

УДК 796.325

**А.В. КАРДАШ**

аспирант кафедры физической культуры и спорта<sup>1</sup>



**Т.В. МАРИНИЧ**, канд. мед. наук, доцент,  
доцент кафедры физической реабилитации и спортивной медицины<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Полесский государственный университет,  
г. Пинск, Республика Беларусь



*Статья поступила 4 октября 2024 г.*

**ПОСТРОЕНИЕ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ  
СПОРТСМЕНОВ–ЕДИНОБОРЦЕВ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ  
ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ**

*В статье представлен новый подход к вопросам спортивной подготовки спортсменов–единоборцев на основе учета генетической предрасположенности. Представлены результаты молекулярной диагностики наследственной предрасположенности к двигательной деятельности, позволяющие оценить генетический потенциал в развитии и проявлении физических качеств, оптимизировать тренировочный процесс спортсменов, а также определить риск развития патологических состояний, связанных со спортивной деятельностью.*

*Полученные данные позволили изучить и сравнить частоту встречаемости генетических вариантов генов 5HTT, 5HT2A, COMT, DAT1, ACE у спортсменов–единоборцев.*

**Ключевые слова:** генетическая предрасположенность, индивидуализация тренировочного процесса, генетическое исследование, спортивный отбор.

**KARDASH A.**, Graduate Student<sup>1</sup>

**MARINICH T.V.**, PhD in Med. Sc., Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Physical Rehabilitation and Sports Medicine<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Polessky State University, Pinsk, Republic of Belarus

**FEATURES OF SPORTS TRAINING OF WRESTLERS BASED  
ON GENETIC PREDISPOSITION**

*The article presents a new approach to the issues of sports training of martial artists based on genetic predisposition. The results of molecular diagnostics of hereditary predisposition to motor activity are presented, allowing to assess the genetic potential in the development and manifestation of physical qualities, optimize the training process of athletes, and determine the risk of developing pathologies associated with sports activities.*

*The obtained data allowed to study and compare the frequency of occurrence of genetic variants of the genes 5HTT, 5HT2A, COMT, DAT1, ACE in wrestlers.*

**Keywords:** *genetic predisposition, individualization of the training process, genetic research, sports selection.*

**Введение.** Исследования последних лет в области генетики человека свидетельствуют о несомненном вкладе генетических факторов в развитие и проявление физических качеств. Согласно современным данным, считается, что в основе индивидуальных различий в развитии физических качеств лежат особенности структуры ДНК конкретного человека. Расшифровка структуры генома показала: небольшие изменения внутри генов приводят к огромным внешним различиям. Мутация (вариация, полиморфизм) в одном гене способна повлиять на такие качества, как быстрота, сила и выносливость [6, 9].

Суть исследования заключалась в расширении имеющихся представлений о реализации индивидуального генотипа в фенотипе человека, в применении нового подхода использования вариаций генов, экспрессирующихся в нервной системе для прогноза реакций спортсмена в ответ на напряженные физические и психические нагрузки. Проблемная ситуация обусловлена неуклонным ростом спортивных достижений и конкурентной борьбы в современном спорте на фоне сравнительно низкой эффективности прогнозных решений об успешности соревновательной деятельности спортсменов-единоборцев [13].

Вместе с тем, как отмечают многие специалисты, эффективность процессов отбора и прогноза все еще весьма недостаточна, особенно в ситуационных видах спорта [9, 10]. Исследования успешности прогнозирования тренерами технико-тактических действий борцов показали, что прогнозирование осуществляется с малой долей вероятности [3, 14], базируется больше на интуиции и личном опыте тренера. Отбор спортсменов на раннем этапе, в большей степени, происходит ссылаясь на морфологические и антропометрические особенности организма спортсмена, а также на контрольно-переводные нормативы по общей физической подготовке [1, 7].

Анализ спортивной практики показывает, что прогноз успешности спортсменов, который опирается на экспертную оценку эффективности серии тренировочных занятий и результатов соревновательной деятельности за последние 2-3 года, не превышает в среднем 50-60% [5].

