Рахимова Н.М., Мавлянов И.Р.

СПОРТИВНАЯ ОДАРЁННОСТЬ, ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНАНТ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ОЛИМПИЙСКИЙ КОМИТЕТ УЗБЕКИСТАНА
РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор РНПЦСМ, к.м.н.
_____К.К. Сирожитдинов
«__» _____ 2025 г.

Рахимова Н.М., Мавлянов И.Р.

СПОРТИВНАЯ ОДАРЁННОСТЬ, ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНАНТ

(монография)

«TASDIQLANDI»
O'ZBEKISTON MILLIY OLIMPIYA QO'MITASI
ILMIY TEXNIK KENGASHI
«1» 04 2025 yil
№ 3

Ташкент – 2025 г.

УДК: 796.01:612

КБК: 75.0
Р 27

Рахимова Н.М., Мавлянов И.Р.// «Спортивная одарённость, потенциал и перспективы через призму генетических детерминант»: Монография // Издательство «Ziyo nashr-matbaa», Ташкент – 2025.-197 стр.

Авторы:

Рахимова Н.М. – DSc, д.б.н., с.н.с. Республиканского научно-практического центра спортивной медицины, руководитель научно-исследовательской и клинической лаборатории РНПЦСМ

Мавлянов И.Р. – д.м.н., профессор, советник директора по инновационным разработкам и подготовке кадров Республиканского научно-практического центра спортивной медицины

Рецензенты:

Бобоев К.Т. – д.м.н., профессор, руководитель отдела молекулярной медицины и клеточной технологии РСНПМЦ гематологии

Хаялиев Р.Я. – д.м.н., доцент Республиканского научно-практического центра спортивной медицины

Монография предназначена для специалистов, научных сотрудников и соискателей, занимающихся научными исследованиями в области спортивной медицины и спортивной генетики

Рассмотрено на Ученом совете Республиканского научно-практического центра спортивной медицины

«20» декабря 2024 года **Протокол заседания №3**

ISBN: 978-9910-641-15-2 **© Рахимова Н.М., Мавлянов И.Р., 2025**
© Издательство «Ziyo nashr-matbaa», 2025.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ 5
ПРЕДИСЛОВИЕ 7
ВВЕДЕНИЕ 9
ГЛАВА I. СПОРТИВНАЯ ГЕНЕТИКА И СПОРТИВНАЯ УСПЕШНОСТЬ.
1.1. Спортивная генетика: генетические детерминанты спортивной деятельности (обзор) 11
1.2. Характеристика аллельно-генотипных вариантов спортивных генов у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта 14
1.3. Ассоциации спортивных генов у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта по сравнению с лицами, не занимающимся спортом 36
ГЛАВА II. ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЛЕЛЬНО-ГЕНОТИПНЫХ ВАРИАНТОВ СПОРТИВНЫХ ГЕНОВ И ИХ АССОЦИАЦИЯ У СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЦИКЛИЧЕСКИМИ ВИДАМИ СПОРТА
2.1. Спортивные качества: сила, скорость и выносливость, их генетическая регуляция (обзор) 41
§2.1.1. Гены, ответственные за выносливость и их значение для отдельных видов спорта 41
§2.1.2. Гены, ответственные за силу и скорость и их значение для отдельных видов спорта 47
2.2. Характеристика полиморфизмов некоторых генов среди элитных спортсменов в зависимости от вида спорта 50
2.3. Особенности распределения спортивных генов, ответственных за выносливость, силу и быстроту среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта 55
2.4. Характеристика степени выраженности выносливости, быстроты и силы среди спортсменов велосипедистов, легкоатлетов и гребцов 56
ГЛАВА III. ОЦЕНКА СКРЫТЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНАНТ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ (НА ПРИМЕРЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА
3.1. Особенности генетических аспектов скрытых спортивных качеств (обзор) 65
3.2. Поиск скрытых спортивных качеств на основе оценки дополнительных генетических особенностей спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта 66

ГЛАВА IV. ИЗУЧЕНИЕ И ОЦЕНКА ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПОРТИВНОЙ УСПЕШНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЦИКЛИЧЕСКИМИ ВИДАМИ СПОРТА
4.1. Генетически детерминированные клинико-биохимические индикаторы физической работоспособности спортсменов (обзор) 80
4.2. Особенности сдвигов в показателях периферической крови, биохимии крови и гормональном статусе у спортсменов легкоатлетов, велосипедистов и гребцов высокой квалификации, гендерная характеристика 81
4.3. Особенности сдвигов в показателях клинико-биохимических и гормональных параметров организма, исследуемых у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, в зависимости от носительства отдельных генотипов изучаемых полиморфизмов генов 88
ГЛАВА V. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СДВИГАМИ СО СТОРОНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКИХ И ГОРМОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЦИКЛИЧЕСКИМИ ВИДАМИ СПОРТА С ИХ СПОРТИВНЫМИ ГЕНОТИПАМИ
5.1. Результаты корреляционного анализа клинико-биохимических и гормональных показателей крови у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, в зависимости от носительства генотипов изучаемых спортивных генов 132
5.2. Клинико-биохимические и гормональные показатели организма спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта в зависимости от выраженности спортивных признаков (выносливость, быстрота, сила) 136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 148
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ 170
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 171

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ФН	Физическая нагрузка
ДЮСШ	Детские юношеские спортивные школы
УМО	Углубленный медицинский осмотр
ИМТ	Индекс массы тела
ИХЛА	Иммунохемилюминесценция
АТФ	Аденозинтрифосфат
ПАНО	Порог анаэробного обмена
КГ	Контрольная группа
RBC	Количество эритроцитов
HGB	Концентрация гемоглобина
HCV	Гематокрит
MCV	Средний объем эритроцитов в образце
MCH	Среднее содержание гемоглобина в эритроците
MCHC	Средняя концентрация гемоглобина в эритроците
PLT	Общее количество тромбоцитов
RDW-SD	Ширина распределения эритроцитов
RDW-CV	Ширина кривой распределения эритроцитов
PDW	Ширина кривой распределения тромбоцитов
MPV	Средний объем тромбоцитов
P-LCR	Коэффициент крупных тромбоцитов
PCT	Тромбокрит
ALT	Аланинаминотрансфераза
AST	Аспартатаминотрансфераза
СК	Креатинфосфокиназа
СК-МВ	Креатинкиназа МВ
LACT	Молочная кислота
TESTO	Тестостерон
TSH	Тиреотропный гормон
CORT	Кортизол
ACE	Ангиотензинпревращающий фермент
ACTN3	Альфа-актинин 3
AMPD1	Аденозинмонофосфат-дезаминаза 1
CNTF	Цилиарный (глиальный) нейротрофический фактор

IL15RA	Рецептор интерлейкина 15, альфа
L3MBTL4	Летальный mbt-подобный протеин 4 типа
PPARA	Альфа-рецептор активатор пероксисом
PPARGC1A	Коактиватор 1 альфа рецептора активатора пероксисом
UCP2	Разобщающий белок 2
PPARG	Рецептор, активируемый пролифераторами пероксисом
MTHFR	Метилентетрагидрофолатредуктаза
VDR	Рецептор витамина D
HIF1A	Фактор, индуцируемый гипоксией 1A
ADRB2	Бета-2 адренергический рецептор
ADRB2	Бета-2 адренергический рецептор
NOS3	Синтаза окиси азота

ПРЕДИСЛОВИЕ

Известно, что высокие спортивные результаты, как и эффективность тренировочных воздействий существенно определяется адекватностью физических упражнений для организма данного человека, его врожденными и приобретенными особенностями. За последние годы все больше и больше выявляется значение наследственных влияний на многие показатели строения и функций организма человека, а также на степень развития разных его физических качеств. Их учет в организации тренировочного процесса и спортивном отборе становится все более насущным.

Рациональность отбора и целенаправленная спортивная тренировка максимально и дифференцированно реализуют генетический потенциал индивида в спорте. Спорт высших достижений является адекватной моделью для изучения взаимосвязи генетических маркеров с физическим потенциалом.

Различные физические качества находятся под неодинаковыми наследственными влияниями. Проявления генетических влияний наиболее выражены в молодом возрасте и имеют прямую зависимость от мощности работы. Знание степени наследственных влияний на морфофункциональные особенности человека и его физические качества позволяет в ходе спортивного отбора опираться на те показатели, которые в наибольшей степени находятся под генетическим контролем, т. е. являются наиболее прогностичными и мало изменяемыми в ходе тренировки.

В последнее время исследования, касающиеся молекулярно-генетических предикторов, позволили выделить множество потенциально важных маркеров - DNA полиморфизмов, содействующих склонности к успеху в определенных типах спорта.

Данная монография решает именно эти актуальные задачи, а именно:

повышение спортивной результативности атлетов на основе оценки их индивидуального генетического потенциала,

профилактика рисков для здоровья, связанных с профессиональной деятельностью спортсменов на основе современных молекулярно-генетических методов исследования, внедрение персональных тренировочных программ, определения рисков скрытых генетических особенностей организма спортсмена, связанной с выявленной характеристикой генотипов являются важными аспектами этого научного труда, составляющими научную и практическую новизну.

Главный специалист
по спортивной медицине Минздрава России
Президент РАСМИРБИ, профессор  Б.А. Поляев

ВВЕДЕНИЕ

Практика спортивной генетики доказала высокую значимость использования молекулярно-генетических методов в задачах повышения прогностических возможностей спортивной реализации и выбора корректной спортивной направленности, исходя из индивидуальных характеристик в степени проявления и предрасположенности в развитии тех или иных физических свойств, обусловленных ДНК-полиморфизмами. Спорт высших достижений предъявляет специфические требования к различным системам организма (морфофункциональным, биологическим, психологическим и др.), влекущих за собой высокие риски для здоровья, связанные с перетренированностью и нерациональным использованием ресурсов организма атлета, которые генетически детерминированы. использования возможностей спортсмена, предотвращения рисков и лимитирующих факторов с целью достижения пика результативности является чрезвычайно актуальным вопросом современного спорта в Узбекистане. По данным Всемирной организации здравоохранения травматизация различного генеза у спортсменов достигает 7% от общего травматизма. что требует дальнейших научных поисков с изучением потенциальных возможностей осуществления исследований при решении данной проблемы.

В мировом масштабе в практике спорта все более актуальным является комплексный подход, направленный на оценку состояния атлетов на основе педагогических, физиологических, генетических, клинико-лабораторных и биологических методов. В мировой практике в настоящее время осуществляется целый ряд целевых научных исследований, среди которых наиболее актуальными остаются исследования, направленные на изучение основного генного влияния на соответствующий фенотип производительности силы, выносливости, нервно-мышечной координации, размер и состав мышечных волокон, координации, выявлены генетические маркеры аутосомных генов, митохондриальной ДНК, мтДНК и Y-хромосомы, связанных со статусом спортсмена на выносливость и силу, разрабатываются методы определения

уровня экспрессии генов, ответственных за митохондриальный биогенез, генов мышечных белков, окисления жиров и углеводов, индентификации генетических вариантов путем метаанализа. Знание данных основ позволит учитывать индивидуальные характеристики спортсменов в оценке спортивного статуса спортсмена, основанного на технологиях, подкрепленных повышением полезного коэффициента его тактико-технических возможностей, раскрытия скрытого резервного потенциала, а также их рациональное использование с целью повышения физической работоспособности с целью предопределить улучшение показателей физической работоспособности.

В нашей стране реализуются комплексные меры, направленные на развитие медицинской отрасли, адаптации системы к требованиям мировых стандартов, в том числе повышения качества оценки селекции в спорте. В связи с этим в соответствие с семью приоритетами Новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы, ставится задача поднять на новый уровень качество квалифицированного медицинского обслуживания населения, внедрение высокотехнологичных методов диагностики, лечения и профилактики заболеваний, а также поддержка здорового образа жизни. Для реализации выполнения поставленных задач немаловажную роль играет оценка функционально значимых наследственных факторов, представленных генетическими полиморфизмами, детерминированными с проявлениями фенотипа клинических лабораторных индикаторов, функциональных характеристик сердечно-сосудистой системы, антропометрических параметров, опорно-двигательного аппарата, позволяющими выявить взаимосвязи физических качеств человека, развивающимися в процессе онтогенеза.

ГЛАВА I. СПОРТИВНАЯ ГЕНЕТИКА И СПОРТИВНАЯ УСПЕШНОСТЬ.

1.1. Спортивная генетика: генетические детерминанты спортивной деятельности

Научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование современных методов диагностики исследований генетически-ассоциированных спортивных качеств проводятся на базе ведущих мировых медицинских центров и университетов, в том числе: Research Institute for Sport and Exercise Sciences of Liverpool John Moores University (Великобритания), Department of Sport and Exercise Sciences of Manchester Metropolitan University (Великобритания), Research laboratory of Juntendo University (Япония), Stanford University Medical Center (США), Department of Human and Medical Genetics of Institute of Biomedical Science of Vilnius University, (Литва), Jiangsu Biological Technology Centre for Innovation (Китай), Лаборатория молекулярной генетики Казанского (Приволжского) федерального университета (Россия), Лаборатория спортивной генетики Санкт-Петербургского научно-исследовательского института физической культуры (Россия), Кафедра молекулярной биологии и генетики федерального научно-клинического центра физико-химической медицины Федерального медико-биологического агентства (Россия), Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И.Мечникова (Россия), Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма (Россия), Научно-исследовательская лаборатория Республиканского научно-практического центра спорта (Беларусь), Научно-исследовательская и клиническая лаборатория Республиканского научно-практического центра спортивной медицины (Узбекистан).

В результате исследований, проведённых в мире, сфокусированных на функционировании генома элитных спортсменов и направленных на разработку молекулярных

методов выявления талантов, персонализированных тренировок, профилактике заболеваний, связанных с физическими нагрузками, показано, что исследования случай-контроль остаются наиболее распространенным методом исследования в спортивной геномике и обычно включают поиск в группе элитных спортсменов аллеля производительности, воспроизводимого на разных популяциях генетических когорт атлетов (Manchester Metropolitan University, Великобритания); определено, что как генетические факторы, так и факторы окружающей среды играют ключевую роль в спортивных результатах и связанных с ними фенотипах, таких как скорость, сила, выносливость, гибкость, координация, рост, мышечная масса, индивидуальность и другие черты характера (Research Institute for Sport and Exercise Sciences of Liverpool John Moores University, Великобритания); определено общее число полиморфизмов ДНК, связанных со статусом спортсмена, относящихся к спортивной геномике Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия); выявлены гематологические профили спортсменов, тренирующих выносливость, определен суммарный вклад полиморфных маркеров, ассоциированных с гематологическими показателями. (Кафедра молекулярной биологии и генетики Федерального научно-клинического центра физико-химической медицины Федерального медико-биологического агентства Россия, Приволжский федеральный университет, Россия; Juntendo University, Япония).

В мировой практике проводится ряд исследований по совершенствованию молекулярно-генетических тестов при спортивном отборе и оценке молекулярно-генетических характеристик, в том числе по следующим приоритетным направлениям: разработка комплексных диагностических приложений для оптимизации тренировочных процессов спортсменов; полный сравнительный анализ генетических аллелей у спортсменов различной направленности, определение генов-кандидатов спортивной деятельности; оценка развития скелетно-мышечной гипертрофии, выносливости (кардиореспираторной или мышечной)

скоростно-силовых качеств, что является необходимым подспорьем для реализации помощи спортивным тренерам и врачам в профилактике различных состояний риска для здоровья, связанных с профессиональной интенсификацией физической деятельности атлетов за счет оптимизации и коррекции тренировочного процесса.

В настоящее время полногеномные исследования, проведенные в разных странах, показали, что, исходя из трактовки современных аспектов молекулярной геномики считается, что генетическая предрасположенность ДНК полиморфизмов различных генов отвечает за характер индивидуальных различий в степени проявления тех или иных физических качеств [176]. Al-Khelaifi и соавторы при проведении полногеномных исследований делают акцент на статус элитности атлетов в проявлениях выносливости [141,142]. Это также касается и подверженности спортивного организма к тем или иным рискам, проявляющимся под воздействием физических нагрузок [170,171]. Большой объем исследований в данном направлении проведен исследователем И.Ахметовым [149], исследованиями которого показано, что, несмотря на то, что увеличение и стабильное развитие физической активности тренировочного процесса является основной причиной спортивной выносливости и силы, на сегодняшней день доказано, что уровень аэробной работоспособности имеет индивидуальный наследственный генетически детерминированный характер, и проявления множества маркеров и ассоциаций полиморфизмов с проявлением качества выносливости в ряде остальных признаков обозначены в литературе, достигающими до 45% наследственной значимости по сравнению с фенотипами.

Наряду с этим при оценке предрасположенности к физической деятельности индивида были выявлены полиморфные участки следующих генов: I/D полиморфизм гена ангиотензинпревращающего фермента (АПФ), полиморфизм r577x в гене альфа-актинина (ACTN3), C34T полиморфизм гена AMF-дезаминазы (AMPD1, активатора пролиферации пероксисим (PPARA), альфа-рецептора и 1-альфа-коактиватора

гамма-рецептора (PPRGC1A). Во многих исследованиях были представлены данные по изучению гена рецептора витамина D (VDR), гена эндотелиальной синтазы окиси азота (NOS3) и гена миостатина (MSTN) [12,143].

Таким образом, несмотря на достигнутые успехи в решении задач, касающихся изучения ассоциаций молекулярно-генетических маркеров с функциональными характеристиками организма атлета в условиях повышенной двигательной активности различной длительности и интенсивности, с фенотипами, значимыми в условиях профессионального спорта, многие вопросы являются противоречивыми и не до конца изученными.

Это говорит о том, что проведение исследований в этом направлении у спортсменов нашей страны имеет актуальное научное и практическое значение в подготовке и создании благоприятных условий для адаптационных процессов в организме спортсмена на фоне высоких физических нагрузок и максимальной результативности.

1.2. Характеристика аллельно-генотипных вариантов спортивных генов у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта

Выбор в нашем исследовании именно данных полиморфизмов 16 генов обусловлен рядом причин. В используемой нами генетической панели представлены полиморфизмы, которые к моменту, когда мы начали свои исследования в 2019 году, были уже достаточно хорошо изучены и имелись данные об их информативности в спорте. Взятые в данной комбинации они отвечают за целый ряд признаков: структуру мышечных волокон, эффективность аэробного и анаэробного метаболизма, эффективность использования питательных веществ (жиров, углеводов, белков), эффективность восстановления работоспособности, терморегуляцию.

Были изучены полиморфизмы 16 генов, имеющих отношение к таким спортивным качествам, как скорость, выносливость, аэробно-анаэробное дыхание скелетной

мускулатуры и сердечно-сосудистой системы, а также адренэргической проводимости нервной системы у элитных спортсменов, занимающихся легкой атлетикой, велоспортом и греблей на байдарках и каноэ. Полиморфизмы изученных генов условно разделили на нормальные, гетерозиготные и мутантные. Нормальными полиморфизмами считали те полиморфизмы генов, которые встречаются обычно в организме людей. Мутантными генотипами считали полиморфизмы, которые редко встречаются в популяции людей.

Результаты проведенных исследований показали, что среди лиц, не занимающихся спортом, для 9 из изученных 16 генов преобладает нормальный генотип, т.е. составляет более 50% с наиболее выраженным значением для AMPD1, CNTF, IL15RA, L3MBTL4, PPARA, PPARG2, MTHFR, VDR, HIF1A генов (рис. 1.1.). В отношении гетерозиготных генотипов преобладание обнаружено для ACE, ACTN3, PPARGC1A, UCP и оба полиморфизма гена ADRB2. Мутантный генотип превалирующим оказался только для NOS3 (60,7%). Полное отсутствие мутантных генотипов было характерным для гена L3MBTL4 (табл.1.1).

