

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

АССОЦИАЦИЯ ПОЛИМОРФИЗМА VAL158МЕТ ГЕНА *COMT*
С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО
СТАТУСА СПОРТСМЕНОВ

© 2019 г. Е. В. Валеева^{1,2,*}, Г. С. Кашеваров³, Р. Р. Касимова⁴,
И. И. Ахметов^{2,5}, О. А. Кравцова¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

²Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия

³Академия хоккея “Ак Барс” им. Ю.И. Моисеева, Казань, Россия

⁴Учебно-научный центр технологий подготовки спортивного резерва,
Поволжская государственная академия физической культуры спорта и туризма,
Казань, Россия

⁵Сектор биохимии спорта, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт
физической культуры, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: vevaleeva@ya.ru

Поступила в редакцию 17.08.2018 г.

После доработки 25.12.2018 г.

Принята к публикации 29.12.2018 г.

Устойчивость к психологическому стрессу, мотивация, физическая работоспособность и утомляемость являются генетически детерминированными признаками, важными для успешной соревновательной деятельности спортсменов. Полиморфизм гена катехол-О-метилтрансферазы (*COMT*; регулирует функции дофаминергической системы) может обуславливать индивидуальные различия в развитии и проявлении психофизиологических качеств. В данной работе проведена оценка влияния полиморфизма rs4680 гена *COMT* на психофизиологический статус 146 спортсменов разной специализации и квалификации. Показано, что у спортсменов, являющихся носителями аллеля Met, отмечается высокая психологическая устойчивость согласно тесту на выявление критической частоты световых мельканий, что отображает способность формировать адекватную заданию функциональную систему и удерживать ее более длительно по сравнению с носителями аллеля Val. У женщин (от 10 до 19 лет) выявлена более высокая скорость сенсомоторных реакций в тесте простой зрительно-моторной реакции и низкое число точных реакций в тесте реакции на движущийся объект. Мужчины, носители Met аллеля (от 12 до 19 лет) характеризуются более высокой личностной тревожностью по тесту Шкала тревоги Спилбергера–Ханина. Таким образом, показано, что полиморфизм rs4680 гена *COMT* оказывает влияние на психофизиологический статус спортсменов.

Ключевые слова: психогенетика спорта, психофизиологические показатели, тревожность, спортсмены, дофаминергическая система, катехол-О-метилтрансфераза, ген *COMT*

DOI: 10.1134/S0869813919030087

В большинстве исследований в области наследуемости психологических, психофизиологических, нейродинамических и сенсомоторных показателей традиционно рассматриваются отдельные показатели электроэнцефалограммы или группы показателей, которые отражают предполагаемую скрытую переменную, например,

свойства нервной системы [1]. Однако становится очевидной необходимость в комплексном подходе к изучению генетической психофизиологии, изучающей особенности личности и организма человека, определяющие реализуемую способность к заданным требованиям, особенно в профессиональной спортивной деятельности.

Устойчивость к психологическому стрессу, особенности темперамента и характера, координационные способности, способность к приему и переработке информации, умственные способности — это далеко не полный перечень генетически детерминированных признаков высшей нервной деятельности, в той или иной степени важных для осуществления успешной спортивной карьеры. Поскольку эти признаки проявляются у людей по-разному (наличие индивидуальных различий), то представляется важным выявление полиморфизма генов, ассоциированных с различными психическими качествами (память, скорость мышления, внимание, тревожность) и показателями психоэмоционального состояния спортсменов (тревога, эмоциональное возбуждение, утомляемость). Причем биохимическая изменчивость белков, в том числе и ферментов, участвующих в функционировании нейромедиаторной системы, также может быть обусловлена генетически, что, в свою очередь, вероятно, связано определенным образом с психофизиологическими различиями [2].

Ген катехол-О-метилтрансферазы (*COMT*) относится к семейству генов дофаминергической системы и играет ключевую роль в распаде дофамина в префронтальной коре мозга [3]. В четвертом экзоне гена *COMT* встречается замена гуанина на аденин (rs4680), которая приводит к замене валина на метионин в положении 158 фермента (Val158Met).

По данным ряда исследований аллель Met ассоциирован с более низкой (в 4 раза) активностью фермента по сравнению с аллелем Val, а значит и с большей концентрацией дофамина в префронтальной коре мозга [4]. При этом аллель Val связывают с проявлением менее агрессивного (физического и словесно-агрессивного) поведения, а также с нарушениями функций внимания и рабочей памяти, менее тревожным поведением [4–6]. Также данный полиморфизм ассоциируется с риском развития некоторых психических расстройств, например, шизофрении [7–10].

В то же время, согласно данным полногеномного анализа (GWAS), ассоциации полиморфизма rs4680 гена *COMT* с когнитивными или личностными особенностями не подтверждена. Также, согласно данным большинства мета-анализов, лишь в нескольких исследованиях обнаружена значимая связь аллеля Val в европейской популяции с некоторыми психическими расстройствами, в частности, синдромом дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), паническими расстройствами и большим депрессивным расстройством [11, 12], тогда как в других работах отсутствует связь с СДВГ [13]. Подобные противоречия могут возникнуть из-за оценки меньшего количества случаев контроля и пациентов, включенных в мета-анализ. В исследованиях с анализом большего количества выборок здоровых добровольцев показана ассоциация аллеля Met полиморфизма rs4680 гена *COMT* с позитивным ответом на вознаграждение при обучении [14], что может быть обусловлено снижением активности фермента катехол-О-метилтрансферазы [15].

Также существуют довольно противоречивые данные о вкладе генетического полиморфизма гена *COMT* в психофизиологический статус профессиональных спортсменов [16, 17]. В работе D. Abe с соав. показано, что аллель Met положительно ассоциируется с познавательными способностями и конкурентноспособностью у пловцов внутри данного вида спорта [18]. Еще в одном исследовании с участием триатлонистов “Ironman” у ультравыносливых спортсменов с генотипом Met/Met продемонстрированы высокие оценки поиска новизны, автор объясняет получен-

ную ассоциацию способностью фермента к увеличенной нейропередаче дофамина у носителей аллеля Met [16].

Учитывая важность фермента COMT в регулировании дофамина в префронтальной коре головного мозга, и то, что дофаминергические нейроны принимают участие в запуске двигательного акта [19], эффект генотипа Val158Met фенотипически может проявляться в межиндивидуальном различии психофизиологических особенностей.