Отсев занимающихся в спортивных секциях после первого года обучения, как показывает практика спорта, достигает до 90%, а точность прогнозов успешности выступлений спортсменов-единоборцев на ответственных международных соревнованиях колеблется в пределах 30-80% и находится, в среднем, на уровне 50% [3, 12]. Этим во многом определяется неточность производимых спортивных прогнозов. Особенно низкой эффективностью отличаются заключение о так называемой неперспективности спортсменов, что приводит к потере многих спортивных талантов [5].

Во многих работах по проблемам отбора и прогноза не учитываются: 1) психофизиологическая сущность спортивной специализации; 2) наиболее значимые селекционные критерии, 3) характер взаимосвязи и взаимоотношения медико-биологических параметров, используемых для прогнозирования. Недостаточность научного обоснования зачастую восполняется интуитивными прогнозными решениями, демонстрирующими ненадежность подобных заключений [2, 8]. Кроме того, при математическом описании прогнозируемых процессов часто неоправданно используется представление о монотонном развитии роста спортивного мастерства. При этом не учитываются сложности стратегий адаптации и их различные критерии на разных уровнях спортивной подготовки и на разных возрастных этапах [9, 11].

В настоящее время в практике соревнований чаще всего используется традиционный, оперативный контроль результативности технико-тактических действий, не в полной мере отвечающий современным требованиям содержания и организации соревновательной

деятельности единоборцев, поскольку не отражает такие существенные компоненты спортивной подготовленности, как функциональное, физическое и психическое состояние спортсменов, нередко определяющих исход соревновательного поединка.

Кроме того, средства и методы оперативного контроля, используемые в различных видах единоборств, до сих пор не имеют достаточного метрологического обоснования, что снижает эффективность управления соревновательной деятельностью спортсменов.

Для обеспечения результативности соревновательной деятельности необходим контроль, предоставляющий разностороннюю, оперативную, постоянную, действенную информацию о состоянии спортивной подготовленности спортсмена, по итогам которого можно вносить необходимые срочные коррективы на любом этапе соревновательной борьбы [2, 4].

Предполагается, что системное решение проблемы, включающее в себя учет физиологических и генетических критериев и подбор необходимых генетических маркеров, выявляющих быструю или медленную индивидуальную тренируемость спортсменов на базе прогнозной успешности тренера, могут существенно повысить эффективность прогнозирования их индивидуальной успешности в спортивной деятельности. В итоге при этом обеспечивается высокий уровень селективности в спортивном отборе, достижение высоких результатов в избранном виде спорта, успешность работы тренеров и сохранение здоровья спортсменов-единоборцев.

**Целью** данного исследования было предложить программу коррекции тренировочного процесса с учетом генетической предрасположенности спортсменов-единоборцев, на основании оценки влияния сочетания полиморфизмов генов, опосредующих активность медиаторных систем головного мозга (5HTT, 5HT2A, COMT, DAT1, ACE).

**Материалы и методы исследования.** В процессе работы проводилось генетическое исследование 32 спортсменов-борцов Мотольской СДЮШОР, УО «Брестское государственное областное УОР», ГУСУ «Дрогичинская районная СДЮШОР» в возрасте 11-16 лет, которые являются потенциальными кандидатами в сборную команду области по своим возрастам. Обследование проводилось

во время учебно-тренировочного сбора в г. Бресте в предсоревновательный период подготовки. В качестве проб биологического материала использовался буккальный эпителий, с целью определения предрасположенности к данному виду спорта, предрасположенности к депрессии, устойчивости к психическим нагрузкам, раннему выявлению центрального утомления в условиях высоких физических и психических нагрузок, что должно подтвердить возможность применения данного анализа при коррекции тренировочного процесса.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью пакета программы SNPstats с расчетыванием равновесия по формуле Харди – Вайнберга и калькулятора для расчета q-значений.

