

## АНАЛИЗ ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ ГЕНОВ СЕРТОНИНЕРГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ У ГАНДБОЛИСТОВ

*Гилеп И.Л.*, канд. хим. наук, доцент,  
Белорусский государственный университет физической культуры,  
*Нехвядович А.И.*, канд. пед. наук, доцент,  
Республиканский научно-практический центр спорта,  
*Гайдукевич И.В.*,  
Институт биоорганической химии НАН Беларуси,  
*Шераш Н.В.*,  
Республиканский научно-практический центр спорта,  
Республика Беларусь

Согласно современным представлениям, серотонин играет основную роль в регуляции настроения. С нарушением функций серотонинергической системы связывают развитие психических нарушений, проявляющихся депрессией и тревогой. Избыток серотонина обычно вызывает панику, агитацию, эйфорию, недостаток вызывает депрессию, агрессию, суицидальное настроение. Серотонинергическая система – одна из наиболее важных систем мозга, регулирующая поведение. С ее помощью контролируются и стабилизируются комплексные взаимодействия между различными нейротрансмиттерами, что определяет поведенческие и эмоциональные реакции человека. В серотонинергическую систему входят пресинаптические и постсинаптические рецепторы, ферменты, вовлеченные в синтез и деградацию серотонина, переносчик серотонина (5НТТ) [1]. Активность генов, кодирующих эти факторы, связана с эмоциональными проявлениями, скоростью психической утомляемости в ответ на физическую нагрузку, а также с развитием синдрома перетренированности [2].

Целью нашей работы являлся анализ распределения различных вариантов генов, кодирующих белки серотонинергической системы, у гандболистов различной квалификации.

В исследовании приняли участие 14 гандболистов в возрасте 19–25 лет, имеющих квалификацию МСМК–4, МС – 7 и КМС – 3 человека. Контрольную группу составили 67 человек, не занимавшихся спортом, в возрасте от 20 до 44 лет. В изучаемых группах были определены варианты генов, отвечающих за транспорт (*SLC6A4*) и деградацию (*MAOA*) серотонина, а также генов рецепторов (*HTR1A* и *HTR2A*) серотонина. Проведено сравнение частот встречаемости данных полиморфных вариантов генов у гандболистов различной квалификации. Полученные данные представлены в таблицах 1 и 2.

Ген *SLC6A4* кодирует  $\text{Na}^+$ - $\text{Cl}^-$ -зависимый переносчик, отвечающий за обратный активный транспорт серотонина в пресинаптический нейрон. Ген расположен на 17-й хромосоме в области q11.1-q12. Полиморфизм tandemных повторов 5НТТLPR влияет на степень экспрессии гена. При коротком промоторном аллеле (S) транспортер серотонина в меньшей степени транскрибируется и, соответственно, в меньшей степени представлен на пресинаптической мембране, чем при длинном (L) аллеле [3].

MAOA – фермент внешней мембраны митохондрий, катализирующий окисление аминокислот биогенных и ксенобиотических аминов. MAOA преимущественно окисляет серотонин в центральной нервной системе и периферических тканях [4]. Ген *MAOA* находится в X-хромосоме, состоит из 15 экзонов и 14 интронов, кодирует белок размером 527 аминокислот. Полиморфизм, ассоциированный со степенью экспрессии гена, находится в промоторном регионе и представлен рядом tandemных повторов. Количество повторов – 2; 3; 3,5; 4 и 5 определяют 5 аллелей гена, которые различаются по интенсивности экспрессии и транскрипции. Наличие высокоактивных аллелей связано с 3,5 и 4 повторами, а наличие низкоактивных – с 3 и, вероятно, 5 повторами [5]. Показано, что низкоактивный аллель ассоциирован с более высокой агрессивностью и импульсивностью [2].

Сравнительный анализ частот встречаемости полиморфных вариантов гена *SLC6A4*(5НТТLPR) выявил, что частота встречаемости гомозиготных генотипов LL и SS полиморфизма 5НТТLPR гена *SLC6A4* у исследуемых гандболистов выше, чем в белорусской популяции. По данным белорусских ученых, распределение полиморфизма 5НТТLPR гена *SLC6A4* среди жителей Республики Беларусь составляет SS генотип – 13,9 %, SL генотип – 45,9 %, LL генотип – 40,2 % [6]. Эти данные согласуются с нашими результатами (таблица 1). Среди спортсменов, специализирующихся в гандболе,

частота встречаемости спортсменов с LL генотипом составила 50 %, с SS генотипом – 35,71 %. Доля гетерозиготного генотипа составила 14,29 % (таблица 1). Таким образом, наблюдается увеличение частоты встречаемости генотипа SS за счет снижения встречаемости генотипа SL гена *SLC6A4* у гандболистов.