В связи с этим целью данного исследования явился анализ ассоциации полиморфизма Val158Met гена *COMT* с показателями психофизиологического статуса российских спортсменов разной специализации и квалификации.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняло участие 146 спортсменов: 62 женщины и 84 мужчины (средний возраст 16.6 ± 3.4 и 19.4 ± 5.1 лет для женщин и мужчин, соответственно) различной спортивной специализации и квалификации: циклические виды спорта ($n = 49$), игровые виды ($n = 30$), скоростно-силовые виды спорта ($n = 33$), сложно-координационные виды спорта ($n = 17$), единоборства ($n = 17$). Все испытуемые подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Психофизиологическое и психологическое тестирование спортсменов проводилось с помощью аппаратно-программного комплекса “НС-ПсихоТест” (ООО “Нейрософт”, г. Иваново) утром в отдохнувшем состоянии согласно методикам, предложенным в методическом руководстве Мантровой И.Н. [20].

Психофизиологическое тестирование спортсменов включало проведение следующих тестов:

– простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР), в ходе которого измеряли время сенсомоторных реакций (мс), число пропусков, число преждевременных реакций, общее число ошибок, устойчивость внимания и оперативную память, функциональный уровень системы (ФУС), устойчивость реакции (УР), уровень функциональных возможностей (УФВ), коэффициент точности Уиппла, оценку работоспособности по ФУС, УР и УФВ. ПЗМР даёт представление об особенностях функционального состояния ЦНС;

– реакции на движущийся объект (РДО), включающего в себя измерение среднего времени реакции, числа точных реакций, коэффициента вариативности ошибок, числа опережений, числа запаздываний, суммы времени опережений и запаздываний, количества положительных реакций. РДО выявляет уравновешенность нервных процессов и работоспособность;

– критической частоты световых мельканий (КЧСМ), включающего измерение средней частоты световых мельканий, средней частоты сигналов при возрастании и убывании. КЧСМ выявляет подвижность нервных процессов в корковом отделе зрительного анализатора;

– теппинг-теста, в ходе которого оценивали число ударов, средний темп движения, уровень начального темпа, среднее различие темпа, междударный интервал, степень отклонения кривой работоспособности от исходного уровня, показатель силы нервной системы, количество ударов в первой части теста, уровень лабильности и выносливости. Теппинг-тест используют для диагностики силы нервных процессов, что отражает общую работоспособность человека.

Психологическое тестирование было проведено с помощью опросника Ч.Д. Спилбергера (в адаптации Ю.Л. Ханина), включающего оценку ситуативной личностной тревожности.

Материалом для генотипирования служили образцы ДНК, выделенные из цельной венозной крови с помощью коммерческого набора “ДНК-Экспресс-Кровь”

Таблица 1. Показатели тестов простой зрительно-моторной реакции и критической частоты световых мельканий у спортсменов в зависимости от полиморфизма Val158Met гена *COMT* (приведены данные по статистически значимо различающимся параметрам)

Тест	Генотип <i>COMT</i>			<i>p</i>	<i>F</i>	Величина эффекта**
	Val/Val (<i>n</i> = 32)	Val/Met (<i>n</i> = 66)	Met/Met (<i>n</i> = 48)			
Простая зрительно-моторная реакция						
Оценка работоспособности по функциональному уровню системы, ед.	4.4 (0.4)	4.4 (0.4)	4.6 (0.4)	0.02	3.9	0.23
Оценка работоспособности по устойчивости реакции, ед.	1.8 (0.4)	1.8 (0.4)	2.1 (0.5)	0.001*	8.1	0.34
Оценка работоспособности по уровню функциональных возможностей, ед.	3.4 (0.5)	3.4 (0.5)	3.7 (0.5)	0.001*	7.02	0.31
Критическая частота световых мельканий						
Средняя частота, Гц	41.6 (4.3)	39.7 (4.8)	39.0 (4.2)	0.03	3.5	0.16
Средняя частота при возрастании, Гц	38.2 (5.3)	36.1 (5.5)	34.9 (6.1)	0.04	3.3	0.10

Примечание. Приведены средние значения и стандартное отклонение (в скобках). *n* – число испытуемых. Фактический *p* уровень вычислен с учетом поправок Бонферрони на общее число проводимых тестов $p \leq 0.01$. * – значимое различие между тестами. ** – величина эффекта, сравниваемая между генотипами Val/Val + Val/Met и генотипом Met/Met.

согласно протоколу фирмы-производителя (НПФ “Литех”, г. Москва). Анализ генетического полиморфизма гена *COMT* осуществляли методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени с использованием праймеров и зондов, разработанных в ООО “СибДНК” (г. Новосибирск).

Статистический анализ проводился с применением пакета прикладных программ “GraphPad InStat”. Сравнение групп проводили с помощью двухвыборочного *t*-критерия для независимых выборок. Различия считались значимыми с учетом поправки Бонферрони.

Для оценки соответствия частот аллелей и генотипов равновесию Харди–Вайнберга (РХВ) использовали критерий χ^2 с применением онлайн ресурса [21]. Ассоциацию генотипов с результатами психофизиологического тестирования оценивали посредством однофакторного дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследуемой группе спортсменов распределение частот аллелей и генотипов по полиморфизму Val158Met гена *COMT* соответствовало РХВ ($\chi^2 = 1.7$; $p = 0.19$). При этом как среди мужчин, так и среди женщин отмечено преобладание гетерозиготного генотипа Val/Met (51 и 56% соответственно). Полученные в ходе исследования частоты генотипов характерны для большинства европеоидных популяций (при сравнении с данными 1000 Genome) [22].

Значимые результаты, полученные при проведении тестов простой зрительно-моторной реакции, и критическая частота световых мельканий, представлены в табл. 1. Установлена ассоциация полиморфизма Val158Met гена *COMT* с показателями психофизиологического статуса. Так, спортсмены с генотипом Met/Met по сравнению с носителями аллеля Val имеют тенденцию к увеличению таких показате-

телей как "Оценка работоспособности по функциональному уровню системы (ФУС)" и к значимо высоким показателям "Оценка работоспособности по устойчивости реакции (УР)" и "Оценка работоспособности по уровню функциональных возможностей (УФВ)" в тесте простой зрительно-моторной реакции. ФУС характеризует скорость произвольной реакции, которая зависит от возбудимости ЦНС. По нашим данным у гомозигот Met/Met значения ФУС увеличены, что может быть объяснено более низкой активностью катехол-О-метилтрансферазы.