Таблица 1.1

Частота носительства генотипов среди лиц, не занимающихся спортом (n=122)

№	Исследуемые гены	Нормальные		Гетерозиготные		Мутантные	
		Генотип	%	Генотип	%	Генотип	%
1	ACE(rs4646994)_Alu_Ins/Del	Ins/Ins	33,6	Ins/Del	46,7	Del/Del	19,7
2	ACTN3_Arg(C)577Ter(T)	C/C	27,9	C/T	50	T/T	22,1
3	AMPD1_Gln12Ter_C/T	C/C	63,9	C/T	32,8	T/T	3,3
4	CNTF_G-6A	G/G	63,9	G/A	31,9	A/A	4,1
5	IL15RA_T/G	T/T	46,7	T/G	45,9	G/G	7,4
6	L3MBTL4_G-T	G/G	63,9	G/T	36,1	T/T	0
7	PPARA(rs4253778)_G2528C	G/G	69,7	G/C	29,5	C/C	0,8
8	PPARGC1A(rs8192678_Gly482Ser	G/G	41	G/A	50	A/A	9

9	UCP2(rs660339)_C>T	C/C	36,9	C/T	41	T/T	22,1
10	PPARG2(rs1801282)_C34G	C/C	60,7	C/G	36,9	G/G	2,46
11	MTHFR(rs1801133)_Ala222Val	C/C	50,8	C/T	41	T/T	8,2
12	VDR(rs1544410)G>A	G/G	57,4	G/A	34,4	A/A	8,2
13	HIF1A(rs11549465)_C1772T	C/C	92,6	C/T	4,9	T/T	2,5
14	ADRB2(rs1042714)C>G	C/C	40,2	C/G	51,6	G/G	8,2
15	ADRB2(rs1042713)A>G	A/A	17,2	A/G	46,7	G/G	36
16	NOS3(rs2070744)_C-786T	C/C	4,9	C/T	34,4	T/T	60,7

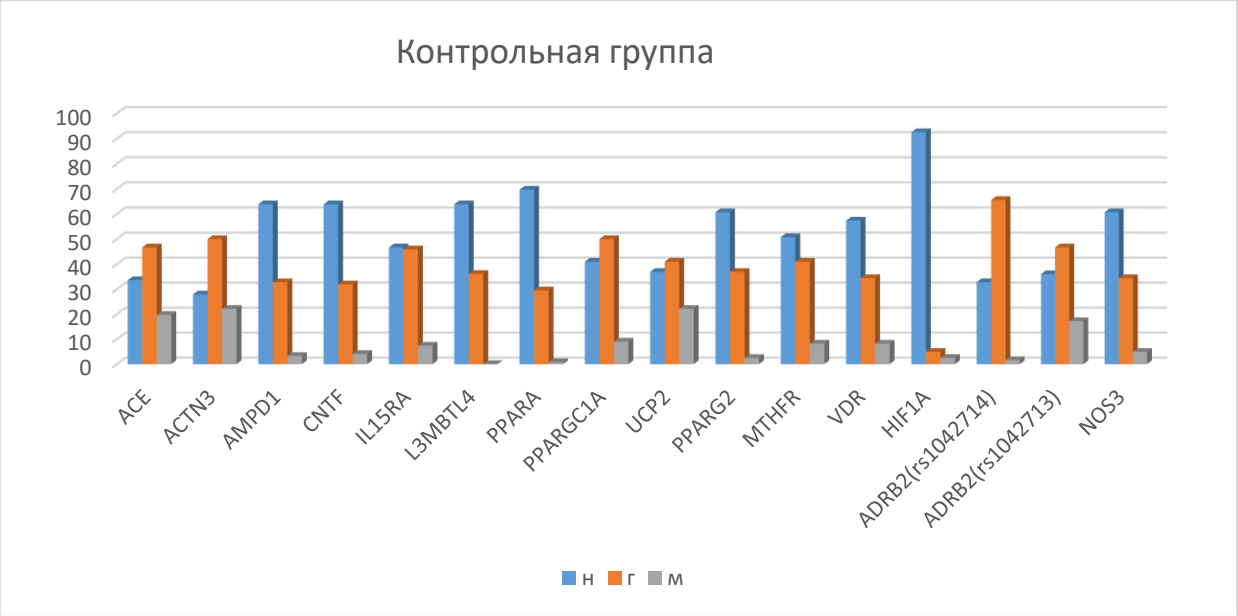


Рис. 1.1. Полиморфизмы изученных генов у лиц, не занимающихся спортом. синий столбец – нормальный генотип (н), красный столбец – гетерозиготный генотип (г), серый столбец – мутантный генотип (м)

Результаты проведенных исследований показали, что у профессиональных спортсменов для 10 из изученных нами генов преобладает нормальный генотип, т.е. составляет более 50% с наиболее выраженным значением для ACTN3, AMPD1, CNTF, IL15RA, L3MBTL4, PPARA, PPARG2, MTHFR, VDR, HIF1A генов (рис. 1.2.). В отношении гетерозиготных генотипов среди изученных 16 генов преобладание обнаружено для 5 генов. В их число вошли ACE, PPARGC1A, UCP и оба полиморфизма гена ADRB2. И интересную картину показали мутантные генотипы, которые оказались превалирующими только для NOS3 (66,7%). Следует отметить, что полное отсутствие мутантных генотипов было характерным для гена L3MBTL4 (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Частота носительства генотипов среди элитных спортсменов (n=60)

№	Исследуемые гены	Нормальные		Гетерозиготные		Мутантные	
		Генотип	%	Генотип	%	Генотип	%
1	ACE(rs4646994)_Alu_Ins/Del	Ins/Ins	33,3	Ins/Del	48,3	Del/Del	18,3
2	ACTN3_Arg(C)577Ter(T)	C/C	46,7	C/T	40	T/T	13,3
3	AMPD1_Gln12Ter_C/T	C/C	71,7	C/T	25	T/T	3,3
4	CNTF_G-6A	G/G	63,3	G/A	28,3	A/A	8,3
5	IL15RA_T/G	T/T	50	T/G	41,7	G/G	8,3
6	L3MBTL4_G-T	G/G	70	G/T	30	T/T	0
7	PPARA(rs4253778)_G2528C	G/G	66,7	G/C	31,7	C/C	1,7
8	PPARGC1A(rs8192678_Gly482Ser	G/G	36,7	G/A	53,3	A/A	10
9	UCP2(rs660339)_C>T	C/C	33,3	C/T	45	T/T	21,7
10	PPARG2(rs1801282)_C34G	C/C	76,7	C/G	21,7	G/G	1,7
11	MTHFR(rs1801133)_Ala222Val	C/C	50	C/T	43,3	T/T	6,7
12	VDR(rs1544410)G>A	G/G	50	G/A	38,3	A/A	11,7
13	HIF1A(rs11549465)_C1772T	C/C	80	C/T	18,3	T/T	1,7
14	ADRB2(rs1042714)C>G	C/C	35	C/G	56,7	G/G	8,3
15	ADRB2(rs1042713)A>G	A/A	16,7	A/G	51,7	G/G	31,7
16	NOS3(rs2070744)_C-786T	C/C	1,7	C/T	31,7	T/T	66,7

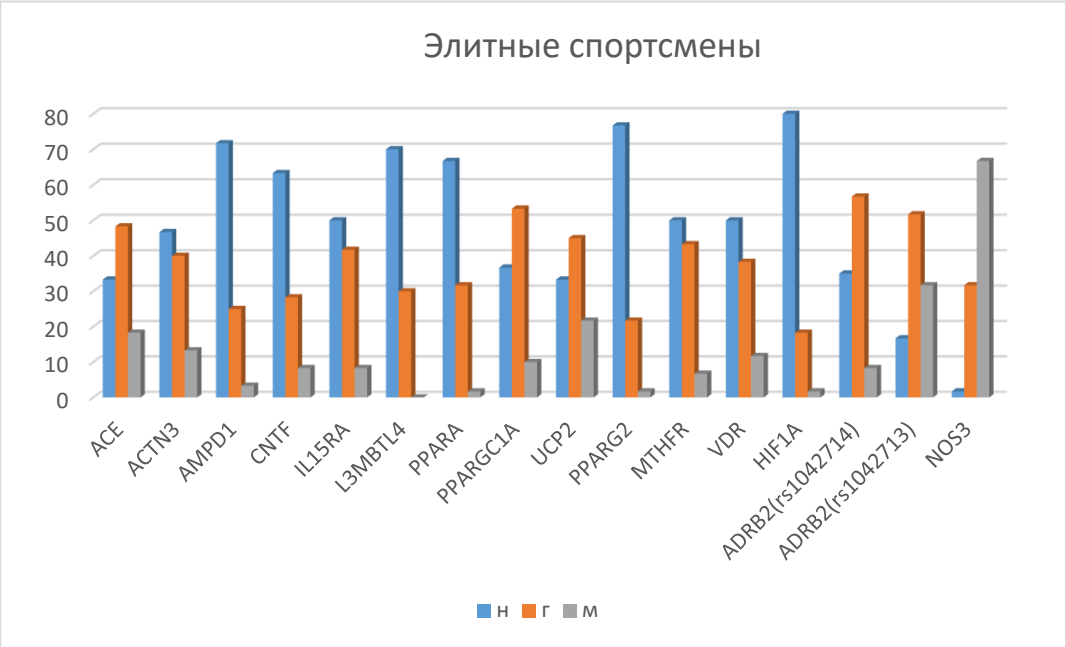


Рис. 1.2. Полиморфизмы изученных генов у профессиональных спортсменов (в%). Синий столбец – нормальный генотип (н), красный столбец – гетерозиготный генотип (г), серый столбец – мутантный генотип (м).

Результаты проведенных исследований показали, что у спортсменов с ДЮСШ для 8 из изученных 16 генов преобладает нормальный генотип, т.е. составляет 50% с наиболее выраженным значением для AMPD1, CNTF, L3MBTL4, PPARA, PPARG2, VDR, HIF1A, ADRB2(rs1042714)C>G генов (рис. 1.3.). В отношении гетерозиготных генотипов преобладание обнаружено для 7 генов из 16 изученных ACE, ACTN3, IL15RA, PPARGC1A, UCP2, MTHFR и ADRB2(rs1042713)A>G. Мутантный генотип превалирующим оказался только для NOS3 (50%). Полное отсутствие мутантных генотипов было характерным для гена L3MBTL4 (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Частота носительства генотипов среди спортсменов ДЮСШ (n=60)

№	Исследуемые гены	Нормальные		Гетерозиготные		Мутантные	
		Генотип	%	Генотип	%	Генотип	%
1	ACE(rs4646994)_Alu_Ins/Del	Ins/Ins	26,7	Ins/Del	56,7	Del/Del	16,7
2	ACTN3_Arg(C)577Ter(T)	C/C	36,7	C/T	53,3	T/T	10
3	AMPD1_Gln12Ter_C/T	C/C	81,7	C/T	16,7	T/T	1,7
4	CNTF_G-6A	G/G	70	G/A	23,3	A/A	6,7
5	IL15RA_T/G	T/T	28,3	T/G	55	G/G	16,7
6	L3MBTL4_G-T	G/G	76,7	G/T	23,3	T/T	0
7	PPARA(rs4253778)_G2528C	G/G	75	G/C	21,7	C/C	3,3
8	PPARGC1A(rs8192678_Gly482Ser	G/G	46,7	G/A	48,3	A/A	5
9	UCP2(rs660339)_C>T	C/C	30	C/T	56,7	T/T	13,3
10	PPARG2(rs1801282)_C34G	C/C	75	C/G	23,3	G/G	1,7
11	MTHFR(rs1801133)_Ala222Val	C/C	43,3	C/T	45	T/T	11,7
12	VDR(rs1544410)G>A	G/G	51,7	G/A	36,7	A/A	11,7
13	HIF1A(rs11549465)_C1772T	C/C	91,7	C/T	8,3	T/T	0
14	ADRB2(rs1042714)C>G	C/C	45	C/G	40	G/G	15
15	ADRB2(rs1042713)A>G	A/A	16,7	A/G	45	G/G	38,3
16	NOS3(rs2070744)_C-786T	C/C	8,3	C/T	41,7	T/T	50

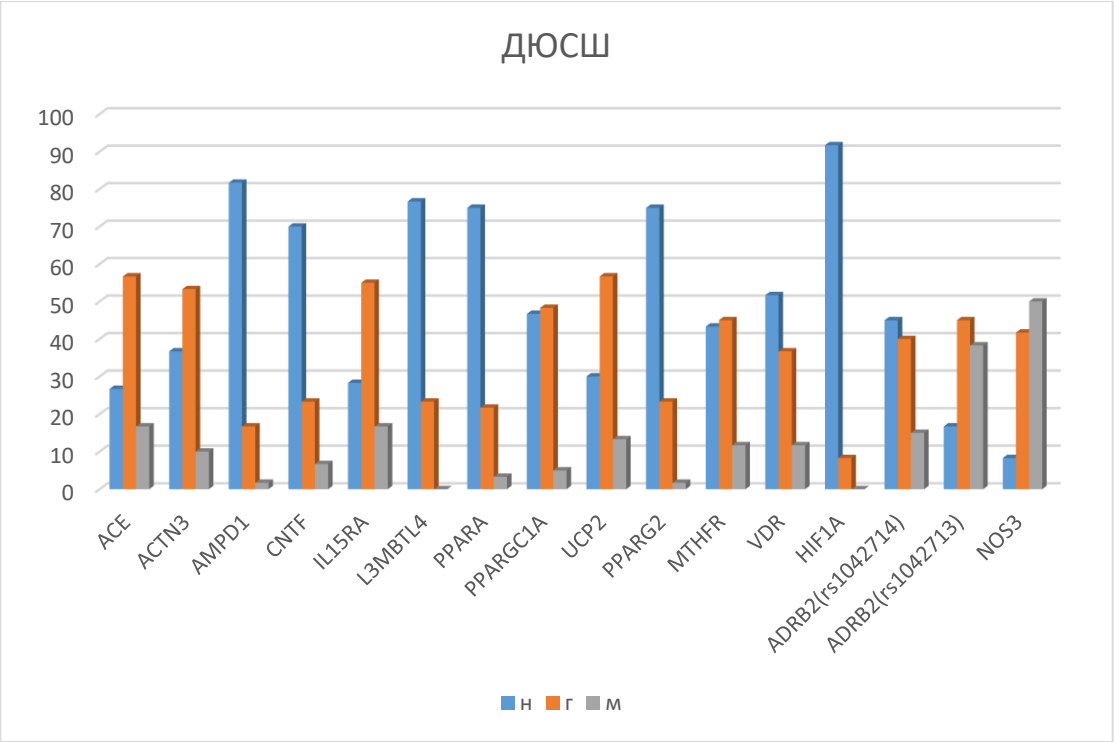


Рис. 1.3. Полиморфизмы изученных генов у спортсменов ДЮСШ (в%). Синий столбец – нормальный генотип (н), красный столбец – гетерозиготный генотип (г), серый столбец – мутантный генотип (м).

Среди элитных спортсменов, занимающихся велоспортом, у 10 (ACE, ACTN3, AMPD1, CNTF, IL15RA, L3MBTL4, PPARA, PPARG2, VDR, HIF1A) из изученных 16 генов преобладает нормальный генотип, т.е. составляет не менее 50% (рис. 1.4). При этом для HIF1A частота встречаемости данного генотипа была наиболее выражена (88,5%). Мутантные генотипы полностью отсутствовали для 4-х генов (AMPD1, IL15RA, L3MBTL4 и PPARA). Превалирование мутантных генотипов обнаружено для NOS3 и ADRB2 генов, с процентным соотношением 60% и 50%, соответственно. Частота распределения гетерозиготных генотипов свыше 50% выявлена для генов AMPD1, PPARGC1A, MTHFR и ADRB2. При этом для AMPD1 обнаружено равное число нормальных и гетерозиготных генотипов с полным отсутствием мутантных генотипов (рис.1.4).

Относительно лиц, не занимающихся спортом, у элитных спортсменов-велосипедистов обнаружено увеличение частоты выявления нормальных генотипов для ACE и ACTN3 генов,

гетерозиготных генотипов для AMPD1 и MTHFR генов, а также и мутантных генотипов для ADRB2 A>G гена. Тогда как снижение частоты выявления было обнаружено для нормальных генотипов AMPD1, MTHFR и ADRB2 A>G, для гетерозиготных генотипов ACE, ACTN3, IL15RA, PPARG2, HIF1A и ADRB2 A>G генов, для мутантных генотипов ACTN3 и IL15RA (рис. 1.4).

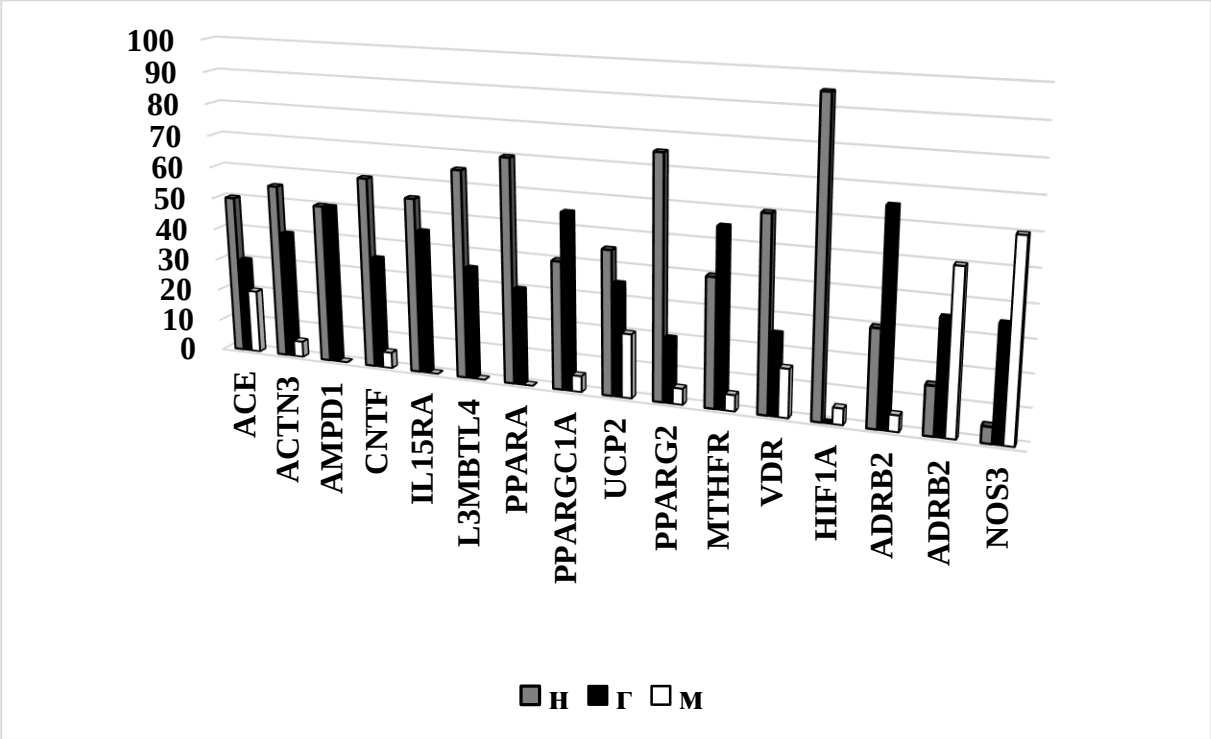


Рис. 1.4. Полиморфизмы изученных генов у спортсменов, занимающихся велоспортом (в%). Серый столбец – нормальный генотип (н), темный столбец – гетерозиготный генотип (г), белый столбец – мутантный генотип (м).

Изучение полиморфизма генов среди элитных спортсменов, занимающихся греблей, показало, что значения частоты всех генотипов (нормальных, гетерозиготных и мутантных) в основном снизились по сравнению с контрольной группой. Наблюдалось повышение частоты нормальных генотипов AMPD1, CNTF, L3MBTL4, PPARA, PPARG2, MTHFR, VDR и HIF1A генов, ACE, IL15RA, PPARGC1A2, UCP2, ADRB2C>G и ADRB2A>G генов у гетерозиготных генотипов. Превалирование мутантного генотипа обнаружено только для NOS3 гена, с процентным соотношением 65% (рис. 1.5).

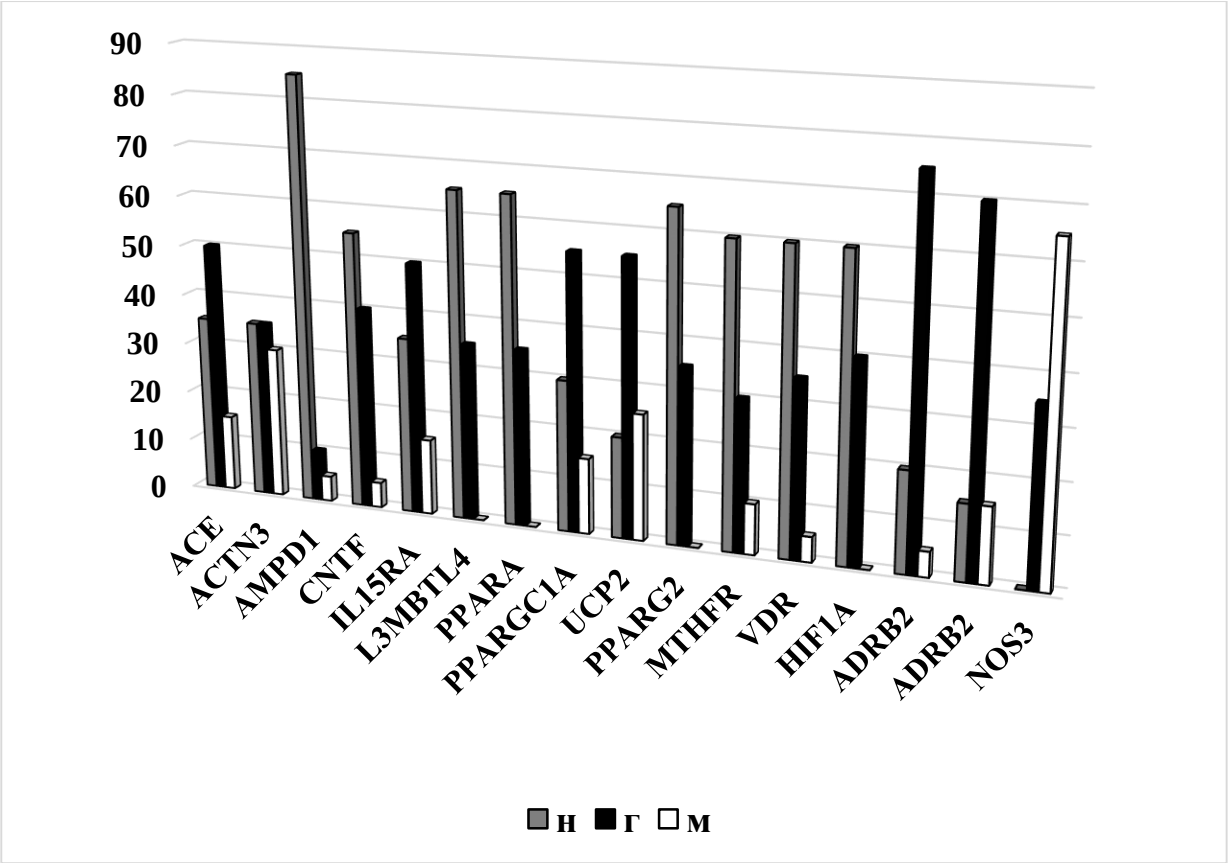


Рис. 1.5. Полиморфизмы изученных генов у спортсменов, занимающихся греблей на байдарке и каноэ. Серый столбец – нормальный генотип (н), темный столбец – гетерозиготный генотип (г), белый столбец – мутантный генотип (м).

Среди элитных спортсменов, занимающихся лёгкой атлетикой, изменения полиморфизма генов относительно лиц, не занимающихся спортом, выявлены в виде повышения частоты встречаемости для генов ACTN3, AMPD1, CNTF, IL15RA, L3MBTL4, PPARG2 и ADRB2C>G нормальных генотипов, ACE, VDR и HIF1A для гетерозиготных генотипов, CNTF, IL15RA, ADRB2C>G, ADRB2A>G и NOS3 мутантных генотипов. Снижение частоты распределения генотипов участились в следующих генах: для ACE, VDR и ADRB2A>G нормальных генотипов, для AMPD1, CNTF, IL15RA, L3MBTL4, PPARG2, ADRB2C>G и NOS3 генов - гетерозиготных генотипов и ACTN3 ген - мутантных генотипов (рис. 1.6).

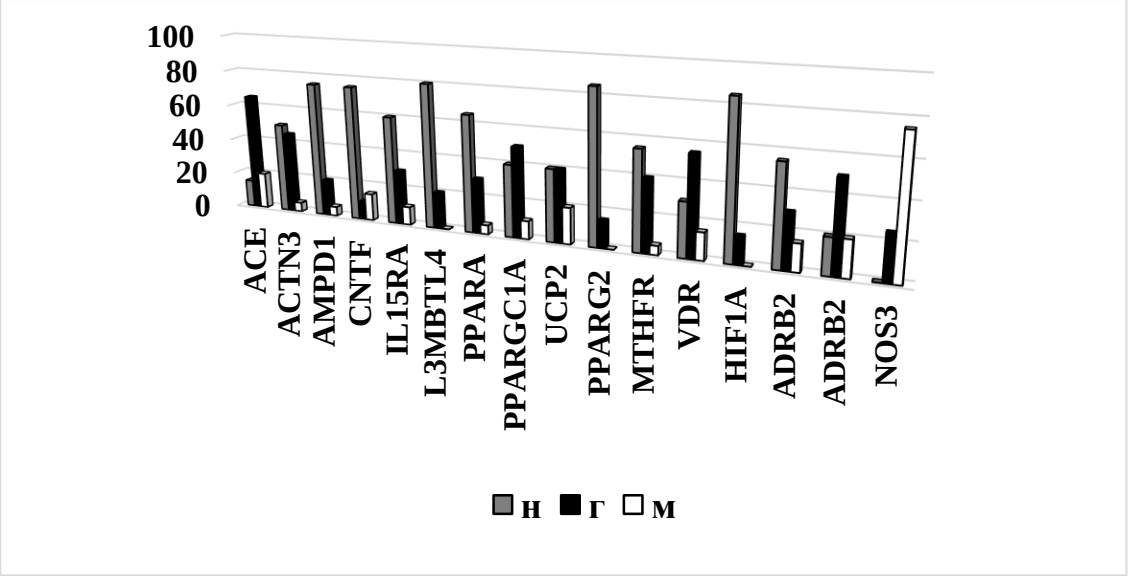


Рис. 1.6. Полиморфизмы изученных генов у спортсменов, занимающихся легкой атлетикой. Серый столбец – нормальный генотип (н), темный столбец – гетерозиготный генотип (г), белый столбец – мутантный генотип (м).