Таблица 1 – Распределение частот полиморфных вариантов генов серотонинергической системы у спортсменов-гандболистов (n=14) и в контрольной группе (n=67)

Гены	Показатели	Частота встречаемости генотипов, %			Частота встречаемости аллелей, %	
		SS	SL	LL	S	L
<i>SLC6A4</i> HTTLPR	Генотип	<b>SS</b>	<b>SL</b>	<b>LL</b>	<b>S</b>	<b>L</b>
	Спортсмены	35,71	14,29	50,00	42,86	57,14
	Контроль	12,73	41,27	46,0	33,3	66,7
<i>MAOA</i> (30bpVNTR)	Генотип	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>44</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	Спортсмены	35,71*	0*	64,29*	35,71	64,29
	Контроль	20,97*	35,48*	43,55*	38,7	61,3
<i>HTR1A</i> (C-1019G)	Генотип	<b>CC</b>	<b>CG</b>	<b>GG</b>	<b>C</b>	<b>G</b>
	Спортсмены	42,86*	57,14*	0*	71,43	28,57
	Контроль	38,8*	34,3*	26,9*	55,97	44,03
<i>HTR2A</i> (T102C)	Генотип	<b>TT</b>	<b>TC</b>	<b>CC</b>	<b>T</b>	<b>C</b>
	Спортсмены	28,57	35,71	35,71	46,43	53,57
	Контроль	16,7	50,0	33,3	41,7	58,3
<i>HTR2A</i> (A-1438G)	Генотип	<b>AA</b>	<b>AG</b>	<b>GG</b>	<b>A</b>	<b>G</b>
	Спортсмены	21,43*	21,43*	57,14*	67,86	32,14
	Контроль	13,05*	82,6*	4,35*	54,35	45,65

Примечание –\* значимые различия между группой спортсменов и контрольной по критерию  $\chi^2$ ,  $P < 0,05$

С ростом спортивного мастерства изменений в распределении полиморфных вариантов гена *SLC6A4*(5HTTLPR) не наблюдалось. Так, среди КМС и МСМК не выявлено представителей с гетерозиготным полиморфным вариантом гена *SLC6A4* (таблица 2). Частота встречаемости генотипов среди МС имеет такую же тенденцию, как в целом по группе: снижение частоты встречаемости гетерозиготного полиморфного варианта SL в группе спортсменов по сравнению с белорусской популяцией [6].

Распределение частот полиморфных вариантов гена *MAOA* показало, что среди гандболистов отсутствовали спортсмены с гетерозиготным вариантом данного гена (таблица 1). При этом преобладали спортсмены с 44 полиморфизмом гена *MAOA* – 64,29 %, носители аллелей с 3 повторами составляли 35,71 %. Данное распределение частот встречаемости статистически значимо отличается ( $P < 0,05$ ) от контрольной группы (таблица 1). Среди спортсменов наблюдается значимое увеличение встречаемости гомозиготного варианта 44 гена *MAOA* за счет отсутствия гетерозиготного генотипа.

Среди спортсменов высокой спортивной квалификации КМС, МС и МСМК значимых различий в частоте встречаемости генотипов 33 и 44 гена (30bpVNTR) *MAOA* между группами не наблюдалось. С ростом спортивного мастерства сохранялась тенденция в целом по группе: преобладали спортсмены, имеющие в своем генотипе 4 варьирующих tandemных повтора гена *MAOA* (таблица 2).