Теоретической основой методики критической частоты световых мельканий является предположение о том, что индивидуальная КЧСМ обусловлена подвижностью нервных процессов в корковом отделе зрительного анализатора в понимании подвижности как быстроты возникновения и исчезновения нервных процессов возбуждения и торможения [23]. По данным описываемого теста у спортсменов, гомозиготных по аллелю Met обнаружена тенденция к снижению показателей "Средняя частота" и "Средняя частота при возрастании", что предположительно говорит о направленности к большей инертности нервных процессов у гомозиготных носителей Met/Met (табл. 2). Для других тестов значимых различий в общей группе спортсменов не выявлено.

Далее исследуемая группа была разделена на возрастные категории: I группа – ранний подростковый и подростковый период у женщин от 10 до 19 лет (48 человек) и мужчин от 12 до 19 лет (53 человека), II группа – от 20 до 30 лет у женщин (14 человек) и от 20 до 41 у мужчин (31 человек) [24].

При анализе результатов тестов в зависимости от пола было выявлено несколько значимых различий. У мужчин I группы наблюдается тенденция к увеличению ФУС в тесте простой зрительно-моторной реакции по сравнению с женщинами, однако скорость сенсомоторных реакций у мужчин значительно ниже, чем у женщин ($p = 0.0002$).

У мужчин по теппинг-тесту наблюдаются более высокие число ударов, что говорит о высокой работоспособности нервной системы, однако данные различия характерны только для I группы. В тесте реакции на движущийся объект по сумме опережений женщины во II группе реагируют раньше, что объясняется более выраженным преобладанием возбуждательного процесса; это подтверждается также тем, что женщины показывают низкое число точных реакций ($p = 0.0004$) в I группе, во II группе данная тенденция сохраняется ($p = 0.01$). В тесте "Критическая частота световых мельканий" у мужчин тенденция к повышенной средней частоте световых мельканий ($p = 0.05$ и $p = 0.02$ у I и II группы соответственно) и частоте при убывании ($p = 0.007$) у I группы по сравнению с женщинами, что говорит о более высокой лабильности (табл. 2).

На основании выявленных половых различий в дальнейшем нами была изучена ассоциация полиморфизма гена *COMT* с результатами тестов в зависимости от пола только у I возрастной группы, поскольку у II группы значимых различий не наблюдалось. По результатам теста "Шкала тревожности Спилберга–Ханина", предназначенного для диагностики ситуативного и долговременного психического состояния человека, мужчины-носители аллеля Met в I группе демонстрировали высокую личностную тревожность ($p = 0.04$) по сравнению с носителями генотипа Val/Val (табл. 3). По тестам простой зрительно-моторной реакции критическая частота световых мельканий, реакция на движущийся объект и теппинг-тест ассоциаций не выявлено.

Дальнейшее деление на подгруппы в зависимости от вида спорта и интенсивности спортивной нагрузки и их ассоциации с изученным полиморфизмом нами не проводилось ввиду малочисленности получаемых групп.

Наши исследования показали, что в общей группе спортсменов оценка устойчивости реакции и уровень функциональных возможностей выше у спортсменов с ге-

Таблица 2. Значения некоторых показателей психогенетического тестирования в зависимости от половой принадлежности спортсменов

Признак/пол	Мужчины (n = 84)		Женщины (n = 62)		p	t
	I (n = 53)	II (n = 31)	I (n = 48)	II (n = 14)		
Простая зрительно-моторная реакция						
Скорость сенсомоторных реакций, мс	216.5 (23.2)	215.6 (28.0)	237.2 (30.0)	216.7 (16.0)	0.0002*	3.9*
Функциональный уровень системы, ед.	4.53 (0.39)	4.54 (0.40)	4.34 (0.35)	4.39 (0.24)	0.01*	2.6*
Теппинг-тест						
Число ударов, уд.	206.3 (21.1)	202.5 (21.3)	193.3 (27.9)	209.6 (20.3)	0.009*	2.7*
Средняя частота ударов, уд.	7.0 (0.7)	7.1 (0.7)	6.6 (0.9)	6.8 (0.7)	0.01*	2.6*
Уровень начального темпа	7.7 (1.0)	7.8 (1.2)	7.3 (1.0)	7.5 (0.8)	0.01*	2.5*
Междарный интервал, мс	145.9 (14.3)	143.6 (14.4)	157.6 (29.8)	148.3 (13.6)	0.01*	2.6
Кол-во удара в первой части теста	36.3 (4.8)	37.7 (3.9)	38.8 (4.9)	38.9 (5.9)	0.01	2.6*
Уровень выносливости, ед.	8.4 (1.5)	8.8 (1.7)	7.5 (2.3)	8.0 (1.9)	0.02*	2.3*
Уровень лабильности, ед.	7.0 (1.6)	7.1 (1.8)	6.4 (1.7)	6.7 (1.4)	0.048*	2.0*
Реакции на движущийся объект						
Число точных реакций, ед.	26.7 (5.9)	25.2 (7.0)	22.7 (5.0)	19.5 (4.1)	0.0004* 0.01**	3.6* 2.6**
Сумма времени опережений, мс	-794.8 (546.3)	-841.0 (533.4)	-1060.6 (656.6)	-1437.3 (705.1)	0.03* 0.004**	2.2* 3.1**
Число опережений, ед.	10.4 (6.2)	11.0 (6.2)	11.8 (5.4)	16.2 (7.7)	0.02**	2.3**
Критическая частота световых мельканий						
Средняя частота световых мельканий, Гц	39.9 (4.5)	42.9 (4.4)	38.1 (4.3)	39.7 (2.3)	0.05* 0.02**	2.0* 2.5**
Средняя частота при убывании, Гц	46.2 (0.8)	46.2 (10.5)	41.0 (6.5)	44.1 (3.7)	0.007*	2.8*

Примечание. I группа – женщины с 10 до 19 лет, мужчины с 12 до 19 лет; II группа – женщины с 20 до 30 лет, мужчины с 20 до 41 года. * – различие между мужчинами и женщинами I возрастной группы; ** – различие между мужчинами и женщинами II возрастной группы; фактический *p* уровень вычислен с учетом поправок Бонферрони на общее число проводимых тестов $p \leq 0.003$.