Адекватно подобранная программа тренировок позволит не только сохранять здоровье атлета, но и добиться наиболее быстрых и внушительных результатов в спорте. Нами поставлена задача изучения генов, ассоциированных с развитием и проявлением спортивных качеств атлетов.

Рассматривая перечень исследуемых генетических предикторов с точки зрения физических качеств, можно отметить, что ген AMDP1 отвечает за скорость восстановления организма после физических нагрузок и скорость утомляемости на тренировках. Миссия AMPD1 заключается в энергообеспечении скелетной мускулатуры при мышечном утомлении. Его анализ позволит установить с какой динамикой человеку следует проводить тренировки и какой они должны быть продолжительности. Ген AMDP1 также отвечает за выносливость человека, тем самым определяя, интенсивность утомления и эффективность нагрузок высокой интенсивности [51;с.78-79;56;с.103-105;60;с.48-49;134;с.25-38;135;с.485-486].

В нашем случае, нормальный генотип этого гена высок у всех групп, особенно у гребцов, где его доля достигает 85% (рис. 1.5).

Белок HIF1A, кодируемый аналогичным геном, является основным участником механизмов адаптации

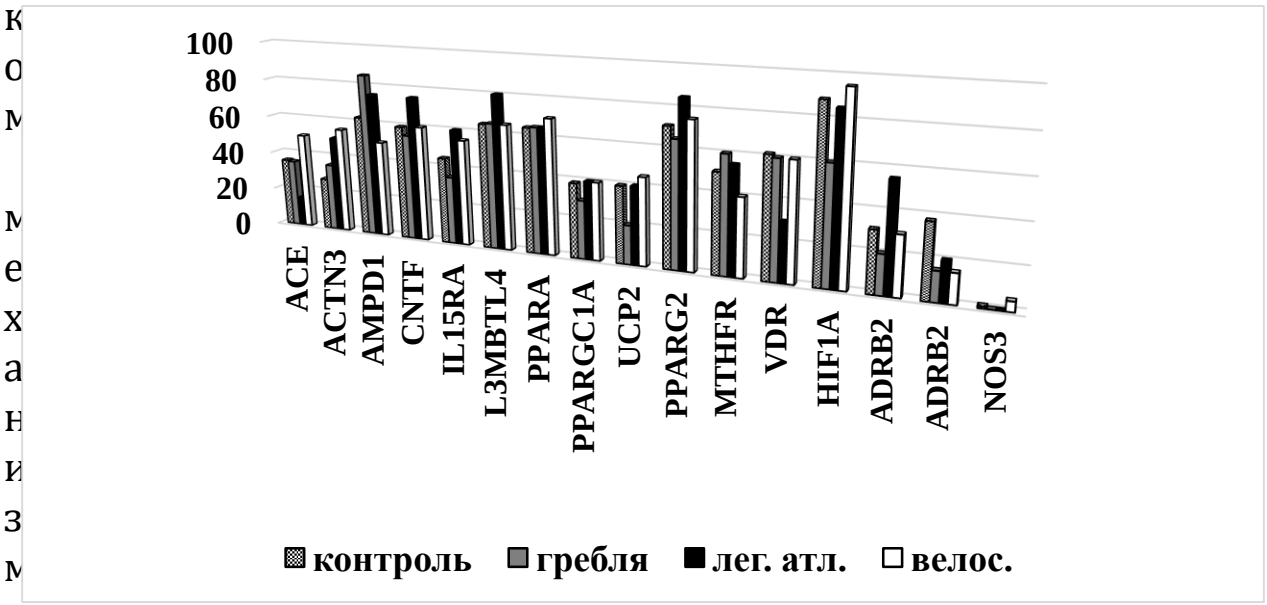


Рис. 1.7. Частота встречаемости полиморфизмов нормальных генотипов изученных генов (в%). Узорный столбец – контрольная группа, серый столбец – группа спортсменов, занимающихся греблей на байдарке и каноэ, чёрный столбец – группа спортсменов, занимающихся легкой атлетикой и белый столбец – группа спортсменов, занимающихся велоспортом.

Частота встречаемости нормальных генотипов генов CNTF,

IL15RA, L3MBTL4, PPARGC1A, PPARG2 и ADRB2 (rs1042714)C>G был высок у легкоатлетов по сравнению с другими группами исследования. У велосипедистов такими генами оказались ACE, ACTN3, PPARA, PPARGC1A, UCP2, HIF1A и NOS3 (рис. 1.7).

Известно, что гены PPARA, PPARGC1A, ACE, PPARG2 в совокупности, определяют предрасположенность человека к мышечной силе или к выносливости. Они дадут ответ на вопрос: какое из спортивных качеств будет являться приоритетным в развитии: ловкость или мышечная масса? Анализируя эти гены, можно подобрать наиболее комфортный и эффективный для человека вид спорта. [25;с.594-599;47;с.788-790;52;с.35-36;156;с.302-304]. Rs4646994 является одним из четырех однонуклеотидных полиморфизмов (SNP), представляющих, возможно, наиболее изученный ACE SNP (однонуклеотидный полиморфизм ангиотензин превращающего фермента). На самом деле это вовсе не единичный нуклеотидный полиморфизм; это инсерция/делеция повторяющегося элемента Alu в интроне гена ACE. Его основная роль заключается в выработке ангиотензина II, сосудосуживающего гормона, и деградации сосудорасширяющих кининов [59;с.11;65;с.74]. Ген ACE является наиболее популярным и часто изучаемым геном и поэтому представляет особый интерес в качестве гена-кандидата для элитных фенотипов результативности [22;с.95-97].

Известно также, что I/D полиморфизм гена ACE связан с более низкой активностью ACE как в тканях, так и в кровообращении, с лучшими показателями выносливости у элитных спортсменов [77;с.350]. Обзор литературы показал, что аллель «I» был идентифицирован у различных элитных спортсменов, занимающихся спортивными видами, где преобладает качество выносливости [166;с.114-118]. Наши результаты показали, что распространенность «I» аллеля была только у велосипедистов, причем частота I/I полиморфизма составила 50% против 35,5% в контрольной группе. У гребцов и легкоатлетов частота I/I полиморфизма составила 35 и 15% соответственно, то есть ниже, чем в контрольной группе (35,5%). I/D полиморфизм у велосипедистов составлял 30%, в то

время как он был 50% и 65% у гребцов и легкоатлетов, соответственно, против 41,5% в контрольной группе (рис. 1.8.). Следует отметить, что в некоторых исследованиях не было обнаружено никакой связи между I/D полиморфизмом ACE гена и элитным спортивным статусом [22;с.94-95]. На самом деле, наше исследование также не выявило никакой разницы между элитными спортсменами и обычными людьми, не занимающихся спортом.

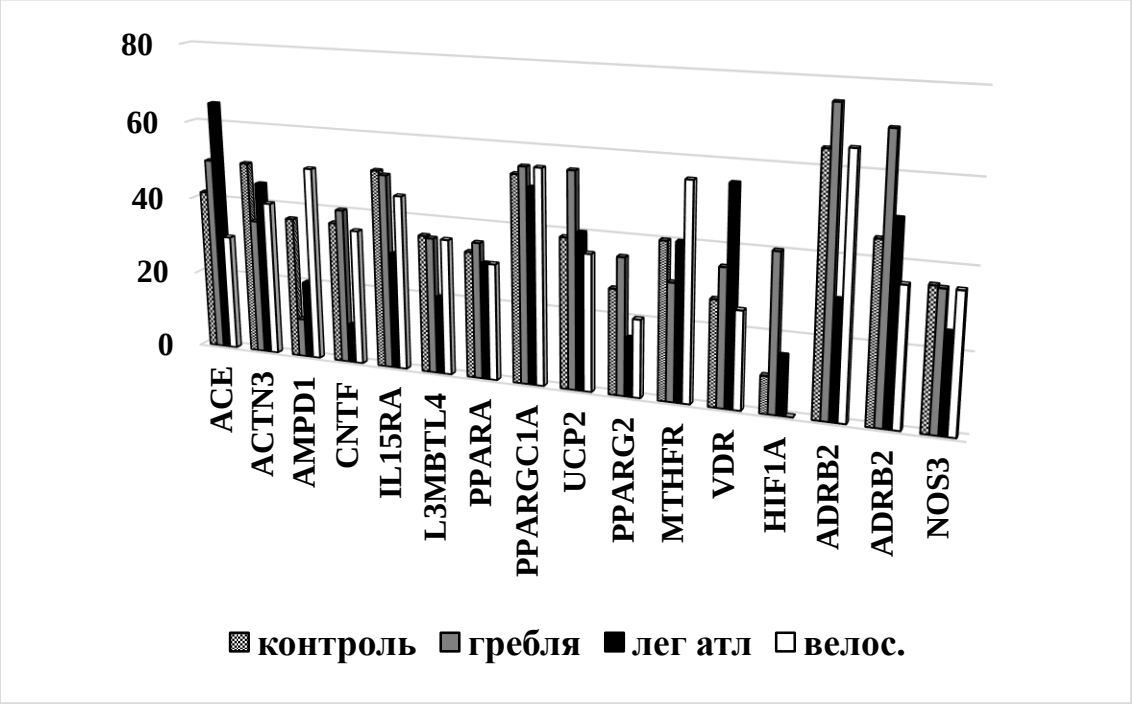


Рис. 1.8. Частота встречаемости полиморфизмов гетерозиготных генотипов изученных генов. Узорный столбец – контрольная группа, серый столбец – группа спортсменов, занимающихся греблей на байдарке и каноэ, чёрный столбец – группа спортсменов, занимающихся легкой атлетикой и белый столбец – группа спортсменов, занимающихся велоспортом.

Как видно из рис. 1.8 из изученных нами 16 генов доля гетерозиготных генотипов для генов ACE и VDR была высока у легкоатлетов, для генов AMPD1, PPARGC1 и MTHFR - у велосипедистов, а в генах CNTF, PPARA, PPARGC1, UCP2, PPARG2, HIF1A, ADRB2 (rs1042714)C>G и ADRB2 rs1042713)A>G - у гребцов.

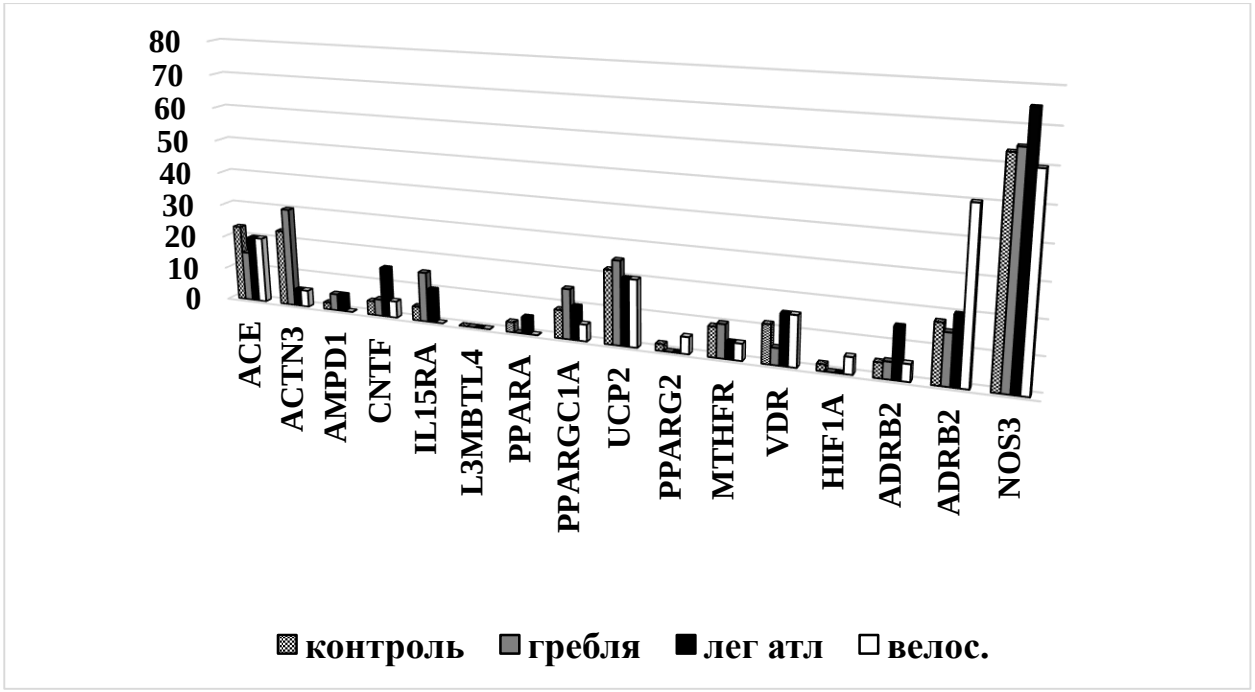


Рис. 1.9. Частота встречаемости полиморфизмов мутантных генотипов изученных генов. Узорный столбец – контрольная группа, серый столбец – группа спортсменов, занимающихся греблей на байдарке и каноэ, чёрный столбец – группа спортсменов, занимающихся легкой атлетикой и белый столбец – группа спортсменов, занимающихся велоспортом.

Удивительно, но мутантный генотип гена NOS3 был высок у всех изученных групп, среди которых легкоатлеты обладали наиболее высокой частотой встречаемости этого полиморфизма. Мутантный генотип генов ACTN3, IL15RA, PPARGC1A, UCP2 и MTHFR был сравнительно выше у гребцов, чем в остальных группах (рис.1.9). У велосипедистов мутантный полиморфизм ADRB2 (rs1042713)A>G гена оказался невероятно высоким по сравнению с другими группами, с процентным соотношением встречаемости 50%.

Анализ литературных данных показывает, что гены ADRB2 и ADRB3, являющиеся адренергическими рецепторами, представляют собой прототипическое семейство гуаниновых нуклеотидсвязывающих регуляторных белковых рецепторов, которые определяют интенсивность тренировок для их носителей. Они отвечают за скорость превращения жировых запасов в энергию. На основе анализа этих генов можно

подбирать наиболее подходящий для спортсмена тип тренировочного режима. В этом поможет так называемый индекс MET, являющийся показателем физической активности, определяющий соотношение уровня метаболизма человека во время физической активности к уровню метаболизма в состоянии покоя. Индекс MET выше у тех спортсменов, кто больше занимается физической активностью, тем самым затратив больше энергии. В зависимости от вида спорта определяется уровень индекса MET. Именно гены ADRB2 и ADRB3 способствуют определению данного индекса для потери, сохранения и набора весовой массы спортсменов. В зависимости от активности этих генов человеческое тело создает разные конституции, приводящих организм либо к накоплению избытка веса, либо к потере веса. Их основная роль заключается в том, чтобы опосредовать физиологические эффекты гормона адреналина и нейромедиатора норадреналина. Кроме того, хорошо известно, что адренергические рецепторы могут влиять на регуляцию липолиза жировой ткани – одного из важнейших этапов удовлетворения энергетических потребностей во время тренировок на выносливость [99;с.79-80;104;с.119-121;127;с.26-29].

Бета-2-адренергический рецептор является членом G-белок связанных рецепторов. Он экспрессируется во многих типах клеток и играет важную роль в регуляции работы сердечной, легочной, сосудистой и центральной нервной систем. Многочисленные исследования посвящены Gly16Arg SNP (rs1042713 G/A) генотипу гена ADRB2 с несколькими фенотипами. Wolfarth и др. описали чрезмерную частоту встречаемости аллеля 16 Arg у элитных спортсменов, тренирующихся на выносливость по сравнению с сидячим контролем (не занимающихся спортом людей, ведущих сидячий образ жизни) [187;с.882-883;194;с.877-878].

Наши результаты показывают, что C/C полиморфизм гена ADRB2 C>G имеет более высокую экспрессию у легкоатлетов по сравнению с контрольной группой, с частотой встречаемости 55% против 31%. У других элитных спортсменов этот аллель встречается значительно реже (30% у велосипедистов и 20% у

гребцов). Однако, A/G полиморфизм этого гена был более, чем в два раза меньше, чем в контрольной группе, в то время как в других группах он был почти одинаковым. Генотип ADRB2(rs1042713)A>G был в два и более раз меньше в элитных группах спортсменов, чем в контрольной группе (15% как у велосипедистов, так и у гребцов и 20% у легкоатлетов против 37,5% в контрольной группе, соответственно). G>G генотип ADRB2(rs1042713) гена был самым высоким у велосипедистов с частотой встречаемости 50%, в то время как у гребцов и легкоатлетов он составлял 15 и 30%, соответственно против 17,5% в контрольной группе.

Другим геном, широко изученным на предмет его связи с показателями результативности в элитном спорте, является ACTN3, который кодирует белок скелетных мышц α-актинин-3 – семейство актин-связывающих белков, экспрессирующихся исключительно в мышечных волокнах 2-го типа. Согласно литературным данным, этот ген экспрессируется исключительно в быстрых мышечных волокнах, ответственных за быстрые и сильные мышечные сокращения, главным образом в спринтерской и силовой деятельности [22;с.94-95]. Очень распространенная генетическая вариация в гене ACTN3 приводит к замене аргинина (R) стоп-кодоном (X) на аминокислоту 577 (R577X, rs1815739). Хотя хорошо известно, что вариация ACTN3, которая приводит к дефициту белка α-актинина-3, не приводит к функциональным нарушениям мышц, существует несколько исследований, подтверждающих положительную связь между мощными мышечными сокращениями и наличием R аллеля [57;с.10-11]. Показано, что частота генотипа ACTN3 XX была снижена у элитных силовых спортсменов по сравнению с сидячей контрольной группой. Кроме того, они также обнаружили, что ни у одной из спортсменок олимпийских видах спорта или элитных женщин - силовых атлетов, включенных в исследование, не было обнаружено XX генотипа. Более поздние исследования: случай-контроль (case-control) подтвердили эти результаты [146;с.105-108].

Наше исследование также подтвердило заявленные в литературе результаты, где генотип T/T, соответствующий

описанному в литературе генотипу XX, встречался значительно реже у велосипедистов и легкоатлетов (5% и 5%, соответственно), чем в контрольной группе (23%). Удивительно, но этот генотип был выше у гребцов (23%) по сравнению с другими группами элитных спортсменов. Генотип C/T был ниже во всех группах элитных спортсменов по сравнению с контрольной группой. Этот результат, по-видимому, согласуется с литературными данными, где в некоторых исследованиях было показано, что доля XX генотипа и/или X аллеля была выше у спортсменов, ориентированных на выносливость, по сравнению с обычными людьми. Хотя есть некоторые сообщения, показывающие связь X аллеля с лучшими показателями выносливости, большинство авторов сообщали об отсутствии связи между полиморфизмом ACTN3 R577X и статусом спортсмена на выносливость. Согласно литературным данным вариации гена ACTN3 ведут к уменьшению числа быстрых мышечных волокон и снижению скоростно-силовых характеристик, в то время как увеличивается проявление выносливости [93;с.41-43;126;с.26-27].

G/G генотип гена CNTF_G6A также имеет сходную частоту встречаемости во всех группах, кроме группы легкоатлетов, с частотой встречаемости 75%. Тот же результат наблюдался и с генотипом G/G L3MBTL4_GT гена.

C/C генотип UCP2 гена имеет самую низкую частоту у гребцов, чем у других элитных спортсменов и в контрольной группе. Частота встречаемости этого генотипа была почти в два раза меньше, чем в контрольной группе.

G/G генотип гена VDR был самым низким у легкоатлетов, с результатом встречаемости 30% против 60% как у велосипедистов, так и у гребцов, и против 61,5% в контрольной группе.

Ген IL15RA контролирует выработку интерлейкина-15, который отвечает за регуляцию иммунной системы. Наряду с Интерлейкин 15 (IL15 RA), интерлейкин 2 стимулирует пролиферацию активированных CD4-CD8-, CD4+CD8+, CD4+ и CD8+ Т клеток, а также способствует повышению активности цитотоксических Т лимфоцитов и NK клеток [105;с.20-24]. Наряду

с этим, IL-15 проявляет протективное действие на нейтрофилы, путем подавления их апоптоза, регуляции фагоцитоза, а также оказывает стимулирующее действие на секрецию IL-8 и IL-1R. Видимо, участие IL-15 в регуляции иммунного ответа играет немаловажное значение и в спортивной деятельности, которая сопряжена модификацией реакции иммунной системы в условиях постоянной физической нагрузки и психоэмоционального напряжения. В настоящее время установлено, что Т аллелью и ТТ генотипом гена IL15RA связана выносливость, а G аллелью и GT генотипом – скоростные и силовые качества спортсмена [105;с.20;111;с.233]. В других исследованиях, проведенных у высококвалифицированных спортсменов показано, что однонуклеотидный полиморфизм IL15RA (SNP rs2296135) связан с выносливостью, мышечной силой, метаболизмом и работоспособностью. Если учесть это, то можно предположить, что среди обследованных нами легкоатлетов и велосипедистов, в отличие от гребцов, больше спортсменов с склонностью к выносливости. Следовательно, можно прогнозировать лучшие спортивные результаты в соревнованиях с длинными дистанциями. В то же время у гребцов из-за одинаковой частоты встречаемости обеих аллельных вариантов изучаемого гена, можно предположить достижение лучших результатов в средних дистанциях. Вместе с тем есть данные о том, что между величиной аэробной нагрузки, состоянием клеточного звена иммунной защиты и частотой встречаемости гетерозиготного варианта (GT) гена IL-15RA имеется четкая взаимосвязь [111;с.234]. Результаты наших исследований также свидетельствуют о том, что среди обследованных спортсменов достаточно часто встречаются носители гетерозиготного генотипа гена IL-15RA. Видимо, указанная взаимосвязь этого генотипа также играет немаловажную роль в реализации спортивных возможностей. Хотя полное исчезновение нормального С/С генотипа NOS3 было выявлено у занимающихся лёгкой атлетикой и греблей, таких резких изменений частоты встречаемости генотипов других генов не было выявлено во всех группах исследования. При суммарной оценке следует отметить, что для всех групп частота встречаемости Т/Т (мутантного) полиморфизма NOS3 гена

оказалось самой высокой.

Из литературы известно, что NOS3 ген постоянно экспрессируется организмом, и повышение его уровня наблюдается при интенсивных физических нагрузках, стрессах и хронической гипоксии. Это означает, что этот ген напрямую связан с физической активностью [7;с.18-22;8;с.106-108;70;с.100-101;198;с.314-318]. Самый высокий уровень активности наблюдался у спортсменов-легкоатлетов (75%) (табл.1.4). Наши исследования еще раз подтвердили ранее полученные результаты групп авторов, которые выявили, что частота встречаемости полиморфизма этого гена оказалась выше у цикликов-легкоатлетов и марафонцев, чем в остальных группах. Однако, частота встречаемости этого гена оказалась выше в контрольной группе по сравнению с велосипедистами и спортсменами, занимающихся греблей на байдарке и каноэ. Если учесть и другие факторы, влияющие на повышение частоты встречаемости полиморфизма этого гена, это наводит на мысль, что в группе контроля имелось множество людей, чувствующими себя не комфортно из-за различных проблем, касающиеся их жизни. Это высказывание подтверждается исследованиями ученых, утверждающих, что обладатели T/T полиморфизма NOS3 гена подвержены повышенному риску сердечно-сосудистых заболеваний [98;с.25-27].