**Основная часть.** Одним из интенсивно развивающихся направлений современной генетики является разработка молекулярно-генетических подходов, позволяющих определить предрасположенность человека к различным видам деятельности. Так, в частности, в последние годы проводится поиск молекулярно-генетических маркеров, определяющих способность человека к выполнению высоких спортивных нагрузок. Этот подход является наиболее перспективным, поскольку позволяет определить генетическую предрасположенность к выполнению больших физических нагрузок и осуществить целенаправленный дифференцированный отбор детей для занятия спортом на самых ранних этапах их спортивной деятельности.

Исследований о влиянии физических и психических нагрузок на функционирование нейротрансмиттерных систем ЦНС еще не очень много. Только начинают появляться работы, направленные на выяснение того, как острые и хронические физические нагрузки влияют на высвобождение нейротрансмиттеров. Так, доказано, что острые физические нагрузки стимулируют увеличение внеклеточных концентраций серотонина. Это особенно интересно, так как известно, что моторные функции, инициация движений, контроль локомоции, а также эмоциональные и когнитивные функции зависят от нейротрансмиттерных систем мозга.

Результаты, демонстрируемые спортсменами в спорте высших достижений, достигли пределов человеческих возможностей. За по-

следние 20 лет не наблюдается их существенного улучшения, а кривая рекордов приближается к максимальной величине. Во многих видах спорта, особенно требующих проявления выносливости и скорости, достигнуты границы тренированности, и вероятно, физических и функциональных возможностей. С одной стороны, свидетельством исчерпаемости человеческих резервов является частота развития перетренированности, с другой – существуют предположения, что недостаточность диагностического инструментария, вариабельность результатов научных исследований, отсутствие возможности изучения индивидуального ответа на тренировочные нагрузки искажают диагностику перетренированности, часто ошибочно принимая за нее перенапряжение.

Методика отбора молодых талантливых спортсменов предполагает 3 этапа отбора:

– I этап – генотипирование элитных спортсменов;

– II этап – определение генетических полиморфизмов, отвечающих за физические и психические качества, определяющие предрасположенность к виду спорта;

– III этап – рекомендации по отбору.

Методика отбора позволяет:

– определить предрасположенность к виду двигательной активности;

– осуществить профилактику патологических состояний, связанных с профессиональной деятельностью спортсменов;

– повысить спортивный результат за счет оптимизации и коррекции тренировочного процесса.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Проводился анализ распределения частот генотипов и аллелей генов серотониновой и дафаминовой систем, а также анализ влияния сцепленного наследования генов (гаплотипы) и сочетаний генотипов на проявление физических возможностей спортсменов. Изучались особенности нейродинамических процессов и психоэмоционального состояния спортсменов в предсоревновательный период подготовки под действием экстремальных физических нагрузок у носителей разных полиморфизмов генов 5HTT, 5HT2A, ACE, COMT и DAT1.

При анализе полиморфизмов гена 5HTT серотониновой системы, являющегося маркером устойчивости к физическим и психическим нагрузкам, установлено, что у 46% обследуемых отмечается сочетание встречаемости обоих аллелей (L- и S) данного гена (Таблица 1), что дает преимущества в одном из развиваемых качеств, создавая при этом лимитирующий компонент развития другого требуемого. Это приводит к необходимости индивидуального подхода в тренировке дефицитарного лимитирующего фактора с учетом актуального психофизиологического состояния спортсмена в конкретной тренировочной или соревновательной ситуации.

19% обследованных юных спортсменов являлись гомозиготными (SS) – носителями мутантной аллели S. При данном генотипе снижена концентрация переносчика серотонина. У носителей может быть выражена косвенная агрессия, низкие значения негативизма и раздражительности; в условиях интенсивных физических и психических нагрузок спортсмены, как правило, характеризуются меньшей психической устойчивостью. Возможны высокие результаты в тренировке скоростно-силовых способностей при условии коррекции монотонии в тренировочном процессе.