нотипом Met/Met, при этом мужчины носители Met аллеля I группы характеризуются более высокой личностной тревожностью в тесте “Шкала тревоги” Спилберга–Ханина. У женщин в I группе выявлена более высокая скорость сенсомоторных реакций в тесте простой зрительно-моторной реакции и низкое число точных реакций в тесте реакции на движущийся объект, но влияния определенных генотипов на изученные показатели нами выявлено не было.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

О генетически обусловленных индивидуальных различиях психических проявлений элитных спортсменов известно немного [12]. Известно, что ряд психофизиологических параметров, например, устойчивость к психологическому стрессу,

Таблица 3. Ассоциация полиморфизма Val158Met гена *COMT* с показателями психофизиологических тестов у спортсменов при разделении по гендерному признаку у I возрастной группы

Признак/Генотип	Мужчины			Женщины		
	Val/Val	Val/Met	Met/Met	Val/Val	Val/Met	Met/Met
	(n = 11)	(n = 24)	(n = 18)	(n = 6)	(n = 25)	(n = 17)
Простая зрительно-моторная реакция						
Скорость сенсомоторных реакций, мс	211.0 (22.2)	220.7 (20.8)	214.3 (20.5)	236.6 (28.5)	233.9 (30.7)	242.3 (30.6)
ФУС, ед.	4.5 (0.4)	4.6 (0.2)	4.6 (0.2)	4.3 (0.3)	4.2 (0.4)	4.2 (0.4)
Оценка работоспособности по скорости реакции, ед.	211.0 (22.2)	210.5 (20.9)	212.3 (20.6)	236.6 (28.4)	238.9 (30.6)	237.9 (30.5)
Теппинг-тест						
Число ударов, уд.	213.0 (25.2)	211.5 (26.8)	206.2 (28.0)	181.3 (24.4)	184.0 (19.1)	191.8 (24.2)
Средняя частота ударов, уд.	7.2 (0.9)	7.1 (0.9)	7.0 (1.0)	6.1 (0.8)	6.2 (0.7)	6.5 (0.8)
Уровень начального темпа	7.8 (0.9)	7.8 (1.0)	7.5 (0.8)	7.0 (1.1)	7.0 (1.0)	7.4 (1.1)
Межд. интервал, ед.	141.6 (16.4)	142.9 (17.8)	146.9 (18.9)	167.0 (25.7)	163.4 (18.1)	157.5 (21.2)
Кол-во ударов в первой части теста, ед.	34.5 (5.4)	35.7 (5.6)	35.8 (5.6)	40.7 (6.8)	36.7 (3.7)	35.9 (4.4)
Средняя частота, Гц	7.2 (0.8)	6.8 (0.6)	7.0 (0.7)	5.6 (1.2)	6.6 (0.9)	6.5 (0.7)
Уровень выносливости, ед.	8.6 (1.5)	8.4 (1.7)	8.1 (1.7)	6.6 (2.3)	7.8 (2.4)	7.3 (2.1)
Уровень лабильности, ед.	7.2 (1.5)	7.1 (1.7)	6.6 (1.5)	5.8 (2.0)	6.6 (1.7)	6.1 (1.6)
Реакция на движущийся объект						
Число точных реакций, ед.	25.5 (4.9)	25.7 (6.9)	28.9 (4.6)	24.3 (4.3)	23.0 (5.0)	21.8 (5.1)
Сумма времени опережений, мс	-1020.6 (520.2)	-837.9 (594.0)	-599.3 (447.4)	-886.5 (328.3)	-978.4 (647.9)	-1242.9 (738.7)
Число опережений, ед.	14.0 (6.3)	10.8 (6.8)	7.7 (4.0)	9.9 (2.9)	11.1 (4.9)	13.4 (2.4)
Критическая частота световых мельканий						
Средняя частота световых мельканий, Гц	39.1 (4.1)	40.4 (4.8)	39.7 (4.5)	39.2 (2.9)	38.7 (4.8)	37.0 (3.9)
Средняя частота при убывании, Гц	43.8 (3.9)	44.8 (4.5)	43.7 (5.9)	38.8 (7.5)	41.5 (4.5)	41.0 (6.3)
Шкала тревоги Спилберга–Ханина						
Личностная тревожность, ед.	33.4 (5.6)	39.1* (8.2)	37.0* (5.4)	33.8 (4.4)	36.7 (8.8)	39.0 (9.2)

Примечание. * $p < 0.05$ по сравнению с группой мужчин, являющихся носителями аллеля Val/Val.

особенности темперамента и характера, координационные способности, способность к приему и переработке информации, умственные способности и многие другие обусловлены не только внешними факторами, но и генетическим полиморфизмом. На сегодняшний день такие полиморфизмы обнаружены в десятках генов, относящихся к различным нейротрансмиттерным системам мозга (например, *COMT*, *DRD1*, *DRD2*, *DRD3*, *DRD4*, *DBH*, *SLC6A3*, *SLC6A4*, *TPH1*, *TPH2*, *HTR2A*, *HTR2B* и *MAOA*) [25–30].

Одной из нейротрансмиттерных систем мозга является моноаминергическая нейромедиаторная система, которая отвечает за синтез биологически активных аминов – катехоламинов, в частности, дофамина и серотонина. Дофаминовую си-

стему в психогенетических исследованиях связывают с обеспечением подкрепления или “вознаграждения”, а серотониновую — с оказанием тормозящего эффекта на определенные виды активации, в частности, ведущие к тревоге или агрессии [31].

Полиморфизм гена катехол-О-метилтрансферазы (*COMT*; регулирует функции дофаминергической системы) может обуславливать индивидуальные различия в развитии и проявлении психофизиологических качеств. Полиморфизм Val158Met (rs4680) гена *COMT* давно хорошо изучен, однако имеется недостаточное число исследований, выполненных с участием спортсменов. Тем не менее, существует все больше доказательств того, что ключевые варианты генов могут изменять активность нейронных цепей, и как следствие, влиять на психофизиологический статус. Активность фермента *COMT* по-разному влияет на передачу дофамина в префронтальной коре головного мозга, а поскольку наличие аллеля Met полиморфизма rs4680 значительно уменьшает активность фермента, это может приводить к снижению метаболизма дофамина [32].