Ген *HTR1A* кодирует авторецептор 1A серотонина (5-HT<sub>1A</sub>). Вместе с транспортером серотонина этот рецептор регулирует концентрацию серотонина в синаптической щели. Однонуклеотидная замена C(-1019)G влияет на степень экспрессии гена *HTR1A*. Общим эффектом появления G аллеля является ослабление нейротрансмиссии серотонина в центральной нервной системе. Ген *HTR2A* кодирует широко представленный в организме постсинаптический рецептор серотонина (5-HT<sub>2A</sub>). Среди наиболее ярких полиморфизмов данного гена можно выделить замены T102C и A-1438G в промоторной зоне, C и G аллели сопряжены с пониженной экспрессией гена *HTR2A* по сравнению с T и A аллелями. Также было отмечено увеличение промоторной активности гена *HTR2A* в клетках, экспрессирующих конструкцию с аллелем A.

Результаты наших исследований показали, что среди спортсменов, специализирующихся в гандболе, отсутствуют представители с гомозиготным генотипом GG гена *HTR1A*. Соотношение генотипов CC и CG составили 42,86 и 57,14 % соответственно. Данное распределение генотипов значительно отличалось от контрольной группы (таблица 1). Частота встречаемости полиморфных вариантов C-1019G гена *HTR1A* у спортсменов-гандболистов составила: TT генотип – 28,57 %, TC – 35,71 %, CC – 35,71 % (таблица 1). Распределение полиморфных вариантов (A-1438G) *HTR2A* гена выявило преобладание гомозиготного генотипа GG (57,14 %) среди спортсменов, специализирующихся в гандболе, тогда как в контрольной группе доминировал гетерозиготный генотип AG (82,6 %) (таблица 1).

С ростом спортивного мастерства частота встречаемости полиморфных вариантов генов рецепторов серотонина распределились следующим образом. Увеличилась частота встречаемости спортсменов, обладающих гомозиготным генотипом CC гена *HTR1A*, гетерозиготным вариантом TC гена (T102C)*HTR2A*. Распределение генотипов полиморфизма A -1438G гена *HTR2A* в группах MC, KMC и MCMK значительно не отличились.

Таблица 2 – Распределение частот полиморфных вариантов генов серотонинергической системы у спортсменов в гандболе в зависимости от спортивной квалификации (n=14)

Ген	Генотип	MCMK, n=4		MC, n=7		KMC, n=3	
		n	%	n	%	n	%
<i>SLC6A4</i> HTTLPR	SS	1	25,00	3	42,86	1	33,3
	SL	0	0	2	28,57	0	0
	LL	3	75,00	2	28,57	2	66,67
<i>MAOA</i> (30bpVNTR)	33	1	25,00	3	42,86	1	33,3
	34	0	0	0	0	0	0
	44	3	75,00	4	57,14	2	66,67
<i>HTR1A</i> (C-1019G)	CC	2	50,00	3	42,86	1	33,3
	CG	2	50,00	4	57,14	2	66,67
	GG	0	0	0	0	0	0
<i>HTR2A</i> (T102C)	TT	1	25,00	3	42,86	0	0
	TC	2	50,00	2	28,57	1	33,3
	CC	1	25,00	2	28,57	2	66,67
<i>HTR2A</i> (A-1438G)	AA	1	25,00	1	14,29	1	33,3
	AG	0	0	3	42,86	0	0
	GG	3	75,00	3	42,86	2	66,67

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что в группе спортсменов повышена частота встречаемости S аллеля гена *SLC6A4*, который характеризуется низкой экспрессией транспортера серотонина и ассоциирован с более низкой устойчивостью нервной системы, но более высокими скоростями реакций [1].

В группе гандболистов значительно чаще встречаются спортсмены с генотипом 44 гена *MAOA*. Данный генотип ассоциирован с пониженной вероятностью агрессивного и антисоциального поведения [2].

В группе гандболистов отсутствуют спортсмены, имеющие генотип GG гена *HTR1A*. Общим эффектом появления G аллеля является ослабление нейротрансмиссии серотонина в центральной нервной системе. Возможно, данный генотип является неблагоприятным для роста спортивного мастерства в гандболе.

Частота встречаемости GG гена *HTR2A* значительно увеличивается в группе спортсменов по сравнению с контрольной группой. Показано, что частота данного генотипа снижена у людей с суицидальным поведением по сравнению с контролем [7].

1. Тимофеева, М.А. Полиморфизмы генов серотонинергической системы – маркеры устойчивости спортсмена к физическим и психическим нагрузкам: дис. ... канд. биол. наук / М.А. Тимофеева. – М., 2009. – 115 с.
2. Ахметов, И.И. Молекулярная генетика спорта / И.И. Ахметов. – М.: Советский спорт, 2009. – 268 с.