Необходимо отметить, что в результате изучения данных генов можно будет судить не только о физической способности атлетов, но и их предрасположенности к различным заболеваниям. Полиморфизмы выше перечисленных генов также имеют связь с различными видами заболевания, чрезмерная экспрессия которых может вызвать возбуждения тех или иных недугов. Так, изученные нами в данной работе генетические маркеры расположены в генах, ответственных за регуляцию термогенеза, сосудистого тонуса, за сокращение быстрых мышечных волокон, роста скелетных мышц и миокарда, регуляцию метаболизма углеводов и жиров, а также за обеспечение метаболической эффективности мышечной деятельности организма (таблица 1.4).

Таблица 1.4.

Гены, изученные в работе и их роль в организме человека

Гены сердечно-сосудистой системы (риски для здоровья, связанные с физической работой)	
ACE	отвечает за синтез ангиотензин I-превращающего фермента, играющего важную роль в регуляции артериального давления и электролитного баланса
NOS3	отвечает за проявления ишемической болезни сердца, гипертонической болезни, спазм коронарных артерий, ишемическому инсульту, за развитие артериальной гипертензии
ADRB1	увеличивает силу и частоту сокращений сердечной мышцы
ADRB2	увеличивает силу и частоту сокращений сердечной мышцы
L3MBTL4	увеличивает артериальное давление и приводит к гипертонии
Гены метаболизма и энергетического обмена (гены ответственные за энергообмен)	
PPARA	отвечает за синтез ангиотензинпревращающего фермента
PPARG	регулирует экспрессию ряда генов на стадии дифференцировки адипоцитов
UCP2	приводит к уменьшению производства АТФ и высвобождению энергии
PPARGC1A (PGCA1)	отвечает за мышечную активность, оценку выносливости и эффективности сжигания жиров
HIF1A	отвечает за реакцию транспорта и недостатка кислорода
Гены, характеризующие особенности и строение поперечнополосатой мышечной ткани	
ACTN3	обеспечивает мгновенное сокращение мышечных волокон – клеток, ответственных за быстрое напряжение мышц, которые работают при беге на короткую дистанцию или поднятии тяжестей
AMPD1	Отвечает за предрасположенность к устойчивости организма на воздействие продолжительных физических нагрузок
CNTF	ассоциируется с мышечной напряженностью, силой и качеством
IL15RA	отвечает функциональному окислительному сдвигу в быстрых мышцах, существенно повышая устойчивость к усталости и физическую работоспособность.
Гены структуры и метаболизма костной и соединительной ткани	
VDR	ответственный за метаболизм кальция и минеральный обмен в организме

Сообщается, что различные полиморфизмы ACE гена, а также мутации в этом гене вовлечены в широкий спектр заболеваний, включая сердечно-сосудистую патофизиологию, псориаз, болезнь почек, инсульт и болезнь Альцгеймера. В то время как генотип ACE ассоциирован с изменениями массы левого желудочка в ответ на стимуляцию как в здоровом, так и в больном состоянии в сердечной мышце. Если аллель D ассоциируется с повышенной реакцией на тренировку, то аллель I связана с низкой реакцией на рост сердечной мышцы. I аллель также ассоциирован с показателями выносливости, в то время как аллель D ассоциируется с большим увеличением силовых характеристик в скелетных мышцах ответ на тренировку как у здоровых людей, так и при хронических заболеваниях. Мутация ACE гена связана с увеличением активности брадикинина, что, в свою очередь, ведет к увеличению артериального давления [22;с.95;32;с.88;37;с.109-112;38;с.36;39;с.98-100;40;с.257;59;с.10-12;65;с.74-75;77;с.350].

Ген CNTF (Ciliary Neurotrophic Factor - Цилиарный нейротрофический фактор) кодирует полипептидный гормон, который якобы связан с нервной системой и способствует синтезу нейромедиаторов и росту нейритов в определенных популяциях нейронов. Этот белок является мощным фактором выживания нейронов и олигодендроцитов и может быть полезен для уменьшения разрушения тканей во время воспалительных атак. Заболевания, связанные с CNTF, включают заболевания двигательных нейронов и дегенерацию сетчатки. Считается, что CNTF предотвращает дегенерацию моторных аксонов после аксотомии.

Ген IL15RA кодирует рецептор цитокинов, который специфически связывает интерлейкин 15 (IL15) с высоким сродством. Сообщается, что этот рецептор усиливает клеточную пролиферацию и экспрессию ингибитора апоптоза BCL2L1/BCL2-XL и BCL2. IL15RA является субъединицей рецептора интерлейкина 15 Альфа, а заболевания, связанные с IL15RA, включают АКТГ-независимую макронодулярную гиперплазию надпочечников 1 и Т-клеточный крупнозернистый лимфолейкоз. Однонуклеотидный

полиморфизм в экзоне 7 IL15RA связан с мышечной гипертрофией и составляет 7,1% вариации при регрессионном моделировании. Заболевания, связанные с L3MBTL4, включают синдром делеции хромосомы 18P и синдром N [72;с.37;75;с.174-175;64;с.14-16;105;с.20;111;с.234;131;с.371].

MTHFR ген кодирует внутриклеточный фермент метилентетрагидрофолатредуктаза, превращающий гомоцистеин в метионин в присутствии кофакторов – пиридоксина (витамина B_6) и цианокобаламина (витамина B_{12}) и субстрата фолиевой кислоты. Фермент участвует в реакциях фолатного цикла, катализирую реакцию превращения гомоцистеина в метионин. Гомоцистеин – серосодержащая аминокислота, являющаяся продуктом переработки в организме незаменимой аминокислоты метионина. Имеются C677T и A1298C полиморфизмы этого гена. Люди, носящие гомозиготные аллели отличаются наличием более высокого уровня гомоцистеина, в то время как гетерозиготные мутанты, имеют небольшое повышение уровеня гомоцистеина по сравнению с нормами. Есть сообщения, что повышение уровня гомоцистеина крови на 5 мкмоль/л приводит к увеличению риска атеросклеротического поражения сосудов на 80% у женщин и на 60% у мужчин. MTHFR также исследуется для выявления генетической предрасположенности к ишемическому инсульту, к гипергомоцистеинемии, анемии, различным формам рака ишемической болезни сердца, гипертензии, атеросклерозу, тромбозам, преэклампсии, депрессии [19;с.96-100;63;с.24;106;с.111].

Если учесть данные мутантных генотипов гена ACE, и особенно, NOS3, то это наводит на мысль, что у всех изученных групп высок риск заболевания сердечно-сосудистыми заболеваниями. С другой стороны, артериальное давление может балансироваться за счет отсутствия мутантного генотипа L3MBTL4 гена у всех изученных групп, также приводящая к гипертонии.

Таким образом несмотря на то, что изучением полиморфизмов всего 16 генов невозможно сделать обстоятельный научный вывод о причастности их к каким-либо

спортивным качествам, множество научных исследований указывают роль данных генов в достижении спортивной результативности атлетов высокого профиля. Наше исследование наводит на мысль, что атлетическое поведение спортсмена связано не только с распределением частот полиморфизмов в генетической детерменированности, но и с регуляцией экспрессии генов под воздействием механизмов ее активации под влиянием продолжительных физических нагрузок аэробного и анаэробного характера.

Долговременная адаптация человека к двигательной активности обуславливает измененный механизм проявления в спортивном организме активности генетических полиморфизмов. Подобные изменения активности генетических проявлений составляют основу пластичности мышечных структур организма на уровне клеточного распознавания. То есть речь идет об эпигенетических изменениях, проявляющихся усиленной измененной обратимой активностью деятельности генов под воздействием тренировочной деятельности. Однако данное воздействие не носит характер структурных изменений нарушения нуклеотидной последовательности ДНК, и сохранение выраженной активности проявлений генетической информации в ряду клеточных поколений остается неизменным. В дальнейших наших работах мы надеемся отразить результаты исследования транскрипционного профиля атлетов, затрагивающих активацию определенных генов скелетных мышц. Наше исследование нацелено на оценку эффективности адаптации организма спортсменов к различным по интенсивности физическим нагрузкам с дальнейшей оптимизацией построения спортивной карьеры в виду анализа задействованного диапазона генетических маркеров, ассоциированных со спортивно-значимыми признаками на основе прогнозирования их результативности в спорте.

Знания о наследуемости данных признаков в зависимости от соотношения как генетических, так и средовых факторов предполагает составление индивидуально сбалансированных нагрузок и определение их продолжительности во время тренировок, что в свою очередь минимизирует возможные

негативные последствия для здоровья и значительно увеличит ожидаемые результаты.

1.3. Ассоциации спортивных генов у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта по сравнению с лицами, не занимающимися спортом.

Проведение характеристики аллельно-генотипных вариантов спортивных генов и их ассоциаций у спортсменов высоких достижений, занимающихся циклическими видами спорта продемонстрировало картину, где было обнаружено их отличие от лиц, не занимающихся спортом.

В проведенных исследованиях между основной группой спортсменов высоких достижений и контрольной выборкой, состоящей из лиц, не занимающихся спортом, нами установлено, что выявлена достоверная значимость в доле носительства генотипа C/C гена ACTN3 полиморфизма Arg(C)577Ter(T) (табл.1.5). На примере данных генов выявлена самостоятельная роль генотипа C/C гена ACTN3 (шанс обнаружения составил OR-2,3, χ^2-6,3, p=0,03).

Таблица 1.5

Распределение аллельно-генотипных вариантов полиморфизма Arg(C)577Ter(T) гена ACTN3 в группе элитных спортсменов и лиц, не занимающихся спортом

Аллели и генотипы	Количество обследованных аллелей и генотипов				χ2	p	RR	95%CI	OR	95%CI
	Основная группа		Контрольная группа							
	n	%	n	%						
C	80	66,7	129	52,9	6,3	0,03	1,4	1,07 - 1,87	1,8	1,13 - 2,8
T	40	33,3	115	47,1	6,3	0,03	0,7	0,38 - 1,32	0,6	0,36 - 0,88
C/C	28	46,7	34	27,9	6,3	0,03	1,7	0,76 - 3,7	2,3	1,2 - 4,28
T/C	24	40,0	61	50,0	1,6	0,30	0,8	0,35 - 1,85	0,7	0,36 - 1,25
T/T	8	13,3	27	22,1	2,0	0,20	0,6	0,17 - 2,14	0,5	0,23 - 1,27

Обнаруженная более высокая частота CC генотипа у спортсменов по сравнению с контрольной группой и ее повышение с ростом спортивной квалификации может свидетельствовать о том, что носительство C/C генотипа гена ACTN3 благоприятствует развитию аэробных механизмов энергообеспечения.

Частота C/C и C/G генотипов у гена PPARG2 (rs1801282)_C34G в группе элитных спортсменов значимо отличалась от контрольной выборки (табл.1.6). Выявлена самостоятельная роль генотипа C/C (OR-2,13, χ^2-4,59, p=0,03) и самостоятельная роль генотипа C/G (OR-0,47, χ^2-4,29, p=0,04) полиморфизма (rs1801282)_C34G гена PPARG2.

Таблица 1.6

Распределение аллельно-генотипных вариантов полиморфизма (rs1801282)_C34G гена PPARG2 в группе спортсменов и лиц, не занимающихся спортом

Аллели и генотипы	Количество обследованных аллелей и генотипов				χ2	p	RR	95%CI	OR	95%CI
	Основная группа		Контрольная группа							
	n	%	n	%						
C	105	87,5	193	79.1	3.83	0,05	1.11	1.01-1.21	1.85	0.99-3.45
G	15	12,5	51	20.9	3.83	0,05	0.60	0.35-1.02	0.54	0.29-1.01
C/C	46	76,7	74	60.66	4.59	0,03	1.26	1.06-1.54	2.13	1.06-4.29
C/G	13	21,7	45	36.89	4.29	0,04	0.59	0.34-1.00	0.47	0.23-0.97
G/G	1	1,7	3	2.46	0.12	0,73	0.68	0.07-6.38	0.67	0.07-6.60

Можно предположить, что носительство данных генотипов связано с повышением анаболического действие на скелетные мышцы, тем самым усиления его эффекта у тренированных лиц.

Выявлена достоверная значимость сравниваемых групп гена HIF1A (rs11549465)C1772T. Доля носительства генотипа C/C и генотипа C/T гена HIF1A у спортсменов достоверно отличалась от контрольной выборки (табл.1.7). Выявлена самостоятельная роль генотипа C/C (OR-0,32, χ^2-6,28, p=0,01) и самостоятельная роль генотипа C/T (OR-4,34, χ^2-8,55, p=0,01) полиморфизма (rs11549465)C1772T гена HIF1A.

Таблица 1.7

Распределение аллельно-генотипных вариантов полиморфизма (rs11549465)_C1772T гена HIF1A в группе спортсменов и лиц, не занимающихся спортом

Аллели и генотипы	Количество обследованных аллелей и генотипов				χ2	p	RR	95%CI	OR	95%CI
	Основная группа		Контрольная группа							
	n	%	n	%						
C	107	89,2	232	95.1	4.4	0,04	0.94	0.88-1	0.43	0.19-0.96
T	13	10,8	12	4.9	4.4	0,04	2.20	1.04-4.68	2.35	1.04-5.32
C/C	48	80,0	113	92.6	6.28	0,01	0.86	0.75-0.99	0.32	0.13-0.81
C/T	11	18,3	6	4.92	8.55	0,01	3.73	1.45-9.60	4.34	1.52-12.39
T/T	1	1,7	3	2.46	0.12	0,73	0.68	0.07-6.38	0.67	0.07-6.60

Таким образом, можно предположить, что данные генотипы благоприятны для развития и проявления выносливости с ростом спортивной квалификации. C аллель ассоциируется с высокими гликолитическими возможностямии, усиленным переносом кислорода в ткани.

Также нами выявлены различия в частоте аллельных и генотипических вариантов полиморфизма Arg(C)577Ter(T) гена ACTN3 T/C в группах спортсменов ДЮСШ и контрольной выборке. Доля носительства T/T генотипа гена ACTN3 у спортсменов достоверно отличалась от контрольной выборки (табл.1.8). Выявлена самостоятельная роль генотипа T/T (OR-0,4, χ^2-3,99, p=0,05) гена ACTN3.

Таблица 1.8

Распределение аллельно-генотипных вариантов полиморфизма Arg(C)577Ter(T) гена ACTN3 в группе спортсменов с ДЮСШ и лиц, не занимающихся спортом

Аллели и генотипы	Количество обследованных аллелей и генотипов				χ2	p	RR	95%CI	OR	95%CI
	Основная группа		Контрольная группа							
	n	%	n	%						
C	76	63,3	129	52,9	3,58	0,06	1,2	1,0-1,4	1,54	0,98-2,4
T	44	36,7	115	47,1	3,58	0,06	0,8	0,6-1,0	0,65	0,41-1,01
C/C	22	36,7	34	27,9	1,46	0,23	1,31	0,8-2,03	1,5	0,78-2,9
T/C	32	53,3	61	50,0	0,02	0,02	0,98	0,73-1,31	0,96	0,51-1,8
T/T	6	10	27	22,1	3,99	0,05	0,45	0,20-1,03	0,4	0,15-1,0

Таким образом, можно предположить, что носительство данного аллеля может оказывать благоприятный эффект на развитие и проявление скоростных качеств

Доля носительства генотипа C/C и генотипа C/T гена AMPD1 полиморфизма Gln12Ter_C/T у группы спортсменов юношеского спорта значимо отличалась от контрольной выборки (табл.1.9). Выявлена самостоятельная роль генотипа C/C (OR-0,4; χ^2-5,9; p=0,01) и генотипа C/T (OR-2,4; χ^2-5,2; p=0,02) полиморфизма Gln12Ter_C/T гена AMPD1

Таблица 1.9

Распределение аллельно-генотипных вариантов полиморфизма Gln12Ter_C/T гена AMPD1 в группе спортсменов с ДЮСШ и лиц, не занимающихся спортом

Аллели и генотипы	Количество обследованных аллелей и генотипов				χ2	p	RR	95%CI	OR	95%CI
	Основная группа		Контрольная группа							
	n	%	n	%						
C	108	90	196	80,7	5,5	0,02	1,12	1,03-1,22	2,2	1,2-4,3
T	12	10	48	19,3	5,5	0,02	0,5	0,28-0,92	0,45	0,23-0,89
C/C	49	81,7	78	63,9	5,9	0,01	0,78	0,65-0,94	0,4	0,189-0,84
C/T	10	16,7	40	32,8	5,2	0,02	1,97	1,06-3,66	2,4	1,12-5,3
T/T	1	1,7	4	3,3	0,4	0,53	1,97	0,22-17,2	2,0	0,2-18,3

АМФ-дезаминаза описан как важный регулятор энергетического метаболизма скелетных мышц за счет работы в скелетных мышцах миокиназного механизма анаэробного ресинтеза АТФ, в виду чего можно предположить, что повышенная частота встречаемости С аллеля обусловлена с наличием благоприятного эффекта в проявлении аэробной работоспособности у атлетов.

Главным преимуществом генетической диагностики является возможность тестирования носителя генетической информации на первых годах жизни. Однако определение прогноза развития необходимо осуществлять в совокупности с данными морфофенотипирования для адекватного понимания результата взаимодействия генотипа и среды.

ГЛАВА II. ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЛЕЛЬНО-ГЕНОТИПНЫХ ВАРИАНТОВ СПОРТИВНЫХ ГЕНОВ И ИХ АССОЦИАЦИЯ У СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЦИКЛИЧЕСКИМИ ВИДАМИ СПОРТА

2.1. Спортивные качества: сила, скорость и выносливость, их генетическая регуляция

§2.1.1. Гены, ответственные за выносливость и их значение для отдельных видов спорта

Генетические маркеры ДНК-полиморфизмов систем, овечающих за эффективную работоспособность организма, представлены множеством вариаций генотипов, демонстрирующих взаимосвязь в проявлении фенотипических признаков и их индивидуальные различия. На начальных этапах развития генетической науки геномного периода проведены многократные близнецовые исследования, внесшие ясность в представление ученых о значительной наследственной обусловленности полигенного характера выносливости и скоростно-силовых спортивных качеств, с генетическим вкладом 40-68% [12;с.66-70;80;с.56-58;82;с.19-21,83;с.75-77;84;с.296-298;141;177;с.835-837]. Прогресс в интерпретации физических качеств человека с позиции наследуемости в результате исследований проекта HERITAGE, ставшим значительным рывком в истории спортивной генетики, привел к тому, что К.Бушаром и его коллегами стали публиковаться одна за другой работы в виде генетических карт физической деятельности человека, которые можно было интерпретировать в качестве генетического паспорта атлета (2000-2009). В 1998 году в журнале Nature британским ученым Хью Монтгомери были опубликованы результаты данных об инсерционно-делеционном полиморфизме ангиотензин-конвертирующего фермента, носительство мутантного варианта *D* аллеля которого благоприятствует проявлению скоростно-силовых качеств, а нормального аллеля *I* дает преимущество в проявлении выносливости [178;с.221;179;с.1314]. На сегодняшний день генетиками, молекулярными биологами, биоинформатиками

активно проводится детальная расшифровка функций генома человека и для оценки генетических задатков атлетов в литературе упоминается более 200 генов, ассоциированных с физической деятельностью спортсменов [46;с.72-73; 14;с.247-248].

Самым распространенным методом обнаружения информативных полиморфных генотипных локусов проявлений свойств организма являлась идентификация полиморфизмов генов-кандидатов, ассоциированных с различными физическими качествами человека. [12;с.106-108;87;с.652;148;с.43-45].

Признанным является тот факт, что индивидуальная изменчивость аэробных результатов и способность стать элитным спортсменом в видах на спортивную выносливость имеют непосредственную генетическую предрасположенность. Вариабельность эксплуатационных характеристик аэробных возможностей организма в ответ на тренировки, связанные с развитием выносливости, объясняются уровнем включения механизмов генетической экспрессии генов в организме спортсмена под воздействием факторов среды [9;с.87-89;10;с.71;15;с.109;16;с.3-4;103;с.198-200]. В последнее десятилетие исследователями были опубликованы ряд работ по интерпретации оценки вариантов генов-кандидатов с гипотезами взаимосвязей со статусом выносливости у спортсменов высоких достижений. Большинство работ представляют собой исследования типа «случай-контроль», для дальнейшей оценки которых дополнительно исследуются ассоциации между аллельными генотипами и фенотипическими признаками [2;с.52;29;с.75-76;31;с.37-38;120;с.234-235;122;с.372;123;с.26-28;149;с.215-218;176;с.835-836].

Нами избирательно проведены исследования вариаций и ассоциаций аллельных вариантов полиморфизмов, связанных с мышечной выносливостью и силой в соревновательных видах спорта циклической направленности и сформулировано понимание связи между генами-кандидатами и их ДНК-полиморфизмов со спортивной результативностью на проявление выносливости. Поиск исследований по генетике

свойств человека, детерминированных со спортивной деятельностью, был проведен в электронных базах данных PubMed и Web of Science [188;с.368-371;189;с.970-974;192;с.58-63].

В наших предыдущих публикациях по значению проявления выносливости в спортивной деятельности [102;с.198;107;с.19-25;182;с.314-316] мы описывали, что выносливость или аэробная работоспособность – это способность человека к продолжительному выполнению физических нагрузок умеренной интенсивности с энергообеспечением, обусловленным преимущественно за счет реакций окислительного фосфорилирования. Доказано, что сниженные уровни проявления выносливости (способность организма достигать максимальной скорости потребления кислорода), ведут к повышению факторов риска смертности независимо от пола, этнической принадлежности и наличия заболеваний [12;с.109;102;с.202-205;107;с.19-21;120;с.234;123;с.27-29;124; с.13-17;140;с.20-22;181;с.870-874;184с.74-78].

У людей, ведущих малоподвижный образ жизни, аэробная работоспособность значительно снижена в то время, как у высококвалифицированных спортсменов, тренирующих выносливость (стайеров и средневиков квалификации МСМК и ЗМС), она находится на предельно высоком уровне [9;с.86-88;16;с.4;28;с.407-408;142;с.2-4;154;с.190;170;с.44-57]. Уровень аэробной работоспособности человека в наибольшей степени определяется возможностями сердечно-сосудистой системы по доставке кислорода к работающим мышцам (ударный объема сердца, гемоглобиновая масса и объем циркулирующей крови, капиллярная плотность скелетных мышц и миокарда) и от способности работающих мышц утилизировать доставляемый кислород (окислительные возможности мышц/митохондриальная плотность) [20;с.13-15;66;с.3-8;79;с.20-24;102;с.203-207;112;с.38-45].