Носителями гомозиготной аллели (LL) явилось 35 % дзюдоистов. При данном генотипе повышается концентрация переносчика серотонина, что обеспечивает большую интенсивность метаболизма и снижение активности серотонина, что ведет к возникновению тревожных и депрессивных состояний, предрасполагает к быстрому формированию синдрома перетренированности. Носители L аллеля проявляют более устойчивые нейродинамические реакции в условиях интенсивных физических и психических нагрузок. Носительство LL аллеля благоприятно для дзюдоистов, так как у данной категории спортсменов на первом месте тренируется общая и специальная выносливость.

Как следует из представленных выше данных, большинство обследованных спортсменов имеют предрасположенность по показателям быстроты/силы и выносливости.

Таблица 1. – Частота генотипов и аллелей по генетическому маркеру L/S гена 5HTT в группе спортсменов

Вид спорта	Выборка кол-во	Частота аллелей, %		Частота генотипов					
		L	S	LL		SS		LS	
				n	%	n	%	n	%
Дзюдо	32	56,7%	43,3%	11	35%	6	19%	15	46%

Коррекция монотонии и текущая психофизиологическая диагностика гомозиготных носителей SS позволяет вовремя скорректировать развивающееся центральное утомление и предотвратить вовлечение дефицита серотонина в лимитирование спортивной работоспособности.

При анализе полиморфизма гена 5HT2A серотониновой системы (Таблица 2), который кодирует один из наиболее чувствительных рецепторов серотонина, эта чувствительность повышается при различных психических расстройствах. 5HT2A рецепторы принимают участие в деятельности сердечно-сосудистой системы и мышечном сокращении. В частности, рецепторы участвуют в сокращении эндотелия сосудов, мышц трахеи и бронхоспазме. Мутации в гене 5HT2A связаны с повышенной склонностью к депрессии и обсессивно – компульсивному расстройству. Полиморфизм С102Т является одним из наиболее значимых для исследования: Т-аллель ассоциируют в повышенной экспрессией гена и, соответственно, с повышенной агрессией, импульсивностью, высокой скоростью развития усталости при физических нагрузках, а также сниженной психологической адаптацией к нагрузкам [12].

Носителями гомозиготной аллели (СС) явились 16% обследуемых, что характеризуются неизменной устойчивостью и повышением скорости реакций под воздействием физической нагрузки. Физические упражнения стимулируют связывающую активность рецептора, а регулярные тренировки приводят к противоположной картине – связывание лигандов этим рецептором понижается. Так как С102 аллель полиморфизма С102Т гена 5HT2A связывают с меньшими концен-

трациями мРНК и пониженной экспрессией белка 5HT2A, чем Т102 аллель, то данный генетический вариант может играть роль фактора, облегчающего адаптационные перестройки организма при регулярной спортивной деятельности.

Носители гетерозиготного аллеля (СТ) 53 % от общей выборки в большей мере представлены группой спортсменов, чьи тренировочные занятия необходимо направлять на развитие скоростных качеств, данные спортсмены характеризуются умеренной психологической адаптацией к физическим нагрузкам.

У носителей ТТ аллеля – это 31% от общей выборки – повышена экспрессия гена, у данных спортсменов высокая агрессивность, быстрое развитие усталости, а также снижена психологическая адаптация к нагрузкам.

При анализе гена дофаминергической системы (COMT) (Таблица 3), который описывает степень стрессоустойчивости спортсменов, развитие агрессивности, наблюдалось следующее распределение: представители гомозиготной аллели (GG) составили 28% от общей выборки, носители характеризуются высокой степенью стрессоустойчивости, однако высоким риском развития агрессивности в неудачно слагающихся обстоятельствах на татами. Представители этого полиморфизма расчетливо и эффективно действуют в условиях быстрой смены ситуаций в схватке.