По современным представлениям, генетически обусловленная вариативность структур и функций мозга может влиять на индивидуальную изменчивость психических качеств человека. В контексте нейропсихологии различные виды спорта предъявляют различные требования к спортсменам. Например, в гольфе, где игрок управляет своим собственным темпом исполнительного решения, отдается предпочтение самоподготовке, в отличие от хоккея, баскетбола и т.д., где в высокой степени требуется адаптируемость и умение быстро принимать решения [33]. Т. Vestberg с соавт. показали, что ограниченные по времени тесты на исполнительное функционирование позволяют отбирать наиболее перспективных спортсменов в футболе [34].

Сформированная батарея тестовых методик служит одной цели — определению психофизиологического статуса спортсменов, а именно — выявление силы, подвижности и баланса нервных процессов в нервной системе спортсмена посредством проведения психомоторных тестов, что является широко распространенной практикой [35–39]. В частности, на основании показателей теста ПЗМР можно сделать выводы о временных параметрах более сложных составляющих поведения человека; они позволяют оценить интегральные характеристики ЦНС, так как при его реализации задействованы как основные анализаторные системы человека, так и определенные отделы головного мозга и нисходящие нервные пути. ПЗМР указывает на работоспособность и подвижность нервной системы [20].

С помощью РДО оценивают точность реагирования, склонность к риску, уравновешенность нервных процессов, функциональное состояние и работоспособность ЦНС.

Теппинг-тест применяется для оценки способности нервных клеток быстро переходить от состояния торможения к возбуждению и наоборот, и для определения скоростных возможностей двигательного анализатора. Результаты тестирования могут использоваться при оценке силы нервной системы [40]. По мнению Б.М. Теплова и В.Д. Небылицына, сила нервных процессов отражает чувствительность анализаторов: человек с сильной нервной системой менее чувствителен, способен реагировать на стимулы высокой интенсивности, чем человек со слабой нервной системой [23]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что уровень начального темпа у носителей Met аллеля ниже и количество ударов тоже меньше.

КЧСМ характеризует функциональное состояние коркового отдела зрительного анализатора и ЦНС, а также степень инертности психических процессов. Этот тест является весьма важным интегральным показателем в оценке психоэмоционального напряжения, которое является фактором психофизиологической дезадаптации [41].

По данным близнецовых исследований скорость простой зрительной двигательной реакции наследуется на 22–86% [42–44]. Чем лучше развита у человека скорость зрительно-моторной (двигательной) реакции (ЗМР), тем больше у него шансов показывать лучшие достижения в спортивных командных играх. Время ЗМР зависит от соотношения тормозных и возбуждающих процессов в коре головного мозга.

К примеру, исходя из данных литературы, носители аллеля Met проявляют себя как более беспокойные индивиды, им интересна исследовательская деятельность, они более уязвимы к стрессу; носители аллеля Val характеризуются высоким болевым порогом, более устойчивы к стрессу [45–47].

По полученным данным можно предположить, что спортсмены с аллелью Met более склонны к личностной тревожности. Высокая тревожность является негативной личностной чертой, является условием формирования отрицательного статуса личности и конфликтных отношений, создает предпосылки для агрессивного поведения, поэтому данный фактор положительно не влияет на дальнейшие спортивные достижения. С другой стороны, повышенная тревожность может повышать активность, способствовать предвидению возможной опасности, а может порождать ощущение беспомощности и неуверенности [48, 49].

В работе D. Wahlstrom с соавт. было установлено, что дети и подростки в возрасте 9–17 лет с генотипом Val/Met в различных психологических и моторных тестах (показатели памяти, внимания, координации движений, скорости двигательных реакций) показывают лучшие результаты [50]. Кроме того, при изучении ассоциации Val158Met полиморфизма гена *COMT* с эмоциональными проявлениями у российских женщин была установлена связь Val аллеля с повышенной физической агрессивностью [51].

Из данных литературы известно, что носители аллеля Met имеют высокие когнитивные способности, большее количество серого вещества в головном мозге, низкий риск развития депрессии, пониженную физическую агрессивность [52, 53]. Таким образом, характерное для генотипа Met повышение этих показателей (УФВ и УР) позволяет судить о несколько более высокой продуктивности функционирования нервной системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спортсмены с генотипом Met/Met гена *COMT* по ряду показателей теста ПЗМР (функциональный уровень системы, устойчивость реакции и уровень функциональных возможностей) имеют более высокие значения, чем носители аллели Val. У женщин (10–19 лет) выявлена более высокая скорость сенсомоторных реакций в тесте ПЗМР и низкое число точных реакций в тесте РДО по сравнению с мужчинами этой же возрастной группы. Мужчины (12–19 лет) с аллелью Met имеют более высокий показатель личностной тревожности по сравнению с гомозиготами Val/Val.

Полученные данные можно учитывать при психологической коррекции, а также для индивидуализации тренировочного процесса и персонального подхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ломов Б.С., Равич-Щербо И.В. Проблемы генетической психофизиологии человека. М. Наука. 1978. [Lomov B.S., Ravich-Scherbo I.V. Problemy geneticheskoy psychophysiologyi cheloveka [Problems of genetic human psychophysiology]. Moscow. Nauka. 1978].
2. Равич-Щербо И.В., Марютина Т.М., Григоренко Е.Л. Психогенетика. М. АспектПресс. 2004. [Ravich-Scherbo I.V., Maryutina T.M., Grigorenko E.L. Psychogenetika [Psychogenetics]. M. AspectPress. 2004].
3. Pavlov A.K., Chistiakov D.A., Chekhonin V.P. Genetic determinants of aggression and impulsivity in humans. Hum. Genet. 53: 61–82. 2011.