Хотя увеличение физической активности является основной причиной улучшения выносливости, появляется все больше свидетельств того, что исходный уровень аэробной

работоспособности, а также реакция на регулярные физические упражнения аэробной направленности существенно различаются у разных людей и генетически детерминированы [9;с.86-89; 94;с.16-17;143;с.80-81;160;с.254-256;]. Высокий исходный уровень аэробной работоспособности говорит о большой одаренности как профессионального, так и начинающего спортсмена в видах спорта на выносливость.

Полногеномное ассоциативное исследование (GWAS) — это новый подход, который включает быстрое сканирование нескольких сотен тысяч (до 5 миллионов) маркеров в полных наборах ДНК множества людей с целью поиска генетических вариаций, связанных с определенным признаком. Одним из преимуществ подхода GWAS является то, что он непредвзят в отношении структуры генома и предыдущих знаний о признаке (без гипотез), в отличие от исследований генов-кандидатов [54;с.306;79;с.20-23;120;с.234;125;с.66;191;с.149-155] где знание о признаке используется для идентификации локусов-кандидатов, способствующих выявлению интересующего в спорте качества [130;с.41-44;152;с.296-299;193;с.125-129; 94;с.877;153;с.169-171;157;с.1286-1289].

Понимание генетической детерминированности спортивных результатов превносит ясность в разработке подходов к выявлению спортивных талантов. Исследования, связанные с молекулярными предикторами, выявили ряд потенциально важных полиморфизмов ДНК, способствующих предрасположенности к успешности в определенных видах спорта. Поиск литературы (период: 1999-2021 гг.) показал, что по крайней мере 120 генетических маркеров связаны со статусом элитного спортсмена (77 генетических маркеров, связанных с выносливостью, и 43 генетических маркера, связанных с мощностью/силой). Примечательно, что 11 (9%) из этих генетических маркеров (маркеры выносливости: ACE I, ACTN3 577X, PPARA rs4253778 G, PPARGC1A Gly482; маркеры мощности/силы: ACE D, ACTN3 Arg577, AMPD1 Gln12, HIF1A 582Ser, MTHFR rs1801131 C, NOS3 rs2070744 T, PPARG 12Ala) показали положительную связь со статусом спортсмена в трех или более исследованиях и шести маркерах (CREM rs1531550 A,

DMD rs939787 T, GALNT13 rs10196189 G, NFIA-AS1 rs1572RBFOX1 C, NFIA-AS1 rs1572RBFOX1 rs7191721 G, TSHR rs7144481 C) были идентифицированы после проведения полногеномных ассоциативных исследований (GWAS) спортсменов разных стран [193;с.127-132]. С другой стороны, значимость 29 (24%) маркеров не была воспроизведена по крайней мере в одном исследовании. Весь этот период перед учеными возникала задача осознания необходимости дальнейших исследований, в том числе многоцентровых GWAS, секвенирования всего генома, эпигенетического, транскриптомного, протеомного и метаболического профилирования, а также проведения мета-анализов на больших когортах спортсменов прежде, чем эти результаты можно будет распространить в спортивной практике [5;с.10-11;6;с.6-9;27;с.80-83;59;с.10-11;71;с.10;74;с.86-90;195;48-67]. В таблице 2.1 представлен перечень полиморфизмов генов, ассоциированных с предрасположенностью к развитию и проявлению выносливости, силы и быстроты у спортсменов [16;с.3-6;159;с.9;172;с.3514-3519;180]. В приведенной ниже таблице И.И. Ахметовым приведены исследования по причастности различных аллелей полиморфизмов к проявлениям выносливости и скоростно-силовых свойств [12;с.109].

Таблица 2.1

Примеры полиморфизмов генов, ассоциированных с предрасположенностью к развитию и проявлению выносливости

Ген	Расположение	Полиморфизм	Аллель выносливости /быстроты и силы	Исследования с положительными результатами	
				число исследований	общее количество спортсменов
ACE	17q23.3	AluI/D (rs4646994)	I аллель выносливости	16	1310
			D аллель быстроты и силы	6	255
ACTN3	11q13.3	R577X	Arg577	11	1350

		rs1815739 C/T)	аллель быстроты и силы		
ADRB2	5q31-q32	Gly16Arg (rs1042713 G/A)	16Arg аллель выносливости	2	629
COL5A1	9q34.2-q34.3	rs12722 C/T (BstUI)	rs12722 T аллель выносливости	2	385
MtDNA	MtDNA	Гаплогруппы MtDNA	H	1	52
			L0	1	70
NOS3	7q36	Glu298Asp (rs1799983 G/T)	Glu298 аллель быстроты и силы	1	29
		(CA)n repeats	164-bp аллель выносливости	1	316
		rs2070744 T/C (-786 T/C)	rs2070744 T	3	138
PPARA	22q.13.3	rs4253778 G/C	rs4253778 G аллель выносливости	4	680
PPARD	6p21.2-p21.1	rs2016520 T/C	rs2016520 C аллель выносливости	2	683
PPARGCA	4p15.1	Gly482Ser (rs8192678 G/A)	Gly482 аллель выносливости	4	849
NRF1	7q32	rs240970 rs6949152	rs240970 аллель выносливости	1	102
			rs6949152 аллель выносливости	1	102

Как видно из представленных данных, наследственная обусловленность оказывает весомое влияние на составляющие спортивной результативности, в число которых включена не только выносливость, но и гибкость, нервно-мышечная

координация, состав мышечных волокон и их масса, скорость реакций, темперамент, иммунотип и другие характеристики. Спорным вопросом является процентное соотношение влияния наследственного компонента на статус спортсмена по сравнению с влиянием внешних факторов и навыков профессионального мастерства в результате тренировочной деятельности [165;с.208-210;168;203-205]. Проявления множества маркеров и ассоциаций полиморфизмов с проявлением качества выносливости в ряде остальных признаков обозначены в литературе, достигающими до 45% наследственной значимости по сравнению с фенотипами [89;с.20-21;147;с.43-45].

Исходя из анализа мировых литературных источников генетиками, практикующимися исследовательскими проектами в спорте, указывается наличие 50 генетических маркеров, ассоциированных с развитием и проявлением спортивного качества выносливости. Эти маркеры локализованы в генах, мтДНК и Y-хромосоме и были обнаружены в результате исследований по типу «случай – контроль». В научно-практическом центре спортивной медицины Узбекистана мы взялись за изучение генетических карт элитных спортсменов в разрезе сравнительных характеристик с юными спортсменами с детских спортивных клубов, что и легло основой для выполнения данного диссертационного исследования [103;с.29-31,113;с.35-44,114;с.8-17;183;с.963-966].

§2.1.2. Гены, ответственные за силу и скорость и их значение для отдельных видов спорта

Успешность в каждом виде спорта требует наличия отдельных спортивных качеств. Так, если спринтерам-бегунам требуется наличие скоростных качеств, то марафонцам – бегунам в длительную дистанцию – выносливость и др. [185;с.667-669;193;с.125-127;169;с.2345-2349]. Только в условиях оптимальной комбинации этих качеств и при создании адекватного тренировочного процесса с учетом этих

качеств можно добиться хороших спортивных результатов. А эти спортивные качества генетически детерминированы [13;С.29-34;133;с.175-178;145;с.4-8;159;с.5;163;с.660-663].

Таким образом изучение полиморфизмов генов, ассоциированных со скоростно-силовыми качествами индивида, еще требуют проведений множества исследований и открытий. На сегодняшний день описано свыше десятка полиморфизмов генов, ассоциированных с предрасположенностью к занятиям видами спорта, направленными на развитие скоростно-силовых качеств (табл.2.2) [16;с.4; 161;с.490-492].

Таблица 2.2

Генетические маркеры, ассоциированные с предрасположенностью к занятиям видами спорта, направленными на развитие быстроты и силы

Ген	**Локализация**	**Полиморфизм**	**Маркер быстроты/силы**
ACE	*17q23.3*	*Alu I/D*	*D*
ACTN3	*11q13.1*	*Arg577Ter (rs1815739 C/T)*	*R577*
AR	*Xq11.2-q12*	*(CAG)n*	*L (≥22)*
HIF1A	*14q21-q24*	*Pro582Ser (rs11549465 C/T)*	*582Ser*
PPARA	*22q13.31*	*rs4253778 G/C*	*rs4253778 C*
PPARG	*3p25*	*Pro12Ala (rs1801282 C/G)*	*12Ala*

К числу генов-кандидатов, ответственных за комбинированные качества организма к физическим нагрузкам и гипоксии, относится ген ангиотензинпреврающего фермента - ACE [172;с.3514-3517], выступающий ключевым регулятором активности ренин-ангиотензиновой системы. Локализация: 17q23.3 содержит инсерционно-делеционный полиморфизм (I/D; наличие или отсутствие 287 п.н. в 16-м интроне), при котором наличие D аллеля ассоциировано с более высоким уровнем циркулирующего ACE и более высокой активностью тканевого фермента. D аллель ассоциируется с приростом динамической силы и мышечной массы, а *ACE* I аллель – с

приростом изометрической силы. Характерно, что D аллель гена *ACE* ассоциируется с развитием быстроты, силы и мышечной массы [38;с.36;39;с.96-100;40;с.252-257;43;с.13-14;59;с.10-13;77;с.350;166;с.114-117;196;с.81-86;197;с.726-730].

Известно, что гены активируемых пролифераторами пероксисом (PPAR), относящиеся к семейству ядерных рецепторов, участвуют в образовании белков, обладающих свойством специфического связывания с элементами промоторов генов жирового и углеводного метаболизма, являются участниками регуляции их транскрипции. На сегодняшний день известны 3 вида этих транскрипционных белков семейства PPAR: PPARα, PPARγ и PPARδ, отвечающих за механизмы экспрессии множества генов, принимающих участие в обмене жиров и углеводов. При этом в роли лигандов выступают насыщенные и ненасыщенные длинноцепочечные жирные кислоты (ЖК), их производные. Эти гены экспрессируются в тканях усиленного катаболизма жирных кислот, печени, в медленных мышечных волокнах, бурой жировой ткани. Из литературных данных известно, что ген PPARA экспрессируется в 7 раз больше в мышцах, чем в жировой ткани [47;с.785-787;48;с.33-35;53;с.78-81;171;103-110;190;с.5802-5803].

Исследования свидетельствуют о повышенной экспрессии гена PPARA в скелетных мышцах элитных велогонщиков на длинные дистанции по сравнению с контрольной группой. В то же время в миокарде в условиях эксперимента как снижение, так и повышение экспрессии гена PPARA вызывает его гипертрофию и кардиомиопатию. Также выявлено, что G аллель гена PPARA ассоциируется с преобладанием медленных мышечных волокон у физически активных мужчин [145;с.3-6;149;с.217-228].

Известно, что ген ACTN3 участвует в регуляции активности альфа-актинина –актинсвязывающего белка, относящегося к спектриновому семейству белков [22;с.94;57;с.11-13;126;с.26-28;143;с.80-85;167;с.695-697]. Альфа-актинины в мышцах опорно-двигательного аппарата формируют ведущий доминантный белковый компонент Z-линии саркомера и

стабилизируют сократительный аппарат мышечного волокна. Изоформа альфа-актинина 2 является доминантной изоформой мышц сердца и окислительных мышечных волокон скелета человека. В то же время установлено, что изоформа альфа-актинина 3 играет непосредственную роль в экспрессии в быстрых гликолитических мышечных волокнах. По сравнению с окислительными механизмами практически не экспрессируется в медленных мышечных волокнах. Поэтому недостаток альфа-актинина-3 в быстросокращающихся мышечных волокнах может способствовать проявлению низкого уровня развития скоростно-силовых качеств у спортсмена [101;с.49-52;110;с.171;143;с.80-83;158;с.58;162;с.656-658;164;186;1775]. Исследователем Ахметовым описано, что индивид, обладающий наличием 3 и более аллелей быстроты/силы, имеет шансы стать выдающимся спортсменом в видах спорта, направленных на развитие быстроты и силы в 2,4 раза больше, чем носители меньшего числа аллелей [4;с.117-118;17;с.97-98;21;с.20-29;23;с.47-48;24;с.54-56;30;с.94-102;34;с.174-176;42;с.50-52;49;с.51-53;55;с.40-41;62;с.305-306;71;с.10-11;131;с.371;173;110-115].

2.2. Характеристика полиморфизмов некоторых генов среди элитных спортсменов в зависимости от вида спорта

В предыдущем разделе нами было изложена частотная характеристика распределения изучаемых спортивных генов среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта. В настоящем разделе проведена попытка проведения качественной оценки носительства генотипных вариантов этих генов и их ассоциации с позиции проявлений отдельных спортивных качеств, в частности проявлений выносливости, силы и скорости.

В совокупности это позволяет оценить индивидуальный потенциал к развитию таких основных физических качеств, как выносливость, быстрота и сила. В таблице 2.3 приведены аллели благоприятных генотипов в развитии проявления данных спортивных качеств.

Таблица 2.3

Распределение полиморфизмов изученных генов по физическим качествам

	Анализирумае маркеры	Физические Качества		
№	Полиморфизм	Выносливость	Быстрота	Сила
1	ACErs 4646994	+	+	+
2	ACTN3rs 1 81 5739		+	+
3	AMPD1rs 17602729	+	+	+
4	CNTFrs 1 8001 69			+
5	IL15RArs 2296135		+	+
6	L3MBTL4rs 341 1 73		+	+
7	PPARArs 4253778	+	+	+
8	PPARGC1Ars 81 92678	+		
9	UCP 2rs 660339	+		
10	PPARGrs 1801282		+	+
11	MTHFRrs 1801133			+
12	VDRrs 1544410			+
13	HIF1Ars 11549465	+		
14	ADRB 2rs 1042714			
15	ADRB 2rs 1042713	+		
16	NOS 3rs 2070744	+		

Нужно отметить, что какими бы не были показатели генетического скрининга, успешность спортсмена в любом виде спорта зависит не только от его генетики, но и от других личностно-характерологических особенностей. Возможно, для достижения профессиональных, а не любительских успехов в спорте потребуется гораздо больше времени и усилий. Важным аспектом является то, что спортивные тренировки должны приводить не только к высокому спортивному результату, но и

быть безопасными для здоровья. Цель исследования помочь сориентироваться в выборе спорта и избежать ошибок в тренировочном процессе, которые могут негативно отразиться на состоянии здоровья атлетов.

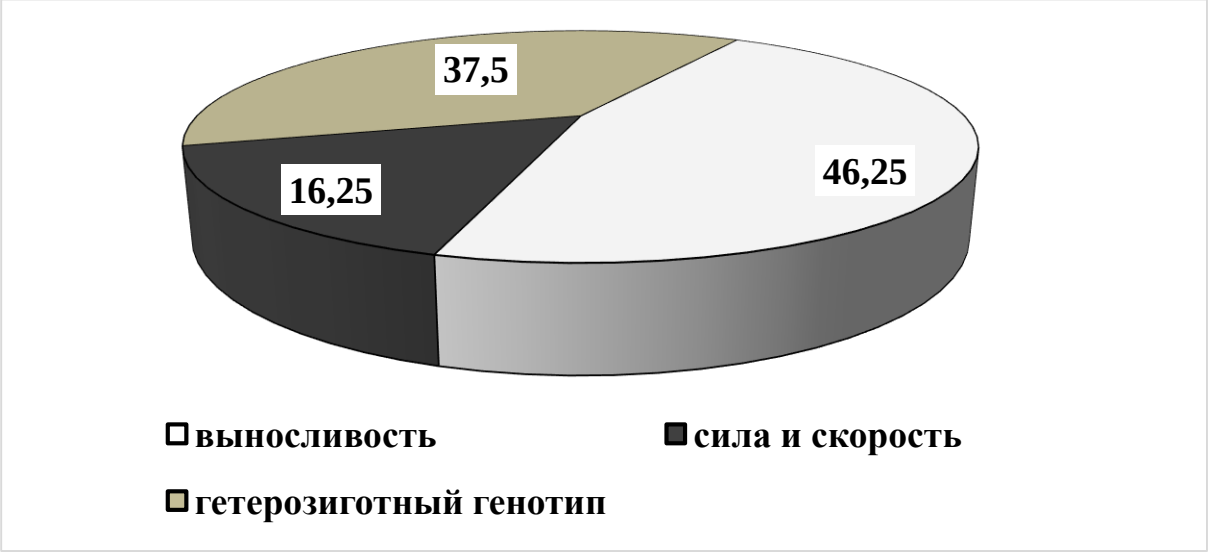


Рис.2.1. Распределение ассоциации генотипов, ответственных за спортивные качества среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта (в%)

Результаты этого анализа показывают, что среди обследованных спортсменов наиболее часто встречаются носители генотипов ответственных за выносливость.

Как видно из представленного рисунка 2.1, независимо от вида циклического вида спорта, среди спортсменов в среднем 46,25% изученных генов представлены генотипами, ответственными за выносливость, лишь 16,25% представлены генотипами, ответственных за силу и скорость. А остальные изучаемые гены среди обследованных спортсменов представлены в виде гетерозиготного генотипного варианта. Как известно, гетерозиготный генотип состоит из аллеля, ответственного как за выносливость, так и за скорость и силу. При этом практически без проведения исследований по экспрессии этого генотипа не представляется возможным оценить преобладание того и иного спортивного качества.

Аналогичный анализ, проведенный в зависимости от вида циклического вида спорта представлен на рисунке 2.2.



Рис. 2.2. Распределение ассоциаций генотипов, ответственных за спортивные качества среди спортсменов, в зависимости от вида спорта (в%). Примечание: А- велоспорт; Б- легкая атлетика; В- гребля

Как видно из данных, представленных на рисунке, в целом как среди спортсменов, занимающихся велоспортом, так и у легкоатлетов и гребцов на байдарке и каноэ преобладают

ассоциации генотипов, ответственных за выносливость по сравнению с ассоциацией генотипов, ответственных за силу и скорость. Однако имеет место некоторое количественное различие во встречаемости этих ассоциаций в зависимости от вида циклического спорта.

Так, если среди спортсменов, занимающихся велоспортом и легкой атлетикой ассоциации генотипов, ответственных за выносливость охватывают половину изученных нами генов, то среди спортсменов, занимающихся греблей, преобладание составляет около 42% изученных нами генов (рис.2.2 А,Б). В то же время ассоциации генотипов, ответственных за силу и скорость охватывают 18,75% изученных нами генов среди спортсменов, занимающихся легкой атлетикой, 15,62% - греблей на байдарке и каноэ и лишь 12,5% среди спортсменов, занимающихся велоспортом (рис.2.2 А,Б,В). Следовательно, если наибольшее число охватов генотипов, ответственных за выносливость, имеет место среди спортсменов, занимающихся велоспортом и легкой атлетикой, то наименьшее число охватов – среди спортсменов, занимающихся греблей на байдарке и каноэ. В то же время наибольшее число охватов генотипов, ответственных за силу и скорость, имеет место среди спортсменов, занимающихся легкой атлетикой, а наименьшее – среди спортсменов, занимающихся велоспортом. Это обстоятельство, указывает на необходимость учета особенностей встречаемости ассоциаций генотипов, ответственных за те или иные спортивные качества при выборе индивидуального плана подготовки спортсменов, занимающихся изучаемыми видами спорта и дифференцированного подхода к выбору режима тренировок. Такой подход к тренировочному процессу позволил бы существенно улучшить результативность подготовительного периода и способствовал предупреждению риска развития перенапряжения, утомления и перетренированности.

2.3. Особенности распределения спортивных генов, ответственных за выносливость, силу и быстроту среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта

Как видно из полученных результатов, среди обследованных спортсменов как в целом, так и в зависимости от вида спорта довольно высок удельный вес атлетов с ассоциацией генотипов, контролирующих качество выносливости. В связи с этим для нас представило интерес определить частоту встречаемости генотипов выносливости, охватывающих более 50% исследуемых спортивных генов (8 и более генов из 16 исследованных генов). При этом выявлено, что среди спортсменов-велосипедистов удельный вес таковых спортсменов был наиболее высоким и имел место у 87,5% спортсменов с носительством генотипов выносливости. Среди спортсменов-легкоатлетов имел место у 75%, соответственно. А среди спортсменов-гребцов этот показатель был наиболее низким и составил лишь 37,5% (рис.2.3).

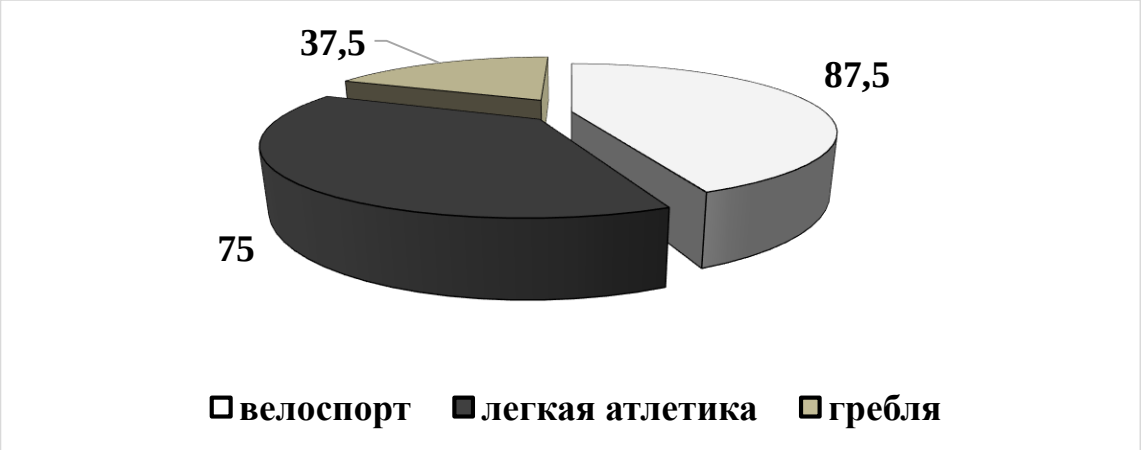


Рис. 2.3. Частота встречаемости спортсменов с генотипами выносливости среди исследуемых спортивных генов (в%).

В то же время тестирование, проведенное по отношению к генотипам, ответственным за быстроту и силу, указывает на то, что наиболее высокий охват исследуемых генов не превышает 31,25% (5 генов из 16 исследуемых), и это имеет место лишь у 1/3 спортсменов.

Более того, проведенный анализ показывает, что одинаковый охват как генотипов выносливости, так силы и

скорости у одного и того же спортсмена имеет место лишь 12,5% случаев, независимо от вида спорта. Это обстоятельство еще раз указывает на преимущественную встречаемость генотипов выносливости среди обследованных нами спортсменов и диктует необходимость проведения адекватного тренировочного процесса.

Генотипы каких из изученных нами спортивных генов наиболее часто встречаются среди спортсменов с потенциальной способностью к выносливости? Для выяснения этого вопроса нами отдельно была проанализирована встречаемость генотипных аллелей, изучаемых нами 16 спортивных генов.