В обследуемой выборке аллель G чаще встречается у 68,4%. Результаты исследований влияния функционального полиморфизма гена COMT на свойства личности в разных работах неоднозначны.

Таблица 2. – Частота генотипов и аллелей по генетическому маркеру T102C гена 5HT2A в группе спортсменов

Вид спорта	Выборка кол-во	Частота аллелей, %		Частота генотипов					
		С	Т	СС		ТТ		СТ	
				n	%	n	%	n	%
Дзюдо	32	44,1%	55,9%	5	16%	10	31%	17	53%

Таблица 3. – Частота генотипов и аллелей по генетическому маркеру Val158Met гена COMT в группе спортсменов

Вид спорта	Выборка кол-во	Частота аллелей, %		Частота генотипов					
		А	G	GG		AA		AG	
				n	%	n	%	n	%
Дзюдо	32	31,6%	68,4%	9	28%	6	19%	17	53%

Одни из них указывают на ассоциацию аллеля Met (G) и/или генотипа Met/Met (GG) в гене COMT с повышенными значениями черт тревожного ряда, в то время как другие, наоборот, указывают на снижение нейротизма.

Обладатели гомозиготной аллели (AA) составили 19% от общей выборки. Носители данной аллели более подвержены стрессу в случае постоянно повышающихся физических нагрузок.

Представители гетерозиготной формы (AG) также составили 53%, это идеальные борцы, для них характерны высокие показатели памяти, внимания, координации движений, скорости, двигательных реакций. Надежно действуют в психологически-напряженных ситуациях, интуитивны, со средним уровнем стрессоустойчивости.

При анализе полиморфизма гена переносчика дофамина (DAT1) (Таблица 4), ассоциированным у спортсменов с синдромом дефицита внимания и гиперактивности, формированием таких личностных черт, как «поиск новизны», было выявлено, что гетерозиготный вариант полиморфизма (AG) представлен 31% обследуемых спортсменов, это мутантный вариант полиморфизма в гетерозиготной форме, обуславливает синтез меньшего количества дофамина, выделяемого синапсом. Носители характеризуются высокими показателями памяти, внимания, координации движений и скорости дви-

гательных реакций. Обладают средней степенью стрессоустойчивости.

Представители гомозиготного (GG) варианта полиморфизма составили 56% спортсменов, характеризуются их устойчивостью в стрессовых ситуациях, агрессивным и эффективным стилем проведения борцовских схваток.

Мутантный вариант полиморфизма в гомозиготной форме AA имели 13%, носительство обусловлено синтезом меньшего количества дофамина, выделяемого синапсом. Спортсмены – носители ассоциированы с синдромом дефицита внимания и гиперактивности, носители более подвержены посттравматическому стрессу и развитию тревожности.

Ген ACE – наиболее изученный ген в генетике физической активности. С I-аллелью связывают предрасположенность человека к занятиям видами спорта, направленными на развитие выносливости и устойчивости к гипоксии в условиях высокогорья, с высоким приростом силовой выносливости в ответ на физические нагрузки. D-аллель ассоциируется с приростом динамической и взрывной силы, мышечной массы.

- I/I – нормальный вариант полиморфизма в гомозиготной форме;
- I/D – гетерозиготная форма полиморфизма;
- D/D – мутантный вариант полиморфизма в гомозиготной форме.

Таблица 4. – Частота генотипов и аллелей гена DAT1 в группе спортсменов

Вид спорта	Выборка кол-во	Частота аллелей, %		Частота генотипов					
		A	G	GG		AA		AG	
				n	%	n	%	n	%
Дзюдо	32	30,2%	69,8%	18	56%	4	13%	10	31%

Таблица 5. – Частота генотипов и аллелей гена ACE в группе спортсменов

Вид спорта	Выборка кол-во	Частота аллелей, %		Частота генотипов					
		D	I	DD		II		ID	
				n	%	n	%	n	%
Дзюдо	32	58,6%	41,4%	16	50%	9	28%	7	22%

Ген ACE кодирует аминокислотную последовательность ангиотензин-превращающего фермента (АПФ), который является важным физиологическим регулятором артериального давления и водно-солевого обмена.

