют поведенческие и эмоциональные реакции организма. Среди них можно выделить ген транспортера серотонина *SLC6A4* (HTTLPR). Было показано, что с ростом спортивной квалификации снижается частота встречаемости гетерозиготного полиморфизма S/L гена *SLC6A4* (HTTLPR) с 70 % у спортсменов с I разрядом до 28,6 % у мастеров спорта (таблица 7). Одновременно увеличивается частота встречаемости полиморфного варианта L/L с 10 % у спортсменов с I разрядом до 42,9 % у мастеров спорта (таблица 7). Полученный результат соответствует литературным данным и имеет биологическое объяснение. S аллель снижает силу промотора и, как следствие, уровень экспрессии транспортера в головном мозге, действуя, по сути, как антидепрессант – селективный ингибитор захвата серотонина, что может приводить к нарушению передачи сигнала в серотониновом синапсе у людей с генотипами S/S и S/L по сравнению с носителями генотипа L/L [2; 3].

Сравнительный анализ полиморфных вариантов гена фермента моноаминоксидазы А *MAOA* (30bpVNTR) показал, что с ростом спортивного мастерства увеличивается частота встречаемости спортсменок с генотипом 44 гена *MAOA* (30bpVNTR). Так у спортсменок, имеющих I разряд, частота встречаемости полиморфного варианта 44 гена *MAOA* (30bpVNTR) составляла 40 %, а у мастеров спорта – 71,42 % (таблица 8). Моноаминоксидаза А – фермент, катализирующий окислительное деаминарование таких моноаминов, как адреналин, норадреналин, серотонин, мелатонин, гистамин, дофамин. Ген моноаминоксидазы расположен в X хромосоме. Полиморфизм возникает из-за изменения числа tandemных повторов 30 пар нуклеотидов в промоторе гена. Высокоактивные аллели с 4 повторами, низкоактивные с 3 [4]. Рядом исследований было показано, что сочетание низкоактивного аллеля *MAOA* и неблагоприятных условий развития жизни повышает риск поведенческих проблем [4–6].

Таблица 7 – Распределение генотипов гена *SLC6A4* у футболистов разной квалификации

Мастерство	n	Генотипы, n (%)						Аллели, n (%)	
		к-во	%	к-во	%	к-во	%	L	S
МС	7	3	42,86	2	28,57	2	28,57	57,14	42,86
I разряд, КМС	10	1	10	7	70	2	20	45	55

Таблица 8 – Распределение генотипов гена *MAOA* у футболистов разной квалификации

Мастерство	n	Генотипы, n (%)						Аллели, n (%)	
		к-во	%	к-во	%	к-во	%	3	4
МС	7	1	14,29	1	14,29	5	71,42	21,43	78,57
I разряд, КМС	10	2	20	4	40	4	40	40	60

Были изучены частоты встречаемости полиморфных вариантов генов серотониновых рецепторов 1A типа *HTR1A* (C-019G) и 2A типа *HTR2A* (T102C и A-438G). С ростом спортивного мастерства значимых изменений в частотах встречаемости полиморфных вариантов данных генов не наблюдалось (таблица 9).

Таблица 9 – Распределение генотипов гена *HTR1A* (C-019G) и гена *HTR2A* (T102C, A-438G) у футболистов разной квалификации

Мастерство	n	Генотипы, n (%)						Аллели, n (%)	
		к-во	%	к-во	%	к-во	%	C	G
МС	7	2	28,57	3	42,86	2	28,57	50	50
I разряд, КМС	10	2	20	6	60	2	20	50	50
МС	7	1	14,29	4	70,59	2	29,41	42,86	57,14
I разряд, КМС	10	1	10	6	60	3	30	40	60
МС	7	2	28,57	3	42,86	2	28,57	50	50
I разряд, КМС	10	4	40	3	30	3	30	55	45

Нами были просуммированы аллели и генотипы, отвечающие за развитие силы и быстроты, выносливости и стрессоустойчивости [1; 7]. Данные показатели представлены в таблице 10. Анализ данных позволил выявить увеличение частоты встречаемости генотипов стрессоустойчивости у футболистов с ростом спортивного мастерства. Однако наблюдается значимое снижение встречаемости генотипов, отвечающих за развитие силы и быстроты. Одновременно наблюдается увеличение частоты встречаемости генотипов и аллелей выносливости с ростом квалификации. Нужно отметить, что в целом по группе наблюдается высокая (>50 %) частота встречаемости генотипов и аллелей выносливости (таблица 10).

Таблица 10 – Распределение групп аллелей и генотипов у футболистов разной квалификации

	МС		I разряд, КМС	
	к-во	%	к-во	%
Аллели выносливости	82	73,2	103	64,4
Аллели силы и быстроты	21	37,5	40	50
Аллели стрессоустойчивости	19	68,9	21	52,5
Генотипы выносливости	28	57,8	35	43,8
Генотипы силы и быстроты	4	14,3*	14	35*
Генотипы стрессоустойчивости	8	57,1*	5	25*

Примечание – \* значимые различия в частоте встречаемости генотипов и аллелей между группами по точному критерию Фишера  $\phi$ ,  $p < 0,05$

Таким образом, для футболистов определяющими являются аллели и генотипы выносливости. Среди генов наиболее значимыми являются гены *ACE (I/D)* и  *$\beta$ 2BDKRB2 (+9/-9)*. Важную роль играют гены, отвечающие за стрессоустойчивость спортсменов, в особенности такие, как ген *MAOA (30bpVNTR)* и ген *SLC6A4 (HTTLPR)*.

1. Ахметов, И. И. Молекулярная генетика спорта / И. И. Ахметов // Советский спорт. – 2009. – 268 с.
2. Association of anxiety-related traits with a polymorphism in the serotonin transporter gene regulatory region / K. P. Lech [et al.] // Science. – 1996. – Vol. 274. – P. 1527–1531.
3. Гайдукевич, И. В. Взаимосвязь полиморфизма генов SLC6A4 и MAOA серотониновой системы с физической работоспособностью / И. В. Гайдукевич, А. А. Гилеп, С. А. Усанов // Доклады НАН Беларуси. – Минск, 2012. – Т. 56, № 1. – С. 74–79.
4. Егорова, М. С. Полиморфизм гена моноаминоксидазы (MAOA) и вариативность психологических черт / М. С. Егорова, Ю. Д. Черткова // Психологические исследования: электрон. науч. журн. – 2011. – № 6 (20). – С. 14. – Режим доступа: <http://psystudy.ru/index.php>.
5. Childhood adversity, monoamine oxidase A genotype, and risk for conduct Disorder / D. L. Foley [et al.] // Archives of General Psychiatry. – 2004. – Vol. 61. – P. 738–744.
6. Exploring the association between the 2-repeat allele of the MAOA gene promoter polymorphism and psychopathic personality traits, arrests, incarceration, and lifetime antisocial behavior / K Beaver [et al.] // Personality and Individual Differences. – 2013. – № 454(2). – P. 164–168.
7. Алгоритм определения спортивной специализации конькобежцев на основе результатов анализа полиморфизма генов ACE, NOS3, BDKRB2, ACTN3, PPARG, CYP17A1 / А. В. Ильютик [и др.] // Мир спорта. – 2015. – № 4(61). – С. 49–55.