2.4. Характеристика степени выраженности выносливости, быстроты и силы среди спортсменов велосипедистов, легкоатлетов и гребцов

Современные генетические исследования, проведенные среди спортсменов высоких достижений, свидетельствуют о том, что вариации в генах также влияют на развитие проявления таких качеств как быстрота, сила и выносливость. Выявление у спортсменов генетически детерминированного того или иного физического качества позволяет прогнозировать успех атлета в определенном виде спорта, где отдаётся предпочтение определенным физическим качествам, адекватно планировать тренировочный процесс и спортивную деятельность в целом. Однако указанные физические качества могут проявиться у спортсмена в разной степени выраженности. Это обстоятельство диктует необходимость осуществления градации проявлений выявленных физических признаков и качеств. В связи с этим в настоящем разделе работы нами была изучена степень выраженности физических качеств (выносливость, быстрота, сила) спортсменов по следующей градации: *высокая, выше средней, средняя и ниже средней степени*.

Результаты проведенных исследований в этом направлении представлены на рисунке 2.4. Как видно из

представленных данных существуют определенные различия и в степени выраженности проявлений таких спортивных качеств как выносливость, сила и скорость. При этом, независимо от вида спорта, если у 1/3 спортсменов имеет место высокая степень выносливости, то выносливость выше средней степени встречается у 2/5 части обследуемых спортсменов. А выносливость, проявляющиеся в средней степени встречается у каждого четвертого спортсмена, тогда как выносливость ниже средней степени практически не встречается среди обследованных спортсменов.

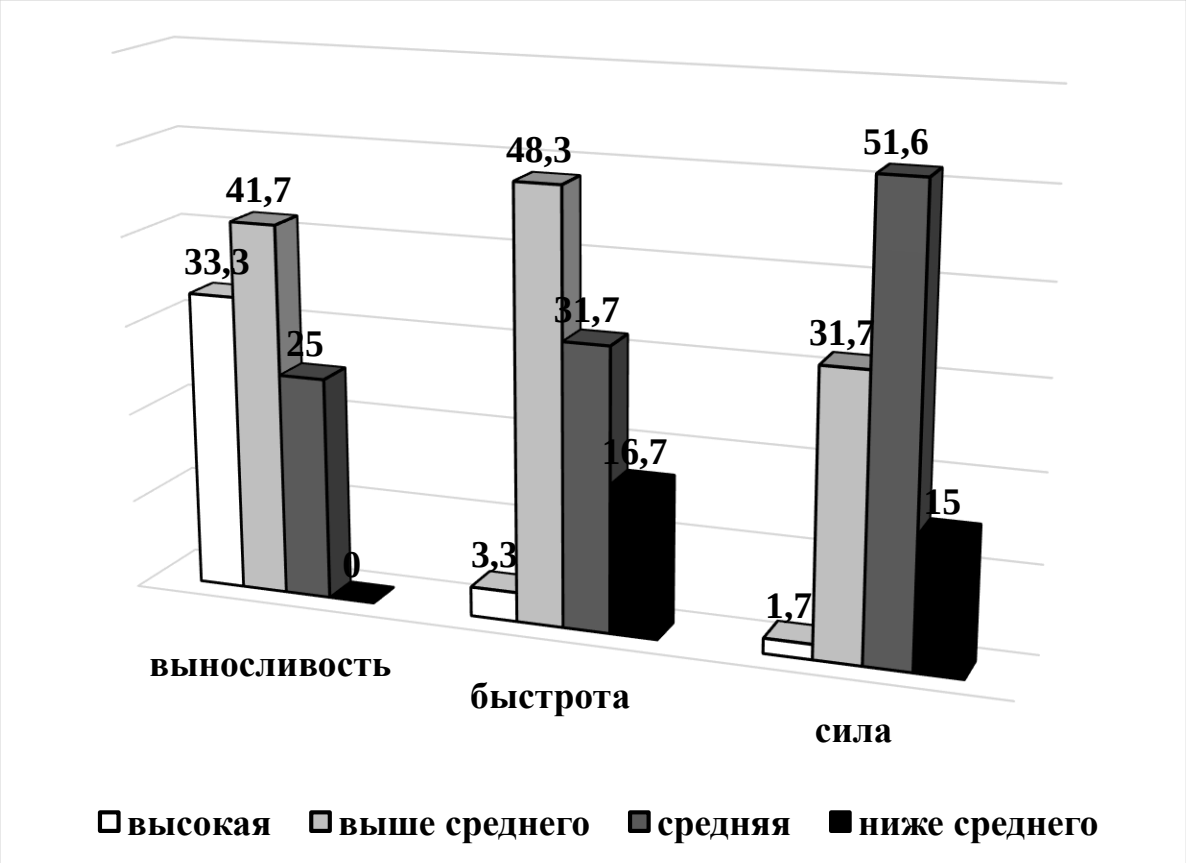


Рис. 2.4. Показатели степени выраженности некоторых спортивных качеств среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта (по данным носительства ассоциации генотипов 16 спортивных генов) (в%).

При изучении степени выраженности скоростных качеств (быстрота) обследованных спортсменов (рис.2.4), было выявлено, что скоростные качества, проявляющиеся в высокой степени, имели место лишь у единичных спортсменов (3,3%),

выше средней степени - у каждого второго спортсмена, в средней степени – почти у каждого третьего спортсмена и ниже средней степени – у каждого 6-7 спортсмена, соответственно.

При изучении степени выраженности силовых качеств (сила) у обследованных спортсменов, как видно из данных представленных на рис.2.2 было выявлено, что силовые качества, проявляющиеся в высокой степени среди обследованных спортсменов, практически не встречались, за исключением одного спортсмена, в степени выше средней - почти у каждого третьего спортсмена, в средней степени – у каждого второго спортсмена и в степени ниже средней – у каждого седьмого спортсмена, соответственно.

Из полученных данных следует, что спортивное качество выносливость среди обследованных спортсменов представлена преимущественно в высоких степенях. При этом среди обследованных число спортсменов с высокой и выше средней степенями выносливости достигает до 75%. В то же время такие спортивные качества как скорость и сила среди обследованных спортсменов представлены преимущественно средней и выше средней степенями. При этом удельных вес таковых спортсменов по скоростным качествам достигает 80% и по силовым качествам –до 83,3%, соответственно. Более того, если выносливость, проявляющаяся в высоких степенях, имеет место у каждого третьего спортсмена, то практически не встречаются спортсмены со скоростными и силовыми качествами, проявляющимися в высоких степенях. Хотя нередко встречаются спортсмены со скоростными и силовыми качествами, проявляющимися в степени ниже средней.

Для выяснения различий во встречаемости различных степеней выраженности выносливости, силы и скорости в зависимости от циклического вида спорта нами была отдельно изучена их частота встречаемости среди спортсменов, занимающихся велоспортом, легкой атлетикой и греблей.

На рисунке 2.5 представлены данные встречаемости выносливости, скорости и силы по степени их выраженности среди спортсменов велосипедистов.

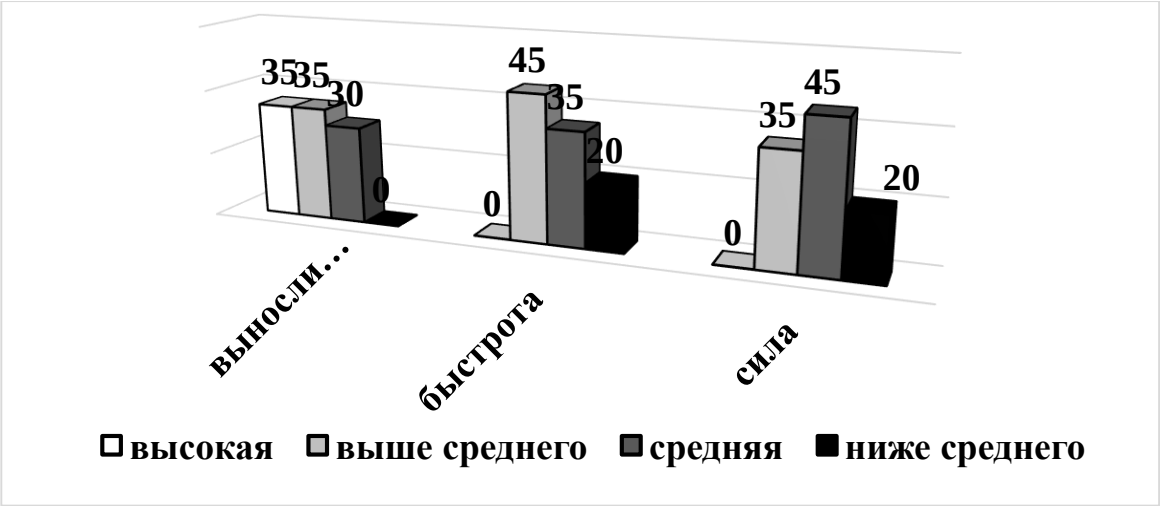


Рис. 2.5. Показатели степени выраженности некоторых спортивных качеств среди спортсменов, занимающихся велоспортом (по данным носительства ассоциаций генотипов 16 спортивных генов)

Как видно из данных, представленных на рисунке 2.5, среди велосипедистов показатель выносливости одинаково часто представлен высокой и выше средней степенями и чуть в меньшей частоте в средней степени выраженности. Среди этих спортсменов практически отсутствуют атлеты с выносливостью, выраженной ниже средней степенью. В то же время среди спортсменов, занимающихся данным видом спорта, быстрота встречается преимущественно в выше средней (45% случаев) и средней степенях (35% случаев). Быстрота, проявляющиеся в ниже средней степени имеет место у каждого пятого спортсмена. Анализ силовых качеств спортсменов, занимающихся данным видом спортом, по степени выраженности указывает на наличие идентичной со скоростными качествами картины. Однако в отличие от скоростных качеств, силовые качества чаще проявляются в средней степени выраженности, т.е. прослеживается своеобразное «скольжение» степени выраженности изучаемого спортивного качества от более выраженного к менее выраженному.

Подобный анализ, проведенный среди спортсменов-легкоатлетов (рис.2.6), показывает, что показатель выносливости преимущественно встречается в степени выше

средней (у половины спортсменов-легкоатлетов), в два раза реже, чем частоты встречаемости в высокой степени выраженности, выносливость в высокой и средней степенях выраженности встречается у четверти спортсменов-легкоатлетов. У легкоатлетов, также как у велосипедистов практически отсутствуют атлеты с выносливостью, выраженной в степени ниже средней. В то же время среди спортсменов, занимающихся данным видом спорта, быстрота встречается преимущественно в выше средней (60% случаев) степени. Быстрота, проявляющаяся в ниже средней степени, имеет место у каждого десятого спортсмена. Анализ силовых качеств спортсменов, занимающихся данным видом спорта, по степени выраженности указывает на наличие идентичной со скоростными качествами картины. И здесь отмечается своеобразное «скольжение» степени выраженности изучаемой спортивной качества от более выраженного к менее выраженному.

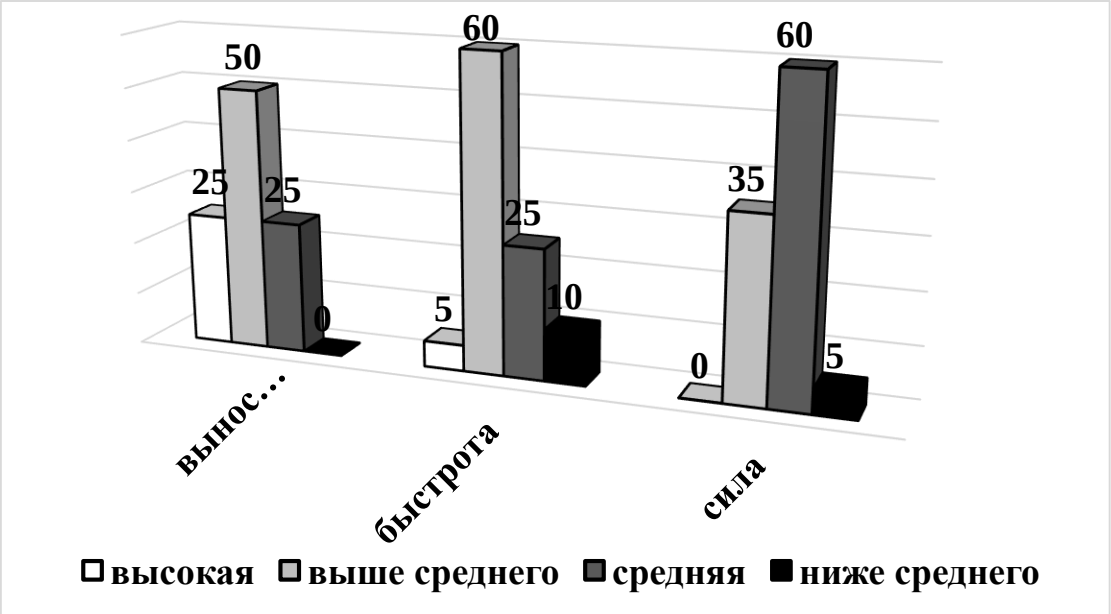


Рис. 2.6. Показатели степени выраженности некоторых спортивных качеств среди спортсменов, занимающихся легкой атлетикой (по данным носительства ассоциаций генотипов 16 спортивных генов) (в%).

Исследование, проведенное среди спортсменов-гребцов, как видно из рисунка 2.7 указывает, что показатель выносливости одинаково часто представлен высокой и выше

средней степенями (по 40% случаев) и реже в средней степени выраженности. Среди этих спортсменов, как при других видах спорта отсутствует атлеты с выносливостью выраженной ниже средней степени. В то же время среди спортсменов, занимающихся данным видом спорта, показатель быстроты встречается преимущественно в выше средней (40% случаев) и средней степенях (35% случаев). Быстрота, проявляющиеся в степени ниже средней имеет место у каждого пятого спортсмена. Анализ силовых качеств спортсменов, занимающихся данным видом спорта, по степени выраженности указывает, как и в других видах спорта на «скольжение» степени выраженности изучаемых спортивных качеств от более выраженного к менее выраженному.

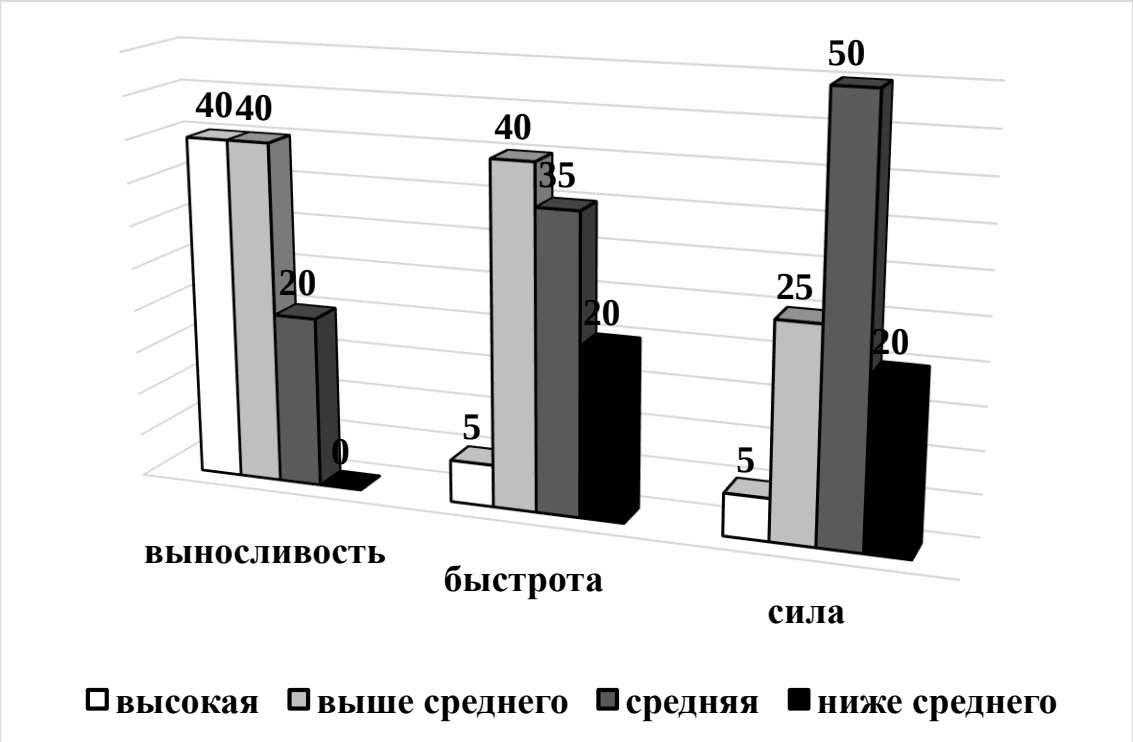
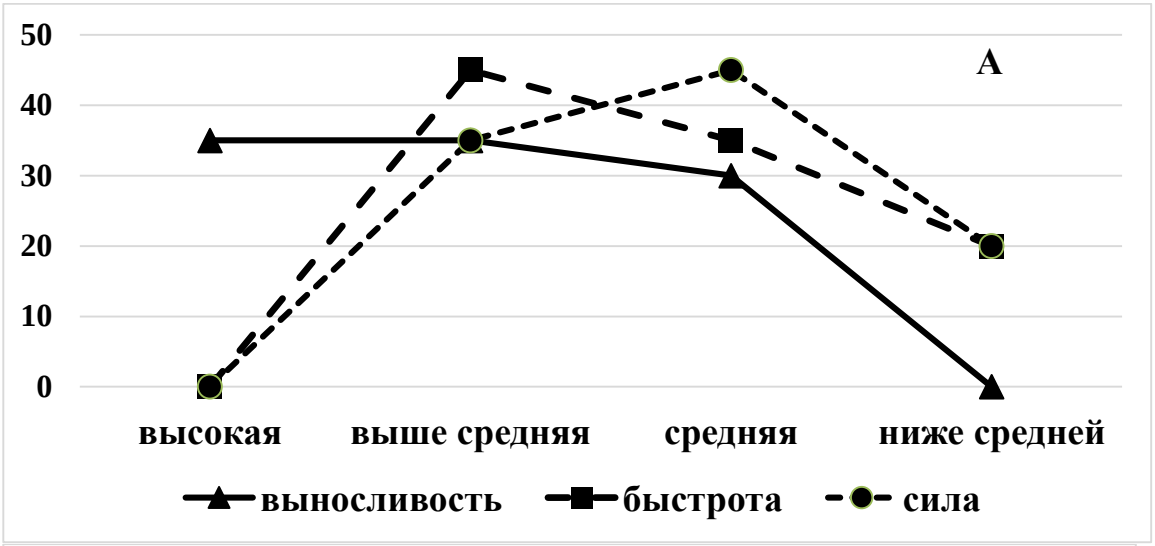
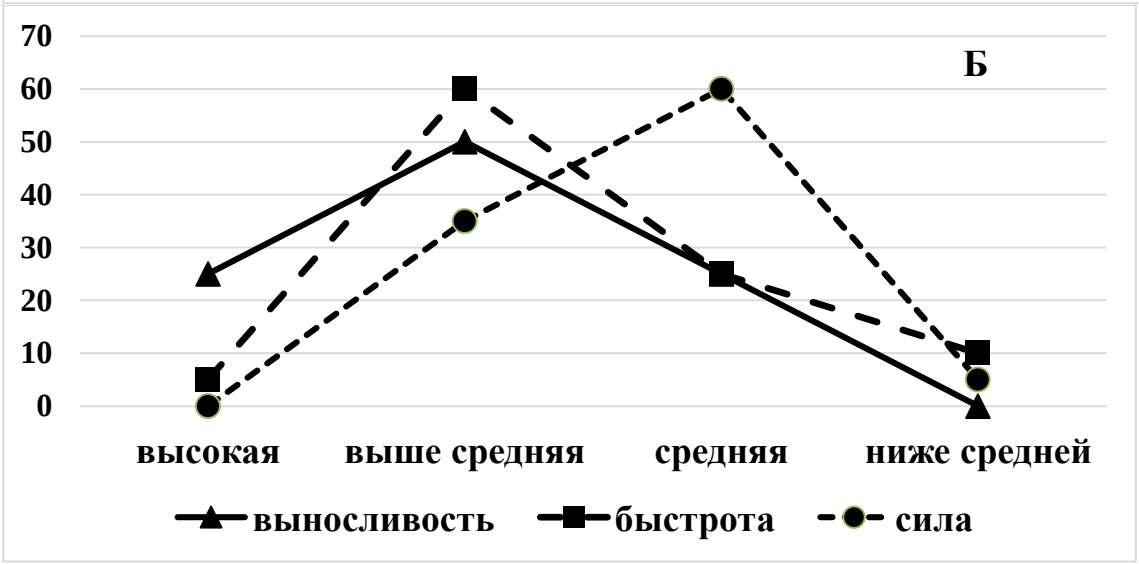


Рис. 2.7. Показатели степени выраженности некоторых спортивных качеств среди спортсменов, занимающихся греблей на байдарке и каноэ (по данным носительства ассоциаций генотипов 16 спортивных генов) (в%).

Из полученных данных следует, что независимо от вида спорта прослеживается четкая картина существенного преобладания выносливости, проявляющейся в высокой и выше средней степени выраженности. Однако, это тенденция наиболее выражена среди спортсменов, занимающихся греблей,

наименее - среди спортсменов, занимающихся велоспортом (рис.2.8 А,Б,В). В то же время быстрота среди обследованных спортсменов проявляется в основном в менее выраженных степенях. При этом у подавляющего количества спортсменов это спортивное качество проявляется в выше средней и средней степенях и охватывает 85% спортсменов-легкоатлетов, 80% спортсменов-велосипедистов и 75% спортсменов-гребцов (рис.2.8 А,Б,В). Почти аналогичная картина прослеживается по отношению проявлений силовых качеств. Необходимо отметить, что «пик» частоты встречаемости скоростных и силовых качеств по степеням не совпадают. При этом, если «пик» частоты встречаемости скоростных (быстрота) качеств приходится на спортсменов со степенью выше средней, то «пик» частоты встречаемости силовых качеств – на спортсменов со средней степенью проявлений.





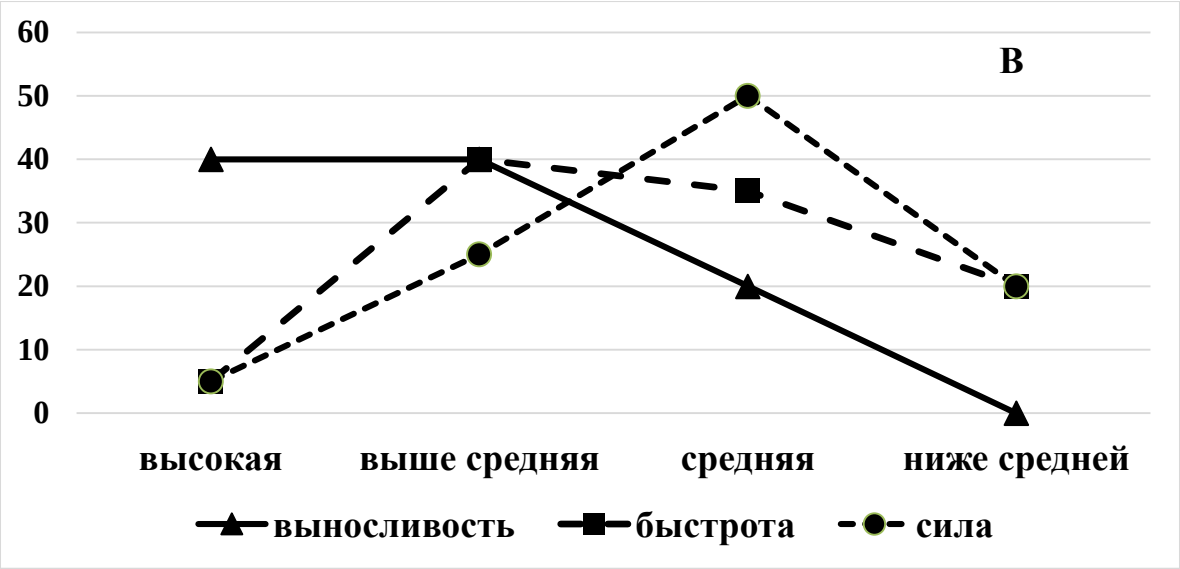


Рис. 2.8. Взаимосвязь выносливости, быстроты и силы спортсменов, по степени выраженности (по данным спортсменов, занимающихся велоспортом(А), легкой атлетикой (Б) и греблей (В)) (в%).