АПФ превращает циркулирующий в крови неактивный ангиотензин I в ангиотензин II, обладающий мощным гипертензивным действием за счёт влияния на водно-солевой обмен, сердечно-сосудистую и другие системы организма. АПФ, протеаза, содержащая цинк, включена в мембраны клеток многих органов и имеет внутри- и внеклеточные области (домены), позволяющие оказывать эффект как внутри, так и внеклеточно [14].

Анализ ассоциаций (Таблица 5) полиморфизма гена ангиотензин-конвертирующего фермента (ACE) показал, что у обладателей аллеля I – 41,4% и генотипа II – это 28% от общего числа выборки понижена активность фермента, вследствие чего меньше образуется активного октапептида ангиотензина II в эндотелии стенок сосудов. И при выполнении больших физических нагрузок ткани и органы в достаточной степени снабжаются кислородом. У лиц, имеющих аллель D – 58,6% и генотип DD – 50% повышена активность фермента и, соответственно, увеличено количество ангиотензина II в эндотелии сосудов, вследствие чего при физических нагрузках ткани и органы испытывают дефицит кислорода. Носителям генотипа DD по гену ACE рекомендуется избегать выполнения длительных и больших физических нагрузок.

Гетерозиготный вариант генотипа ID прослеживался у 22% обследуемых, характеризуется промежуточными уровнями фермента ACE. У спортсменов, обладающих данным генотипом при увеличении физических нагрузок, сердце, сосуды и ткани не испытывают недостатка в кислороде.

**Выводы.** Полученные в ходе исследований результаты свидетельствуют о достаточном участии в процессе спортивной деятельности множества полиморфных генов, каждый из которых в отдельности вносит лишь небольшой вклад в общее развитие физических качеств человека. На этом основании молекулярно-генетическая диагностика в спорте должна, безусловно, применяться в исследованиях с использованием определенных маркеров как дополнение к уже существующим фенотипическим тестам, используемым в рамках медико-биологического обеспечения спорта. Необходимо первоочередно исследовать генетические маркеры, ассоциированные с выносливостью, с быстротой и силой, а также генетические маркеры, ассоциированные с адаптацией к гипоксии. При отборе юных спортсменов на этапе специализации рекомендуется проводить молекулярно-генетическую диагностику с определением полиморфизмов генов серотониновой и дофаминовой систем для прогноза устойчивости спортсмена к утомлению, что может служить дополнительным критерием коррекции и индивидуализации тренировочного процесса.