3. Association of anxiety-related traits with a polymorphism in the serotonin transporter gene regulatory region / K.P. Lech [at al.] // Science. – 1996. – Vol. 274. – P. 1527–1531.
4. Tissue distribution of human monoamine oxidase A and B mRNA / J. Grimsby [at al.] // J. Neurochem. – 1990. – Vol. 20. – P. 186–192.
5. Sabol, S.Z. A functional polymorphism in the monoamine oxidase. A gene promoter / S.Z. Sabol, S. Hu, D. Hamer // Hum. Genet. – 1998. – Vol. 103. – P. 273–279.
6. Копытов, А.В. Роль генетического полиморфизма транспортера серотонина 5-HTTLPR в прогрессивность алкоголизма у мужчин молодого возраста (в белорусской популяции) / А.В. Копытов, В.Г. Обьедков, И.М. Голоенко // Медицинский журнал. – 2012. – № 1. – С 118–122.
7. Гайсина, Д.А. Анализ ассоциации генов нейромедиаторных систем с агрессивным поведением человека: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Д.А. Гайсина. – Уфа, 2004. – 23 с.

## ПСИХОДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ПОРТФОЛИО ИЗУЧЕНИЯ ВНИМАНИЯ СПОРТСМЕНОВ

*Гиринская А.Ю.,*

Витебский государственный университет им. П.М. Машерова,  
Республика Беларусь

На всех этапах психологической подготовки спортсмена ведущее место занимает вопрос диагностики, практическое значение которой заключается в возможности определить степень концентрации внимания спортсмена с целью избежания появления ошибок внимания в спортивной деятельности.

Современное развитие психологической науки требует все более эффективных, достоверных и целенаправленных методов изучения психической реальности, в частности, когнитивных процессов.

Весьма актуальным является проблема изучения внимания у спортсменов. Необходимость и актуальность данного исследования не вызывает сомнений. Подтверждениями этому служат не только работы современных авторов (В.Г. Сивицкий, В.К. Сафонов, Д.Н. Волков, В.М. Аллахвердов и др.), но и реальные случаи из практики участия спортсменов в соревнованиях, где неудачи были вызваны их невнимательностью (в 2009 году в Оберхофе Д. Домрачева перепутала положение, из которого необходимо было выполнять стрельбу и была снята с соревнований; в 2010 году на этапе Кубка мира в том же Оберхофе Д. Домрачева трижды выстрелила по чужой мишени и заняла лишь 9-е место). И таких примеров немало. Все они подтверждают значимость изучения внимания у спортсменов для повышения результативности их тренировочного процесса и для избежания нелепых случаев во время выступлений на соревнованиях, приводящих к потере призовых мест.

Для этих целей белорусскими (В.Г. Сивицкий, Е.В. Силич, Е.В. Мельник) и российскими (компания «Нейрософт» и «Нейроком») учеными разработаны компьютерные психодиагностические комплексы; адаптированы или находятся на стадии адаптации тесты (методика Дж. Мэтьюза с соавт., адаптация А.М. Кустубаевой; методика Д.Е. Бродбента с соавт.) и экспериментальные задачи на внимание (М.Б. Кувалдина, А.Т. Камзанова с соавт.). В связи с актуальностью исследования проблем внимания и необходимостью стандартизированных, специфичных для определенного контингента (для спортсменов) методик была сделана подборка современных методов диагностики основных свойств внимания.

В настоящее время активно используют в диагностике внимания классические методики: таблицы, созданные немецким психологом К.В. Шульце, и методику Ф.Д. Горбова для определения скорости переключения внимания; тахистоскопическую методику Д. Кеттела и В. Вундта с целью диагностики объема внимания; корректурный тест Б. Бурдона для определения концентрации и устойчивости внимания и др. Чаще всего они включены в компьютерные психодиагностические комплексы, предназначенные для изучения различных сторон психики человека во всех его видах жизнедеятельности. Данный набор методик не является специфичным для спортсменов и имеет широкий спектр применения.

К современным методам диагностики, как уже было отмечено, относятся компьютерные диагностические комплексы. Они отвечают всем запросам нынешнего информатизированного общества.