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что среди обследованных спортсменов выносливость проявляется в основном в высоких степенях и это лучше прослеживается среди спортсменов-гребцов. Скоростные и силовые качества заметно уступают выносливости как по частоте встречаемости, так и по степени их выраженности. Эта особенность также четко наблюдается среди спортсменов гребцов по сравнению с велосипедистами и легкоатлетами. Более того, имеет место феномен «скольжения» пика выраженности проявлений спортивных качеств от скоростных к силовым качествам. Это подтверждается и результатами анализа соотношения удельного веса встречаемости проявлений выносливости, быстроты и силы среди обследованных спортсменов в зависимости от их степени проявления. При этом соотношение *выносливость: быстрота: сила* среди спортсменов с высокой степенью проявления составляет 19,6:10,0:1,0. В то же время, это соотношение среди спортсменов с выше средней и средней степенями проявления составляет, соответственно 1,0:1,1:1,3 и 1,0:1,2:2,0.

Учет этих закономерностей, обусловленных генетическими особенностями организма спортсмена, при их

подготовке несомненно служит своеобразным подспорьем для разработки дифференцированного подхода к учебно-тренировочному процессу и формированию персональных программ достижения высоких спортивных результатов.

ГЛАВА III. ОЦЕНКА СКРЫТЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНАНТ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ (НА ПРИМЕРЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

3.1. Особенности генетических аспектов скрытых спортивных качеств

В предыдущих разделах настоящей работы были показаны персональные спортивные качества обследованных спортсменов, основанные на выявленных в ходе исследования генетических предикторов [137;с.98-100]. При этом были выявлены как сильные, так и слабые стороны генетического потенциала спортсмена, требующего учета в тренировочном процессе, путем анализа ассоциации множества генетических маркеров. В настоящем разделе работы нами была произведена попытка выявления дополнительных генетических особенностей спортсмена путем конкретизации качеств, определяемых отдельными вариантами изучаемых полиморфизмов.

За основу взяли такие качества физической деятельности, которые детерминированы отдельными генотипами спортивных генов:

-восстановление энергии при физических нагрузках, что связано с выявлением генотипа, ассоциированного с эффективным восстановлением универсального энергетического источника – АТФ. При этом оценивается вероятность выполнения интенсивных тренировочных объемов и адекватность восстановительных процессов [36;с.35-36;55;с.40-42;71;с.10-11;86;с.74-78;115;с.37-39];

-эффективность энергообеспечения при анаэробной нагрузке, что связано с выявлением генотипа, ассоциированного с повышенным уровнем ферментов, участвующих в анаэробном энергообеспечении в условиях высокой физической нагрузки [24;с.52-56,41;с.65-68;119;с.34-36];

-чувствительность к инсулину, что связано с выявлением генотипа, ассоциированного с чувствительностью тканей к

инсулину и для развития анаболического его эффекта [112;с.38];

-эффективность использования жирных кислот, что связано с выявлением генотипа и/или генотипов, ассоциированных с эффективным использованием организмом жирных кислот. Если вопрос касается скелетных мышц, то это индикатор лучшей реализации аэробного метаболизма, необходимой для физических нагрузок, требовательных к выносливости [88;с.39;117;с.475-47];

-эффективность использования глюкозы, что связано с выявлением генотипа и/или генотипов, ассоциированного с эффективной утилизацией глюкозы. Это отражает эффективность анаэробного дыхания и является индикатором развития и проявления скоростно-силовых качеств, в том числе взрывной и короткой по времени качеств [3;с.30;13;с.35;112;с.41;81;с.28-31];

-сосудистый тонус, что связано с выявлением генотипа, ассоциированного с оптимальным тонусом сосудов, что является важным для достижения высоких спортивных результатов в видах спорта на выносливость, связанного с лучшей адаптацией к спортивным тренировкам [85;с.280-283];

-особенности структуры быстрых мышечных волокон, что связано с выявлением генотипа, ассоциированного со синтезом белка α актинин-3, контролирующего стабилизацию быстрых мышечных волокон, необходимого для скоростных и силовых качеств [12;с.124; 121;с.128-130];

-минеральная плотность костной ткани, что связано с выявлением генотипа, ассоциированного с повышенной минеральной плотностью костной ткани [71;с.10;88;с.35-38].

3.2. Поиск скрытых спортивных качеств на основе оценки дополнительных генетических особенностей спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта

В предыдущих разделах настоящей работы были показаны персональные спортивные качества обследованных

спортсменов, основанные на выявленных в ходе исследования генетических предикторов. При этом были выявлены как сильные, так и слабые стороны генетического потенциала спортсмена, требующие учета в тренировочном процессе, путем анализа ассоциаций множества генетических маркеров. В настоящем разделе работы нами была произведена попытка выявления дополнительных генетических особенностей спортсмена путем конкретизации качеств, определяемых отдельными вариантами изучаемых полиморфизмов.

За основу взяли такие качества физической деятельности, которые детерминированы отдельными генотипами спортивных генов:

-*восстановление энергии при физических нагрузках*, что связано с выявлением генотипа, ассоциированного с эффективным восстановлением универсального энергетического источника – АТФ. При этом оценивается вероятность выполнения интенсивных тренировочных объемов и адекватность восстановительных процессов;

-*эффективность энергообеспечения при анаэробной нагрузке*, что связано с выявлением генотипа, ассоциированного с повышенным уровнем ферментов, участвующих в анаэробном энергообеспечении в условиях высокой физической нагрузки;

-*чувствительность к инсулину*, что связано с выявлением генотипа, ассоциированного с чувствительностью тканей к инсулину и для развития анаболического его эффекта;

-*эффективность использования жирных кислот*, что связано с выявлением генотипа и/или генотипов, ассоциированного с эффективным использованием организмом жирных кислот. Если вопрос касается скелетных мышц, то это индикатор лучшей реализации аэробного метаболизма, необходимой для физических нагрузок, требовательных к выносливости;

-*эффективность использования глюкозы,* что связано с выявлением генотипа и/или генотипов, ассоциированного с эффективной утилизацией глюкозы. Это отражает эффективность анаэробного дыхания и является индикатором

развития и проявления скоростно-силовых качеств, в том числе взрывной и короткой по времени качеств;

-*сосудистый тонус*, что связано с выявлением генотипа, ассоциированного с оптимальным тонусом сосудов, что является важным для достижения высоких спортивных результатов в видах спорта на выносливость, связанного с лучшей адаптацией к спортивным тренировкам;

-*особенности структуры быстрых мышечных волокон*, что связано с выявлением генотипа, ассоциированного со синтезом белка α актинин-3, контролирующего стабилизацию быстрых мышечных волокон, необходимого для скоростных и силовых качеств;

-*минеральная плотность костной ткани*, что связано с выявлением генотипа, ассоциированного с повышенной минеральной плотностью костной ткани [1;60-63;33;с.69-74;35;с.52-56;44;с.105-107;69;с.288;90;с.48-49;91;с.152-156;92;с.46-49].

Для удобства представленные в тексте генетически детерминированные качества обозначены нами в порядке от 1 до 8. Более того, в зависимости от носительства того или иного генотипа, ответственного за указанные качества, они были условно разделены на *благоприятные, неблагоприятные, не очень благоприятные и обычные (нормальные).* Для обеспечения конфиденциальности личных данных спортсменов их обозначили аббревиатурой гребцов X (с 1 по 20 порядками), велосипедистов Y (с 1 по 20 порядками) и легкоатлетов Z (с 1 по 20 порядками).

Ниже приведена характеристика дополнительных генетических особенностей спортсменов в зависимости от их принадлежности к категориям благоприятных, неблагоприятных, не очень благоприятных и обычных (нормальных) качеств (табл.3.1).

Таблица 3.1

Характеристика дополнительных генетических особенностей спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта

Спортсмены	Дополнительные генетические особенности			
	Благоприятные	Неблагоприятные	Нормальные	Не очень благоприятные
Гребцы				
X1	1,5,8	6	2,3,4,7	
X2	3,5.6,8	7	2,4	1
X3	1,3,8	7	2,4,5,6	
X4	1,5,6,8		2,3,4,7	
X5	1,3,5,8	6,7	2,4	
X6	1,2		3,4,5,6,7,8	
X7	1,5,6		2,3,4,7,8	
X8	3,4,5,6,8	1	2,7	
X9	2,3,5,6		4,7,8	1
X10	1,5,6,8		2,3,4,7	
X11	1,2,3,5		4,6,7,8	
X12	1,2,5		3,4,6,7,8	
X13	2,5,8	7	3,4,6	1
X14	1,2,5,8		3,4,6,7	
X15	1,2,4,5,8		3,6,7	
X16	1,3,5	6	2,4,7,8	
X17	1,2,4,8		3,5,6,7	
X18	1,4,6,8	7	2,3,5	
X19	1,2,5		3,4,6,7,8	
X20	1,5	7	2,3,4.6,8	
Велосипедисты				
Y1	1,6		2,3,4,5,7,8	
Y2	1,5,8	6	2,3,4,7	
Y3	1,4,8		2,3,5,6,7	
Y4	1,3,5	6	2,4,7,8	
Y5	3,5,6,8	1,7	2,4	
Y6	4,5		2,3,6,7,8	1
Y7	6,8		2,3,4,5,7	1
Y8	5		2,3,4,6,7,8	1
Y9	5,6,8		2,3,4,7	1
Y10	1,5,6,8		2,3,4,7	
Y11	1,2,5,6		3,4,7,8	
Y12	1,4,5,8	6	2,3,7	
Y13	3,5,6,8		2,4,7	1

Y14	1,4,8	6	2,3,5,7	
Y15	4,6,8		2,3,5,7	1
Y16	8		2,3,4,5,6,7	1
Y17	1,5,6		2,3,4,7,8	
Y18	1,5,6		2,3,4,7,8	
Y19	1,5		2,3,4,6,7,8	
Y20	3,5,8		2,4,6,7	1
Легкоатлеты				
Z1	1,8	6	2,3,4,5,7	
Z2	5,8	1	2,3,4,6,7	
Z3	1		2.3,4,5,6,7,8	
Z4	1,3		2,4,5,6,7,8	
Z5	3		2,4,5,6,7,8	1
Z6	1,2,5	7	3,4,6,8	
Z7	1,5,8		2,3,4,6,7	
Z8	1,5,8		2,3,4,6,7	
Z9	1,4,6		2.3,5,7,8	
Z10	1,5		2,3,4,6,7,8	
Z11	1,4		2.3,5.6,7,8	
Z12	1,4		2.3,5.6,7,8	
Z13	1,4,8		2.3,5,6,7	
Z14	2,5		3,4,6,7,8	1
Z15	2,5,8		3,4,6,7	1
Z16	1,6		2,3,4,5,7,8	
Z17	1,4,5	6	2,3,7,8	
Z18	1,6		2,3,4,5,7,8	
Z19	1.3,4,5	6	2,7,8	
Z20	8	6	2,3,4,5,7	1

Как видно из представленных данных, среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, по-разному распределены спортивные качества, обусловленные носительством различных генотипов, исследуемых 16 спортивных генов. Вполне вероятно, что данная характеристика является важным подспорьем для оценки спортивного потенциала атлета и разработки рекомендаций по формированию индивидуального тренировочного режима. Вместе с тем, требуется проведение обобщенного умозаключения по выявленным нами дополнительным генетическим особенностям спортсмена. В связи с этим нами проведен анализ по изучаемым качествам как по отдельным видам циклического спорта, так в целом, независимо от вида

спорта.

Изучение частоты встречаемости генетически обусловленного свойства восстановления энергии при физических нагрузках среди обследуемых нами спортсменов, как видно из данных, представленных на рис.3.1, показывает, что наиболее высокий удельный вес спортсменов, у которых имеет место генотип с благоприятным эффектом восстановления энергии при физических нагрузках, встречается среди гребцов, доля которых достигает до 80%. А наиболее низкий удельный вес имеет место среди велосипедистов, доля которых составляет лишь половину атлетов, занимающихся этим видом спорта. В то же время у остальных спортсменов имеет место неблагоприятный и не очень благоприятный генотип, при отсутствии нормального генотипа. Следовательно, больше половины обследованных спортсменов, независимо от вида спорта имеют генотипы, обеспечивающие благоприятный эффект по восстановлению энергии при физических нагрузках.

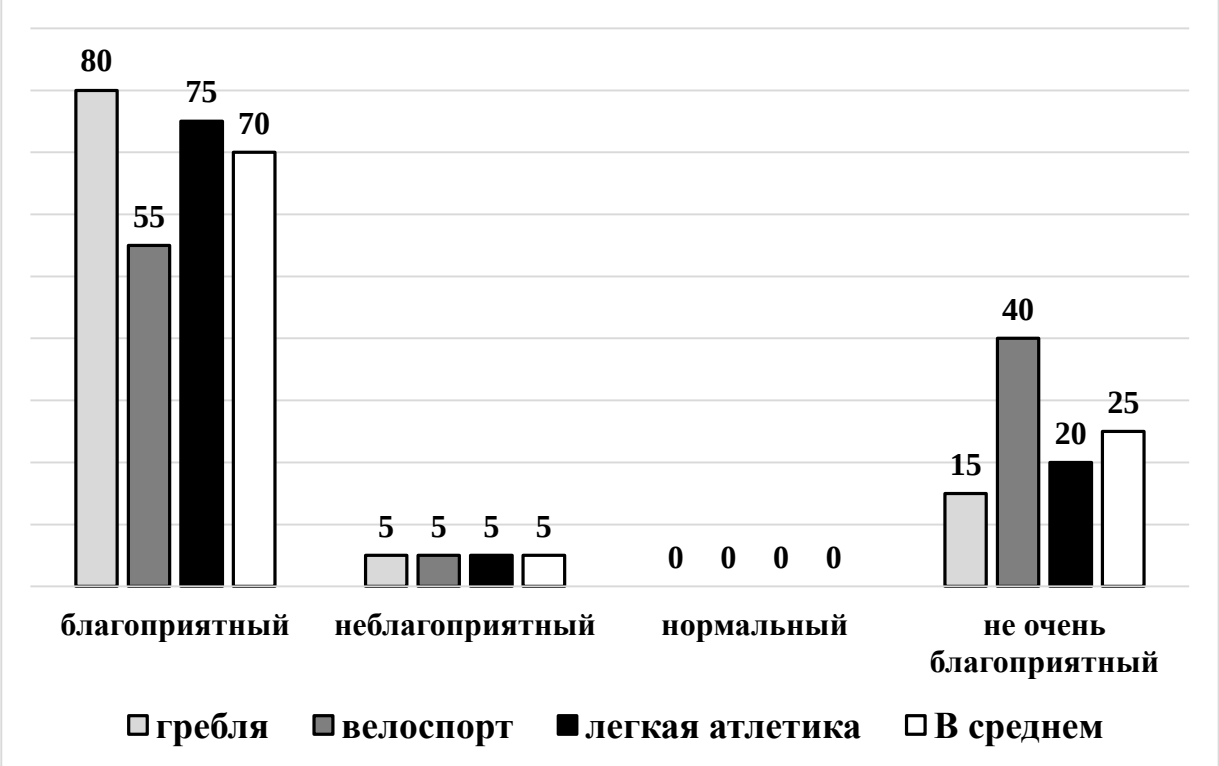


Рис. 3.1. Сравнительная характеристика встречаемости генетически обусловленного свойства восстановления энергии при физических нагрузках (1) среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта (в%).

На рис. 3.2 представлены результаты анализа встречаемости генетически обусловленного свойства энергообеспечения при анаэробной нагрузке. При этом выявлено, что, как и в предыдущем случае, наибольшее количество атлетов с благоприятным энергообеспечением при анаэробной нагрузке обнаружено среди гребцов. А у велосипедистов и легкоатлетов встречается в единичных случаях. Однако этот признак в большинстве случаев проявился в пределах нормальной физиологической интенсивности. Среди обследованных спортсменов неблагоприятное и не очень благоприятное энергообеспечение при анаэробной нагрузке практически не встречалось.

Учитывая важность для физической деятельности, особенно для энергообеспечения сердца, жирных кислот, нами отдельно проанализирован характер использования последних у обследуемых спортсменов. Результаты этого анализа представлены на рисунке 3.2.

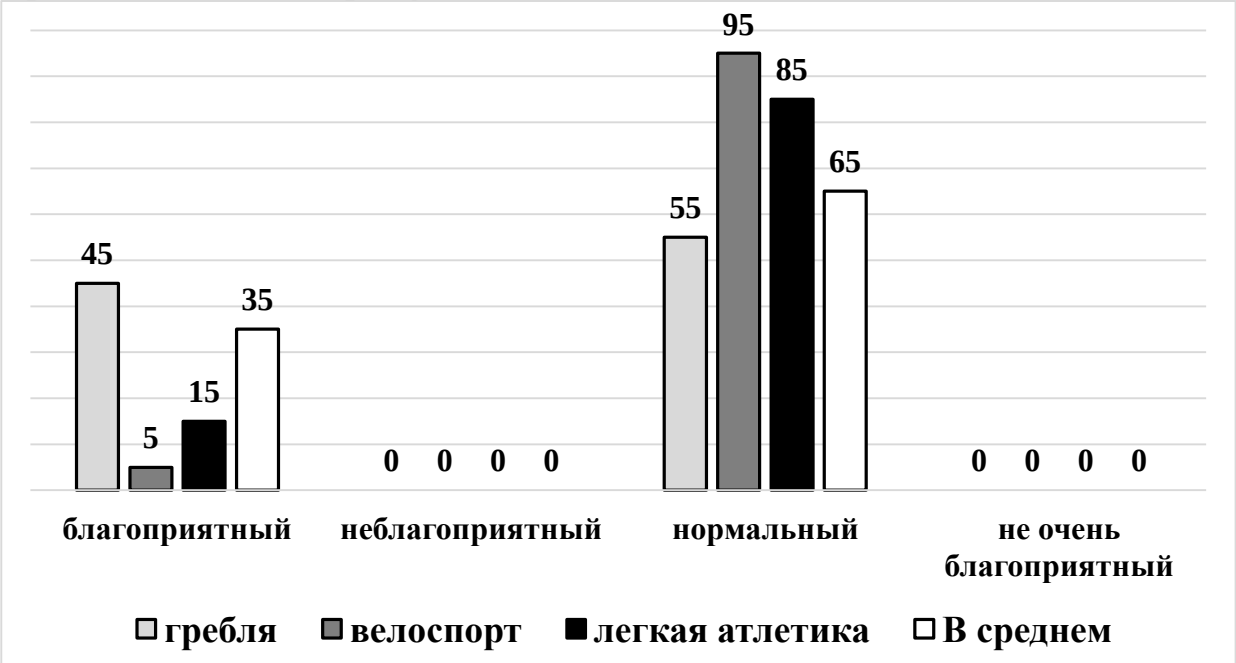


Рис. 3.2. Сравнительная характеристика встречаемости генетически обусловленного свойства энергообеспечения при анаэробной нагрузке (2) среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта (в%).

Анализ характера чувствительности к инсулину в зависимости от носительства того или иного генотипа

спортивных генов (рис.3.3) среди обследуемых атлетов указывает на сравнительно высокую частоту встречаемости нормальную для физиологического условия чувствительность к инсулину. Хотя здесь этот эффект сравнительно чаще встречается у велосипедистов по сравнению с гребцами и легкоатлетами. При этом благоприятная для спорта чувствительность к инсулину, наоборот чаще встречается у гребцов по сравнению с велосипедистами и легкоатлетами. А что касается неблагоприятной и не очень благоприятной для спортивной деятельности чувствительности к инсулину, то у обследованных нами спортсменов таковая не выявлена.

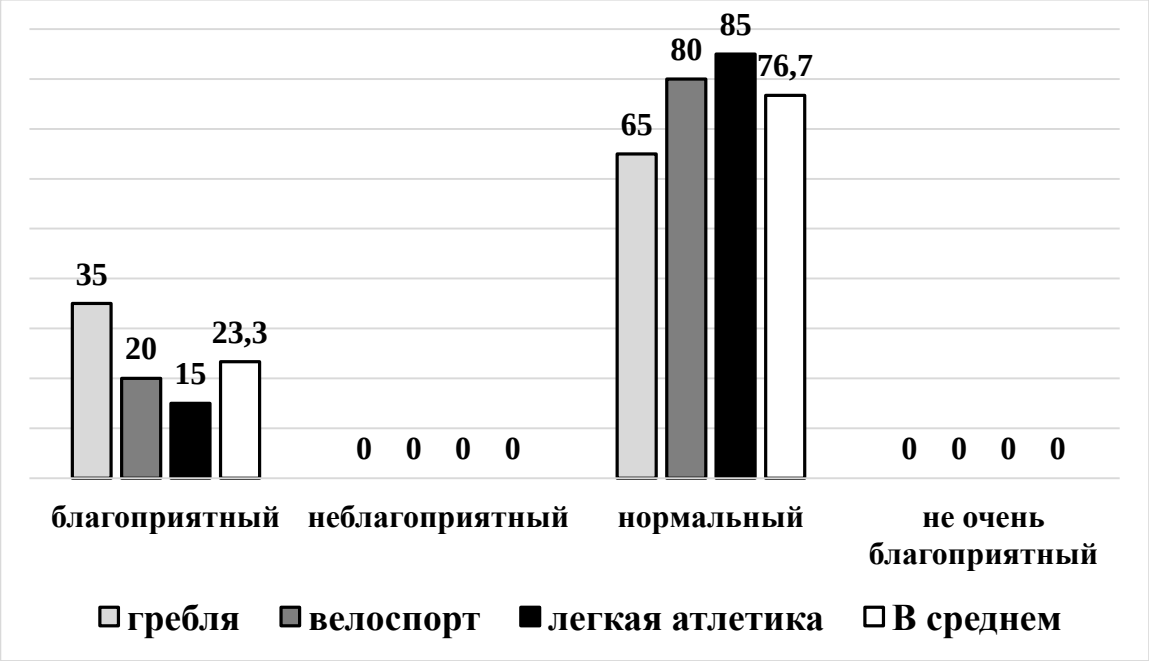


Рис. 3.3. Сравнительная характеристика встречаемости генетически обусловленной чувствительности к инсулину (3) среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта (в%).