4. Wacker J., Mueller E.M., Hennig J., Stemmler G. How to consistently link extraversion and intelligence to the catechol-O-methyltransferase (COMT) gene: On defining and measuring psychological phenotypes in neurogenetic research. *J. Pers. Soc. Psychol.* 102 (2): 427–444. 2012.
5. Heindel S., Riemer T.G., Schulte S., Onken J., Heinz A., Rapp M.A. Catechol-O-methyltransferase (COMT) genotype affects age-related changes in plasticity in working memory: A pilot study. *Biomed. Res. Int.* 2014. doi 10. 1155/2014/414351.
6. Tuvblad C., Narusyte J., Comasco E., Andershed H., Andershed A.K., Colins O.F., Fanti K.A., Nilsson K.W. Physical and verbal aggressive behavior and COMT genotype: Sensitivity to the environment. *Neuropsychiatr. Genet.* 171(5): 708–718. 2016.
7. Clelland C.L., Drouet V., Rilett K.C., Smeed J.A., Nadrlich R.H., Rajparia A., Read L.L., Clelland J.D. Evidence that COMT genotype and proline interact on negative-symptom outcomes in schizophrenia and bipolar disorder. *Transl. Psychiatry.* 6(9):e891. 2016.
8. Benkovits J., Magyarosi S., Pulay A.J., Makkos Z., Egerhazi A., Balogh N., Almos P., Liko I., Schizobank Consortium H., Nemeth G., Molnar J.M., Nagy L., Rethelyi J.M. Investigation of *CNTF*, *COMT*, *DDRI*, *DISC1*, *DRD2*, *DRD3*, and *DTNBP1* candidate genes in schizophrenia: Results from the Hungarian SCHIZOBANK Consortium. *Neuropsychopharmacol. Hung.* 18(4): 181–187. 2016.
9. Tang X., Jin J., Tang Y., Cao J., Huang J. Risk assessment of aggressive behavior in Chinese patients with schizophrenia by fMRI and COMT gene. *Neuropsychiatr. Dis. Treat.* 13: 387–395. 2017.
10. Nkam I., Ramoz N., Breton F., Mallet J., Gorwood P., Dubertret C. Impact of DRD2/ANKK1 and COMT polymorphisms on attention and cognitive functions in schizophrenia. *PLoS One.* 12(1): e0170147. 2017.
11. Taylor S. Association between COMT Val158Met and psychiatric disorders: A comprehensive meta-analysis. *Am. J. Med. Genetics. Part B: Neuropsychiatric Genetics.* 177(2): 199–210. 2018.
12. Wang G., Padmanabhan S., Wolfarth B., Fuku N., Lucia A., Ahmetov I.I. Genomics of elite sporting performance: What little we know and necessary advances. *Adv. Genet.* 84: 123–149. 2013.
13. Lee Y.H., Song G.G. BDNF 196 G/A and COMT Val158Met polymorphisms and susceptibility to ADHD: A meta-analysis. *J. Attention Disorders.* 22(9): 872–877. 2015.
14. Corral-Frias N.S., Pizzagalli D.A., Carré J.M., Michalski L.J., Nikolova Y.S., Perlis R.H., Fagerness J., Lee M.R., Conley E.D., Lancaster T.M., Haddad S., Wolf A., Smoller J.W., Hariri A.R., Bogdan R. COMT Val158Met genotype is associated with reward learning: A replication study and meta-analysis. *Genes, Brain and Behavior.* 15(5): 503–513. 2016.
15. Chen J., Lipska B.K., Halim N., Ma Q.D., Matsumoto M., Melhem S., Kolachana B.S., Hyde T.M., Herman M.M., Apud J., Egan M.F., Kleinman J.E., Weinberger D.R. Functional analysis of genetic variation in catechol-O-methyltransferase (COMT): Effects on mRNA, protein, and enzyme activity in postmortem human brain. *Hum. Genet.* 75(5): 807–821. 2004.
16. Van Breda K., Collins M., Stein D.J., Rauch L. The COMT Val(158)Met polymorphism in ultra-endurance athletes. *Physiol. Behav.* 1(151): 279–283. 2015.
17. Landers J.G., Esch T. Sport physiology, dopamine and nitric oxide – Some speculations and hypothesis generation. *Med. Hypotheses.* 85(6): 905–909. 2015.
18. Abe D., Doi H., Asai T., Kimura M., Wada T., Takahashi Y., Matsumoto T., Shinohara K. Association between COMT Val158Met polymorphism and competition results of competitive swimmers. *J. Sports Sci.* 3: 1–5. 2017.
19. Шаповалова К.Б. Возможные нейрофизиологические и нейрохимические механизмы участия стриатума в инициации и регуляции произвольного движения. *Физиол. журн. СССР.* 71(5): 537–553. 1985. [Шаповалова К.Б. Возможные нейрофизиологические и нейрохимические механизмы участия стриатума в инициации и регуляции произвольного движения [Possible neurophysiological and neurochemical mechanisms of striatum participation in the initiation and regulation of voluntary movement]. *Fiziol. zhurn. SSSR.* 71 (5): 537–553. 1985. (In Russ.)].
20. Мантрова И.Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике. Иваново. ООО “Нейрософт”. 2007. [Мантрова И.Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике [Methodical manual on psycho-physiological and psychological diagnostics]. Иваново. ООО “Neurosoft”. 2007].
21. Preacher K.J. Calculation for the chi-square test: An interactive calculation tool for chi-square tests of goodness of fit and independence [Computer software]. Available from <http://quantpsy.org>. (дата обращения: 7.12.2018).
22. Международная база данных 1000 GENOME. URL: http://www.ensembl.org/Homo_sapiens/Variation/Explore?r=22:19963248-19964248;v=rs4680;vdb=variation;vf=64380857 (дата обращения: 07.12.2018). [Международная база данных 1000 GENOME. URL: http://www.ensembl.org/Homo_sapiens/Variation/Explore?r=22:19963248-19964248;v=rs4680;vdb=variation;vf=64380857 (дата обращения: 07.12.2018)].
23. Теплов В.М., Небылицын В.Д. Изучение основных свойств нервной системы и их значения для психологии индивидуальных различий. *Вопросы психологии.* 5: 38–48. 1963. [Теплов В.М., Небылицын В.Д. Изучение основных свойств нервной системы и их значения для психологии индивидуальных различий. *Вопросы психологии.* 5: 38–48. 1963.]