### Список литературы

1. Angiotensin-converting-enzyme gene insertion/deletion polymorphism and response to physical training / H. Montgomery, P. Clarkson, M. Barnard // *Lancet*, 1999. – Vol.3. – pp.1-8.
2. Antagonism of serotonergic 5-HT<sub>2A/2C</sub> receptors: mutual improvement of sleep, cognition and mood / H.-P. Landolt, R. Wehrle // *European Journal of Neuroscience*, 2009. – Vol.29. – pp.1795-1809.
3. The Long and the Short of it: Associations Between 5-HTT Genotypes and Coping With Stress / Kay Wilhelm, Jennifer E. Siegel, Adam W. Finch // *Psychosomatic Medicine*, 2007. – Vol.69. – pp. 614-620.
4. Антипова, О. С. Психофизиологический статус детей и подростков, занимающихся различными видами спортивной деятельности : дис. ... канд. биол. наук : 19.00.02 / Антипова Ольга Сергеевна. – Кемерово, 2014.– 210 с.
5. Антонов, С. Г. Системная модель формирования рационального выбора специализации в спортивных единоборствах / С. Г. Антонов // *Бокс: прошлое, настоящее, будущее* : сб. науч. тр. – 1997. – С. 97-103.
6. Ахметов, И. И. Молекулярная генетика спорта: монография / И. И. Ахметов // – Москва.: Советский спорт, 2009. – 268 с. – ISBN 978-5-9718-0412-3.
7. Глотов, А. С. Генетическая предрасположенность к физической работоспособности у спортсменов-гребцов / А. С. Глотов, О. С. Глотов, М. В. Москаленко // *Медико-биологические технологии повышения работоспособности в условиях напряжённых физических нагрузок*. Выпуск 2, ООО «Анита Пресс». – 2006. – С. 39-51.
8. Карпенко, М. А. Полиморфизм «кандидатных» генов и артериальная гипертензия, осложнённая инсультом / М. А. Карпенко, Е. Г. Шацкая, В. И. Ларионова В. Н., Солнцев // *Вестник Санкт-Петербургской медицинской академии последипломного образования*. – 2008. – С. 54-61.
9. Лебедь, Т. Л. Молекулярно-генетическое типирование полиморфизмов / Т. Л. Лебедь, П. М. Лазарев, И. Н. Гейчук // *Сборник методических рекомендаций* – Пинск : ПолессГУ, 2011.– 72 с.
10. Поликанова, И. С. Психофизиологические и молекулярно-генетические корреляты утомления / И. С. Поликанова // *Электронный журнал «Современная зарубежная психология»*. – 2016. – Том 5. – № 4. – С. 24–35.
11. Пономаренко, И. В. Использование метода Multifactor Dimensionality Reduction (MDR) и его модификаций для анализа ген-генных и генно-средовых взаимодействий при генетико-эпидемиологических исследованиях (обзор) / И. В. Пономаренко // *Научные результаты биомедицинских исследований*. – 2019. – Том. 5. – № 1. – С. 4-21.
12. Тимофеева, М. А. Полиморфизмы генов серотонинергической системы – маркеры устойчивости спортсмена к физическим и психическим нагрузкам : дис. ... канд. биол. наук : 14.00.51 – Восстановительная медицина / Тимофеева Марина Алексеевна. – Москва, 2009. – 115 с.
13. Чарыкова, И. А. Анализ особенностей сенсомоторного реагирования в условиях адаптации к физической активности разной направленности / И. А. Чарыкова, Е. А. Стаценко, Н. А. Парамонова // *Медицинский журнал*. – 2009. – № 4 – С. 119–121.
14. Шепелевич, Н. В. Комплексная оценка психологического состояния спортсменов / Н. В. Шепелевич [и др.] // *Здоровье для всех* : научно-практический журнал. – 2018. – № 1. – С. 3-10.

### References

1. Montgomery H., Clarkson P, Barnard M. Angiotensin-converting-enzyme gene insertion/deletion polymorphism and response to physical training. *Lancet*, 1999, Vol.3, pp.1-8.
2. Landolt H.-P., Wehrle R. Antagonism of serotonergic 5-HT<sub>2A/2C</sub> receptors: mutual improvement of sleep, cognition and mood. *European Journal of Neuroscience*, 2009, Vol.29, pp.1795-1809.
3. Kay Wilhelm, Jennifer E.Siegel, Adam W.Finch. The Long and the Short of it: Associations Between 5-HTT Genotypes and Coping With Stress. *Psychosomatic Medicine*, 2007, Vol.69, pp. 614-620.
4. Antipova O.S. *Psikhofiziologicheskij status detej i podrostkov, zanimayushhikhsya razlichny`mi vidami sportivnoj deyatel`nosti* [Psychophysiological status of children and