- significance for the psychology of individual differences]. *Voprosy psichologii*. 5: 38–48. 1963. (In Russ.).
24. Малая медицинская энциклопедия. Гл. ред. В.И. Покровский. М. Медицина. 1991–1996. [Malaya meditsinskaya entsiklopediya. [Small medical encyclopedia.] Gl. red. V. I. Pokrovskiy. M. Meditsina. 1991–1996].
 25. Denny K.G., Steiner H. External and internal influencing happiness in elite collegiate athletes. *Child Psychiatry Hum. Dev.* 40(1): 55–72. 2009.
 26. Alfimova M.V., Monakhov M.V., Golimbet V.E., Korovaitseva G.I., Lyashenko G.L. Analysis of associations between 5-HTT, 5-HTR2A, and GABRA6 gene polymorphisms and health-associated personality traits. *Bull. Exp. Biol. Med.* 149: 434–436. 2010.
 27. Chen H., Pine D.S., Ernst M., Gorodetsky E., Kasen S., Gordon K., Goldman D., Cohen P. The MAOA gene predicts happiness in women. *Prog. Neuro-Psychopharmacol. Biol. Psychiat.* 10(40): 122–125. 2013.
 28. Dfarhud D., Malmir M., Khanahmadi M. Happiness & health: The biological factors—systematic review article. *Health.* 43(11): 1468–1477. 2014.
 29. Kalaev B.H., Nechaeva M.C., Korneeva O.S., Cherenkov D.A. Влияние полиморфизма генов серотонинового транспортера и моноаминоксидазы А на психоэмоциональную и кардиологическую стабильность спортсменов. *Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова.* 101(11): 1309–1323. 2015. [Kalaev V.N., Nechaeva M.S., Korneeva O.S., Cherenkov D.A. The influence of serotonin transporter and monoamine oxidase A genes polymorphism on psychoemotion and karyological stability of athletes. *Russ. J. Physiol.* 101(11): 1309–1323. 2015. (In Russ.)].
 30. Andreou D., Söderman E., Axelsson T., Sedvall G. C., Terenius L., Agartz I., Jönsson E.G. Associations between a locus downstream DRD1 gene and cerebrospinal fluid dopamine metabolite concentrations in psychosis. *Neurosci. Lett.* 619: 126–130. 2016.
 31. Захаров В.В., Яхно Н.Н. Когнитивные расстройства в пожилом и старческом возрасте: Методическое пособие для врачей. Москва. 2005. [Zaharov V.V., Yahno N.N. Kognitivnyye rasstroystva v pozhilom i starcheskomvozraste: Metodicheskoye posobiye dlya vrachey [Cognitive disorders in the elderly and senile age: A toolkit for doctors]. Moskva. 2005.].
 32. Bilder R.M., Volavka J., Lachman H.M., Grace A.A. The catechol-O-methyltransferase polymorphism: Relations to the tonic-phasic dopamine hypothesis and neuropsychiatric phenotypes. *Neuropsychopharmacology.* 29(11): 1943–1961. 2004.
 33. Singer R.N. Performance and human factors: Considerations about cognition and attention for self-paced and externally-paced events. *Ergonomics.* 43(10): 1661–1680. 2000.
 34. Vestberg T., Gustafson R., Maurex L., Ingvär M., Petrovic P. Executive functions predict the success of top soccer players. *PLoS One.* 7(4): e34731. 2012.
 35. Хорьяков В.А. Методология прогнозирования успешности спортивной деятельности юных борцов на различных этапах онтогенеза. Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 4: 157–160. 2011. [Khorjakov V.A. Methodology for predicting the young wrestlers success of sporting activities in various stages of ontogeny. *Pedagogika, psikhologiya i mediko-biologicheskiye problem fizicheskogo vospitaniya i sporta.* 4: 157–160. 2011. (In Russ.)].
 36. Козин В.В., Гераськин А.А., Родионов А.В. Теория и практика применения деятельностного подхода к подготовке спортсменов. Омский научный вестник. 1(125): 167–172. 2014. [Kozin V.V., Geraskin A.A., Rodionov A.V. [Theory and practice of applying the activity approach to training athletes. *Omskiy nauchnyy vestnik.* 1(125): 167–172. 2014. (In Russ.)].
 37. Середва А.П., Матвиенко С.В. Совершенствование инструментария для мониторинга функционального состояния спортсменов. Инновационные технологии в спорте и физическом воспитании. 299–305. 2016. [Sereda A.P., Matviyenko S.V. Improving the tools for monitoring the functional status of athletes. *Innovatsionnyye tekhnologii v sporte i fizicheskom vospitanii.* 299–305. 2016. (In Russ.)].
 38. Морозов О.С., Маринич В.В. Применение информационно-технических средств в управлении процессом подготовки и спортивном отборе студентов в скоростно-силовые виды спорта. Здоровье для всех. 2: 17–22. 2010. [Morozov O.S., Marinich V.V. The use of information technology tools in the management of the training process and the sports selection of students in high-speed sports. *Zdorovye dlya vseh.* 2: 17–22. 2010. (In Russ.)].
 39. Сердюков О.Э., Селезнева О.В. Отбор высокорослых девочек 13–14 лет для начального обучения волейболом. Культура физическая и здоровье. (5): 40–43. 2010. [Serdnyukov O.E., Selezneva O.V. Otbor vysokoroslykh devochek 13–14 let dlya nachalnogo obucheniya voleybolom [The selection of tall girls 13–14 years old for elementary volleyball training]. *Kultura fizicheskaya i zdorovye.* (5): 40–43. 2010.].
 40. Ильин Е.П. Дифференциальная психофизиология. СПб. Питер. 2001. [Ilin E.P. *Differentialnaya psikhofiziologiya* [Differential psychophysiology]. SPb. Piter. 2001].
 41. Дрягалова Е.А., Касатова Е.Н. Диагностический комплекс оценки психофизиологического статуса обучающихся в процессе профессионального самоопределения. Современные проблемы науки и образования. 2–3: 148–158. 2015. [Dryagalova E.A., Kasatova E.N.