- adolescents involved in various types of sports activities]. Abstract of Ph. D. thesis. Kemerovo, 2014, 210 p. (In Russian)
5. Antonov S.G. *Sistemnaya model formirovaniya ratsionalnogo vybora spetsializatsii v sportivnykh edinoborstvakh* [Systemic model of formation of rational choice of specialization in combat sports]. *Boks: proshloe, nastoyashchee, budushchee : sbornik nauchnykh trudov* [Boxing: past, present, future: a collection of scientific papers], 1997, pp. 97-103 (In Russian)
  6. Akhmetov I.I. *Molekulyarnaya genetika sporta* [Molecular genetics of sport: monograph]. Moscow, Sovetskii sport, Publ., 2009, 268 p. (In Russian)
  7. Glotov A.S., Glotov O.S., Moskalenko M.V. *Geneticheskaya predraspolozhennost k fizicheskoi rabotosposobnosti u sportsmenov-grebtsov* [Genetic predisposition to physical performance in rowing athletes] *Mediko-biologicheskie tekhnologii povysheniya rabotosposobnosti v usloviyakh napryazhennykh fizicheskikh nagruzok* [Medical and biological technologies for increasing performance under intense physical loads], 2006, no. 2, pp. 39-51 (In Russian)
  8. Karpenko M.A., Shatskaya E.G. Larionova V.I., Solntsev V.N. *Polimorfizm «kandidatnykh» genov i arterialnaya gipertenziya, oslozhnennaya insultom* [Polymorphism of "candidate" genes and arterial hypertension complicated by stroke] *Vestnik Sankt-Peterburgskoi meditsinskoi akademii poslediplomnogo obrazovaniya* [Vestnik of the Saint Petersburg Medical Academy of Postgraduate Education], 2008. pp. 54-61 (In Russian).
  9. Lebed T. L., Lazarev P. M., Geychuk I. N. *Molekulyarno-geneticheskoye tipirovaniye polimorfizmov* [Molecular genetic typing of polymorphisms]. *Sbornik metodicheskikh rekomendatsiy* [Collection of guidelines]. Pinsk: Poless State University, 2011, 72 p. (In Russian)
  10. Polikanova I.S. *Psikhofiziologicheskie i molekulyarno-geneticheskie korrelyaty utomleniya* [Psychophysiological and molecular genetic correlates of fatigue]. *E`lektronnyj zhurnal «Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya»* [Electronic journal "Modern Foreign Psychology"]. 2016, Vol. 5, no., pp. 24–35 (In Russian).
  11. Ponomarenko I.V. *Ispol'zovanie metoda Multifactor Dimensionality Reduction (MDR) i ego modifikacij dlya analiza gen-gennyh i genno-sredovyh vzaimodejstvij pri genetiko-epidemiologicheskikh issledovaniyakh (obzor)* [Using the Multifactor Dimensionality Reduction (MDR) method and its modifications for the analysis of gene-gene and geneenvironment interactions in genetic and epidemiological studies (review)]. *Nauchnye rezultaty biomeditsinskih issledovaniy* [Scientific results of biomedical research]. 2019. Vol. 5, no.1, pp. 4-21. (In Russian)
  12. Timofeeva, M.A. *Polimorfizmy genov serotoninergicheskoy sistemy – markery ustojchivosti sportsmena k fizicheskim i psichicheskim nagruzkam* [Polymorphisms of the serotonergic system genes – markers of the athlete's resistance to physical and mental stress]. Abstract of Ph. D. thesis. Moscow, 2009, 115 p. (In Russian)
  13. Charykova I.A., Statsenko E.A., Paramonova N.A. *Analiz osobennostej sensomotor-nogo reagirovaniya v usloviyakh adaptatsii k fizicheskoy aktivnosti raznoj napravlenosti* [Analysis of the features of sensorimotor response in conditions of adaptation to physical activity of different directions]. *Meditsinskij zhurnal* [Medical journal]. 2009, no. 4, pp. 119–121. (In Russian)
  14. Shepelevich, N. V., Marinich V.V., Lemeshevskaya S.N., Lebed T.L., *Kompleksnaya ocenka psichologicheskogo sostoyaniya sportsmenov* [Comprehensive assessment of the psychological state of athletes]. *Zdorov'e dlya vsekh* [Health for All]. 2018, no. 1, pp. 3-10. (In Russian)

Received 4 October 2024