- Diagnostic complex assessment of the psycho-physiological status of students in the process of professional self-determination. Modern problems of science and education. 2–3: 148–158. 2015. (In Russ.).
42. *Vanderberg S.G.* The hereditary abilities study: Hereditary components in a psychological test battery. *Am. J. Hum. Genet.* 14: 220–237. 1962.
 43. *Komi P.V., Klissouras V., Karvinen E.* Genetic variation in neuromuscular performance. *Internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie einschließlich Arbeitsphysiologie.* 31(4): 289–304. 1973.
 44. *Сергиенко Л.П.* Использование метода близнецового взаимоконтроля для изучения генетики двигательных способностей человека. Теория и практика физической культуры. 10.30.1975. [*Sergienko L.P.* Using the twin mutual control method to study the genetics of human motor abilities. *Teoriya i praktika phisicheskoy kulturi.* 10. 30. 1975. (In Russ.).]
 45. *Stein D.J., Newman T.K., Savitz J., Ramesar R.* Warriors versus worriers: The role of COMT gene variants. *Spectr.* 11(10): 745–748. 2006.
 46. *Seib C., Whiteside E., Voisey J., Lee K., Alexander K., Humphreys J., Chopin L., Anderson D.* Stress, COMT Polymorphisms, and Depressive Symptoms in Older Australian Women: An Exploratory Study. *Genet. Test. Mol. Biomarkers.* 20(8): 478–481. 2016.
 47. *Montirosso R., Provenzi L., Tavian D., Missaglia S., Raggi M.E., Borgatti R.* COMT val158met polymorphism is associated with behavioral response and physiologic reactivity to socio-emotional stress in 4-month-old infants. *Infant. Behav. Dev.* 45: 71–82. 2016.
 48. *Левитов Н.Д.* Психология характера. М. Просвещение. 1969. [*Levitov N.D.* *Psikhologiya kharaktera* [Psychology of character]. Moscow. Prosveshchenie. 1969].
 49. *Проняева Е.В.* Методы снижения уровня тревожности курсантов в процессе военно-учебной деятельности. Ученые записки. 77. 2014. [*Pronyayeva E.V.* *Metody snizheniya urovnya trevozhnosti kursantov v protsesse voyenno-uchebnoy deyatel'nosti* [Methods of reducing the level of anxiety of cadets in the process of military training activities]. *Uchenyye zapiski.* 77. 2014].
 50. *Wahlstrom D., White T., Hooper C.J., Vrshek-Schallhorn S., Oetting W.S., Brott M.J., Luciana M.* Variations in the catechol-O-methyltransferase polymorphism and prefrontally guided behaviors in adolescents. *Biol. Psychiatry.* 61(5): 626–632. 2007.
 51. *Куликова М.А., Малюченко Н.В., Тимофеева М.А., Шлепцова В.А., Щеголькова Ю.В., Сысоева О.В., Иванецкий А.М., Тоневецкий А.Г.* Влияние функционального полиморфизма Val158Met катехол-О-метилтрансферазы на физическую агрессивность. Бюлл. экпер. биол. имед. 145(1): 68–70. 2008. [*Kulikova M.A., Malyuchenko N.V., Timofeyeva M.A., Shleptsova V.A., Shchegolkova Yu.V., Sysoyeva O.V., Ivanitskiy A.M., Tonevitskiy A.G.* The influence of functional polymorphism Val158Met catechol-O-methyltransferase on physical aggressiveness. *Bull. eksper. biol. i med.* 145(1): 68–70. 2008. (In Russ.).]
 52. *Smolka M.N., Schumann G., Wrase J., Grüsser S.M., Flor H., Mann K., Braus D.F., Goldman D., Büchel C., Heinz A.* Catechol-O-methyltransferase val158met genotype affects processing of emotional stimuli in the amygdala and prefrontal cortex. *Neuroscience.* 25(4): 836–842. 2005.
 53. *Mier D., Kirsch P., Meyer-Lindenberg A.* Neural substrates of pleiotropic action of genetic variation in COMT: A meta-analysis. *Mol. Psychiatry.* 15(9): 918–927. 2010.

Association of Val158Met Polymorphism in *COMT* Gene with Psychophysiological Status in Athletes

E. V. Valeeva^{a, b, *}, G. S. Kashevarov^c, R. R. Kasimova^d,
I. I. Ahmetov^{b, e}, O. A. Kravtsova^a

^aDepartment of Biochemistry and Biotechnology, Kazan (Volga) Federal University, Kazan, Russia

^bKazan State Medical University, Kazan, Russia

^cMoiseyev Academy of hockey “Ak Bars”, Kazan, Russia

^dSport Technology Research Centre, Volga Region State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia

^eSports Biochemistry Department, St Petersburg Research Institute of Physical Culture, St Petersburg, Russia

*e-mail: vevaleeva@ya.ru

Abstract—Resistance to psychological stress, motivation, mental and physical abilities, fatigue are mostly genetically determined features that are necessary for success in sports. Polymorphism of the catechol-O-methyl transferase gene (*COMT*; regulates the functions of the dopaminergic system) can cause individual differences in the development and manifestation of psychophysiological features. In this study, we evaluated the

impact of the rs4680 polymorphism of *COMT* gene on the psycho-physiological status of 146 athletes of different specializations and qualifications. It has been shown that athletes with Met allele have high psychological stability according to the test of the critical frequency of flickering light, which reflects the ability to form a functional system suitable to the task and hold it longer compared to the Val carriers. Women (from 10 to 19 years) have a higher speed of sensorimotor reactions in the simple visual motor reaction test, and we detected a low number of accurate reactions in the reaction to a moving object test. Male with Met allele (from 12 to 19 years) are characterized by higher personal anxiety by the Spielberger-Hanin questionnaire. Thus, it is shown that the rs4680 polymorphism of *COMT* gene affects the psycho-physiological status of athletes.

Keywords: psychogenetics of sport, psychophysiological indicators, athlete, anxiety, dopaminergic system, DNA-polymorphism, catechol-O-methyltransferase, *COMT*

ЦИТИРОВАТЬ:

Валеева Е.В., Кашеваров Г.С., Касимова Р.Р., Ахметов И.И., Кравцова О.А. Ассоциация полиморфизма Val158Met гена *COMT* с показателями психофизиологического статуса спортсменов. Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 105(3): 350—362.
DOI: 10.1134/S0869813919030087

TO CITE THIS ARTICLE:

Valeeva E.V., Kashevarov G.S., Kasimova R.R., Ahmetov I.I., Kravtsova O.A. Association of Val158Met Polymorphism in *COMT* Gene with Psychophysiological Status in Athletes. Russian Journal of Physiology. 105(3): 350—362.
DOI: 10.1134/S0869813919030087