Как видно из представленных на рис. 3.4 данных среди обследованных спортсменов в основном встречаются атлеты с нормальной эффективностью использования жирных кислот для покрытия энергозатрат. А благоприятным эффектом использования жирных кислот обладает ограниченное число атлетов: от каждого седьмого до каждого третьего атлета (у каждого седьмого легкоатлета, у каждого пятого велосипедиста

и у каждого третьего гребца). И для данного признака также является характерным отсутствие неблагоприятного и не очень благоприятного эффекта использования жирных кислот в качестве энергосубстрата.

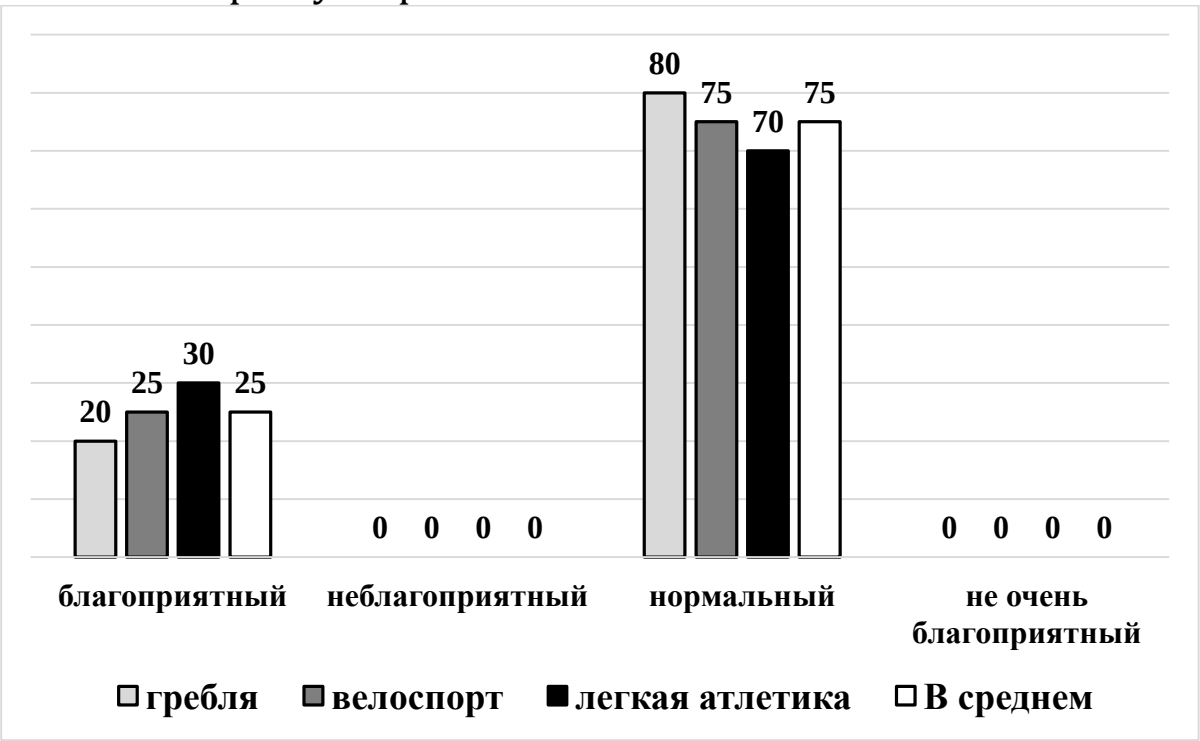


Рис. 3.4. Сравнительная характеристика встречаемости генетически обусловленной эффективности использования жирных кислот (4) среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта (в%)

Еще одним необходимым энергетическим субстратом для работы мышц является глюкоза. Этот субстрат в основном используется для покрытия энергических расходов мышечной работы. В связи с этим весьма важным, наряду с оценкой эффективности использования жирных кислот, является изучение эффективности использования глюкозы в условиях физических нагрузок с учетом носительства их генетического предиктора. Как показывают результаты исследований (рис.3.5), проведенные в этом направлении 4/5 атлетов, занимающихся греблей, более чем 2/3 атлетов, занимающихся велоспортом и почти 1/2 атлетов, занимающихся легкой атлетикой, имеют благоприятную эффективность использования глюкозы. А остальные демонстрируют нормальную эффективность использования последнего в

качестве энергетического материала для покрытия физической работы. Следовательно, из полученных данных видно, что в случае использования в качестве энергетического субстрата в обычных некритичных условиях жирных кислот, использование глюкозы носит преимущественно благоприятный характер. Отрадно отметить, что использование обоих энергетических субстратов в условиях физических нагрузок, судя по носительству генетических предикторов, не носит с точки зрения эффективности неблагоприятный или не очень благоприятный характер (рис.3.5).

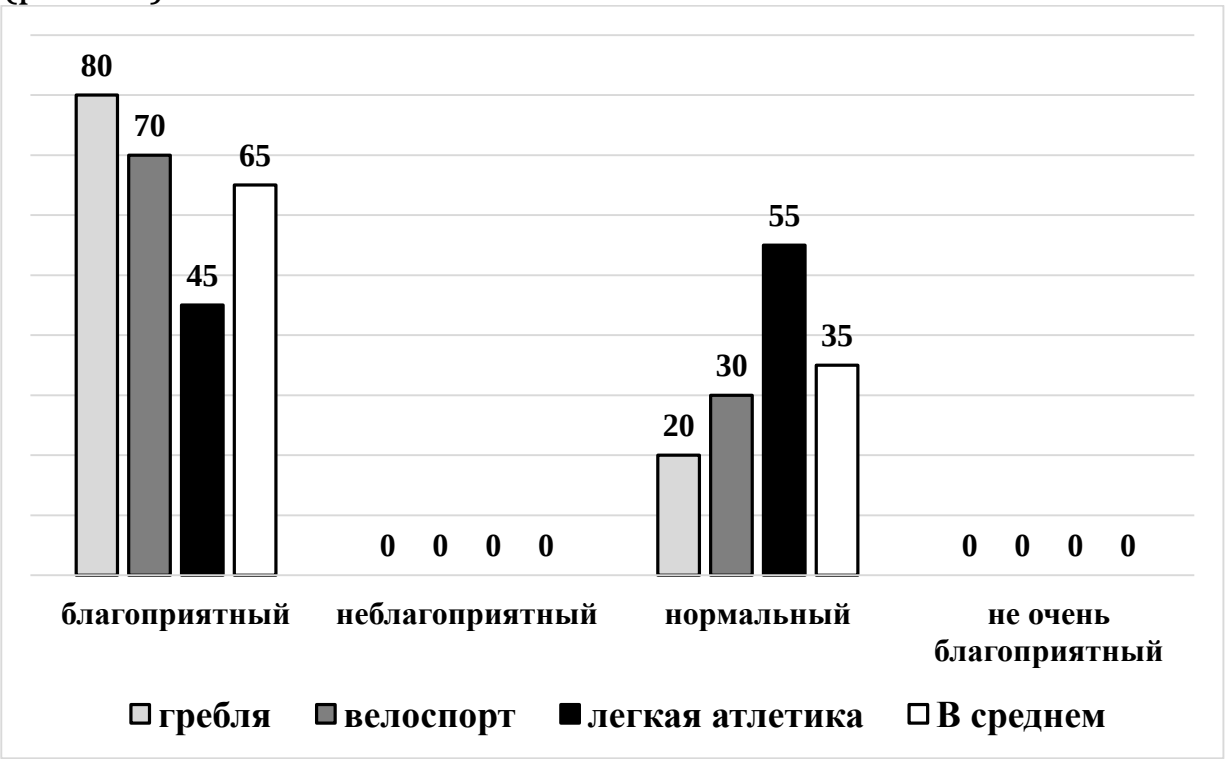


Рис. 3.5. Сравнительная характеристика встречаемости генетически обусловленной эффективности использования глюкозы (5) среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта (в%)

Установлено, что работоспособность, адаптация к спортивным тренировкам, достигаемый уровень спортивных результатов, особенно в тех видах спорта, где предпочтения отдаётся выносливости, наряду с другими факторами находится в прямой зависимости от состояния тонуса сосудов и обеспеченностью кровью.

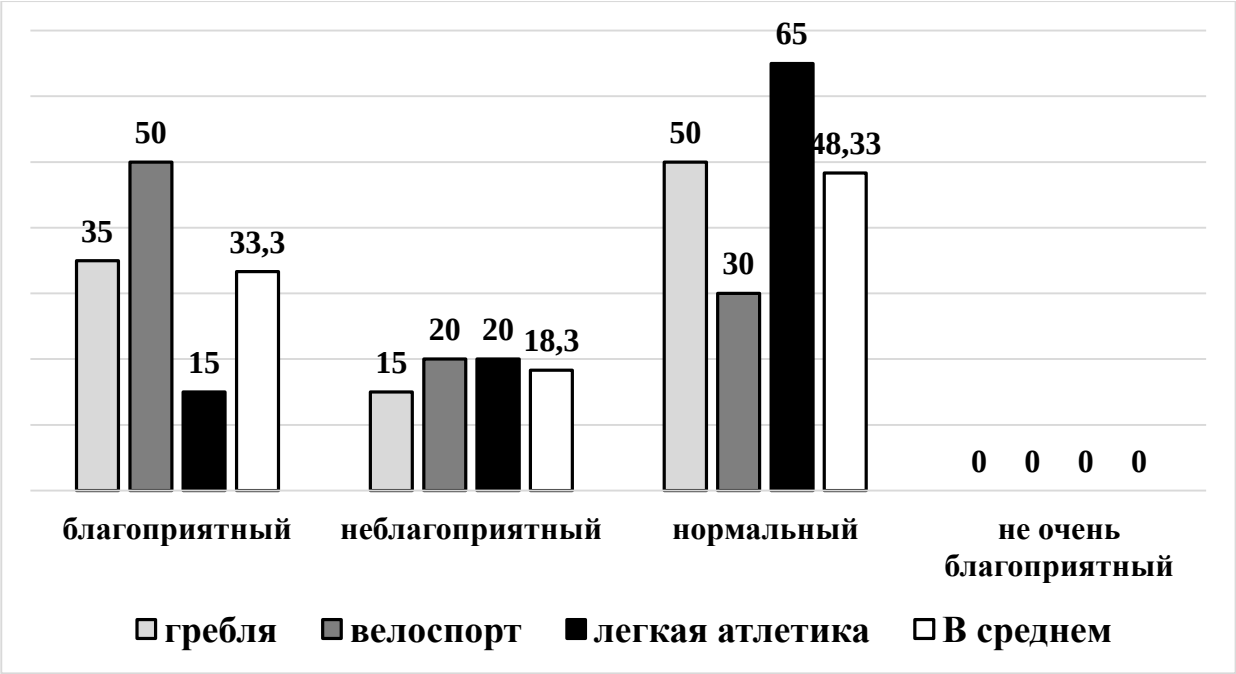


Рис. 3.6. Сравнительная характеристика встречаемости генетически обусловленной модификации сосудистого тонуса (6) среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта (в%)

Учитывая это обстоятельство, у обследуемых спортсменов нами были также изучены генетические детерминанты сосудистого тонуса. Результаты этих исследований представлены на рис.3.6.

Как видно из представленных данных, у половины гребцов, 30% велосипедистов и у 65% легкоатлетов судя по генетическому профилю отмечается адекватно-нормальный тонус сосудов. У 35% гребцов, 50% велосипедистов и 15% легкоатлетов выявлен благоприятный генетический потенциал тонуса сосудов. Однако у каждого седьмого гребца, у каждого пятого велосипедиста и легкоатлета имеют место генетические детерминанты неблагоприятного тонуса сосудов. Это обстоятельство указывает на вероятность развития у них артериальной гипертензии и гипертрофии миокарда.

Общеизвестно, что для видов спорта, требующих развития скоростных и силовых качеств, весьма важным является синтез белка альфа актинина-3, ответственного за стабилизацию быстрых мышечных волокон. В связи с этим были изучены генетические предикторы эффективности работы быстрых

мышечных волокон. Как видно из данных, представленных на рисунке 3.7, среди обследованных спортсменов у подавляющего большинства видна причастность к нормальному потенциалу работы быстрых мышечных волокон. Вместе с тем практически не встречаются атлеты с благоприятным потенциалом синтеза белка альфа актинина-3. Однако, 30% гребцов даже имеют неблагоприятный потенциал для эффективной работы быстрых мышечных волокон, что препятствует успешному проведению спортивных занятий на наращивание мышечной массы, требующих развития скоростных и силовых показателей.

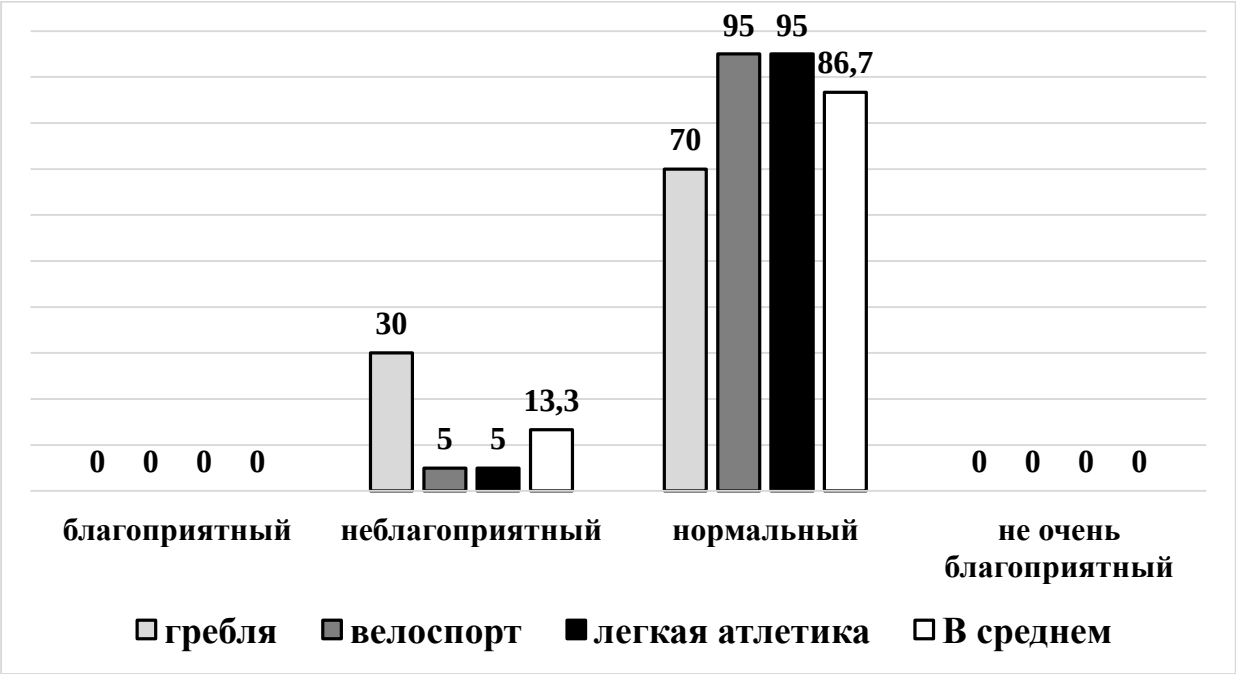


Рис. 3.7. Сравнительная характеристика встречаемости генетически обусловленной структуры быстрых мышечных волокон (7) среди спортсменов (в%)

На рисунке 3.8 представлены результаты анализа встречаемости генетически обусловленной минеральной плотности костной ткани. У обследованных спортсменов в основном имеет место нормальный потенциал минеральной плотности костной ткани (в основном у легкоатлетов) и благоприятный для повышенной минеральной плотности костной ткани (в основном у гребцов) генотипы. Эти результаты указывают на наличие у атлетов протективных признаков, снижающих риск развития остеопароза и артрита.

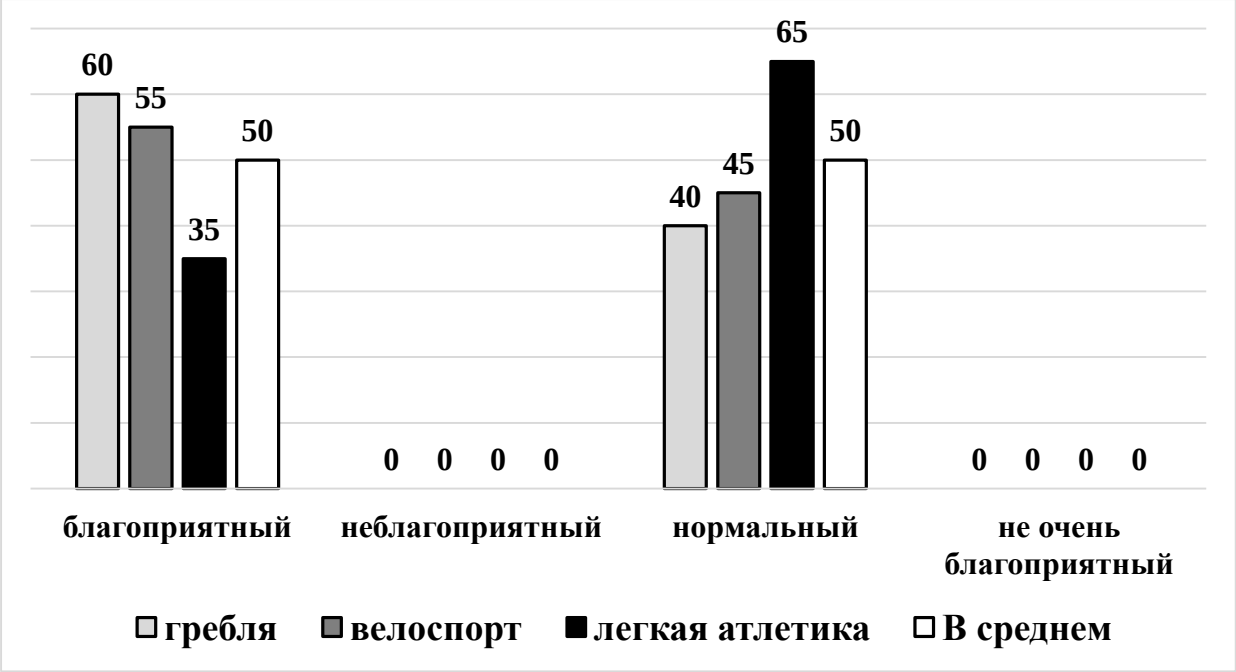


Рис. 3.8. Сравнительная характеристика встречаемости генетически обусловленной минеральной плотности костной ткани (8) среди спортсменов (в%)

Исходя из приведенных выше данных, напрашивается умозаключение о том, что у обследованных спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, выявляются дополнительные генетические особенности, характеризующие направленность и эффективность адаптативных процессов организма в условиях высоких физических нагрузок, к числу которых относятся характер восстановления энергии, эффективность процессов энергообразования при анаэробной нагрузке, чувствительность тканей к инсулину и способность мышц усваивать глюкозу, эффективность использования жирных кислот и глюкозы тканями в качестве энергетического материала и ряд других свойств, участвующих в реализации ответной реакции организма на воздействия высоких, интенсивных и длительных физических нагрузок. Установлено, что обнаруженные генотипы спортивных генов и их ассоциации могут служит потенциальным по отношению реализации того или иного признака как благоприятным, так и неблагоприятным генотипом. Как показывают результаты наших исследований генетические основы исследуемых нами признаков у большинства спортсменов соответствуют

нормальному физиологическому профилю организма. Вместе с тем такие генетически обусловленные признаки, как эффективность использования глюкозы, минеральная плотность костной ткани встречаются среди большего количества атлетов в качестве лучшего или благоприятного потенциала для эффективного проведения тренировочного процесса и достижения успехов в спортивной деятельности. Необходимо отметить, что выявленные нами дополнительные генетические особенности и характер их влияния на реализацию этих признаков требуют учета при формировании тренировочного процесса и должны служить в качестве критерия для дифференцированного и персонализированного подхода к их реализации. В то же время проведение целенаправленной подготовки спортсменов с учетом выявленных дополнительных генетических особенностей способствуют раскрытию их резервного физического потенциала и достижению успеха.

ГЛАВА IV. ИЗУЧЕНИЕ И ОЦЕНКА ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПОРТИВНОЙ УСПЕШНОСТИ У СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЦИКЛИЧЕСКИМИ ВИДАМИ СПОРТА

4.1. Генетически детерминированные клинико-биохимические индикаторы физической работоспособности спортсменов

К фенотипическим маркерам предрасположенности к занятиям спортом относятся ряд индикаторов [96;с.74-75;97;с.81-84]. И.И.Ахметовым представлена классификация генетических и фенотипически проявлений организма. К фенотипам отнесены уровни:

-ядерный уровень: метилированные участки ДНК, уровень экспрессии гена, и др.

-клеточный уровень: концентрация белка/фермента в клетке, количество митохондрий и др.

-тканевой уровень: серологические (эритроцитарные ABO, MN, Rh и сывороточные (Hp, Hb, Cc, Ee) системы крови), иммунологические, биохимические, гормональные,

-гистоморфометрические (состав мышечных волокон, степень капилляризации мышечного волокна, площадь поперечного сечения мышечных волокон),

-дерматоглифические, иридологические маркеры и др. Органный уровень: масса миокарда левого желудочка, ЖЕЛ и др.

-системный уровень: тип темперамента, соматотип, функциональные, психологические

К генотипическим маркерам относятся:

-молекулярно-генетические маркеры: аллели, генотипы (комбинации гомологичных и негомологичных аллелей), гаплотипы

-комбинации аллелей генов на одной хромосоме,

-комбинации генотипов

-гаплогруппы (группы схожих гаплотипов, которые являются рядом аллелей в определенных локусах Y-хромосомы и митохондриальной ДНК)

-цитогенетические маркеры: половой хроматин (инактивированная Х-

-хромосома в конденсированной форме; служит для опознания женского пола), теломеры, ломкая Х- хромосома, трисомии, моносомии и др. [12;с.107]

Информативных данных по корреляции генетических полиморфизмов с клиническими лабораторными маркерами на сегодняшний день в литературе описано относительно лишь отдельных индикаторов [86;с.74-76; 136;с.105;150;с.2043-2045].

Исследователь Семенова в своей диссертационной работе описала ряд гематологических показателей, проявивших генетическую ассоциированность с полиморфными маркерами выносливости. Ею выявлено, что уровень гемоглобина, среднее содержание гемоглобина в эритроците, средний объем эритроцита и гематокрит у спортсменов ассоциируются с 20 полиморфными маркерами (*ADARB2* (61 kb) rs7475202, *ATG101* rs10783487, *CITED2* (138 kb) rs632057, *CITED2* (143.6 kb) rs643381, *FNTB* (42 kb) rs726668, *IKZF1* rs12718598, *NFE2* (8.9 kb) rs35979828, *ODF3B* rs140522, *PFAS* rs4791641, *PTPN1* (39.8 kb) rs6512645, *RP11-806K15.1* rs2291761, *RP11-899L11.1* rs4843230, *RSRP1* rs1043879, *SLC17A1* (11.5 kb) rs3887266, *SLC25A37* rs2942194, *SORBS2* rs4862586, *TERT* rs2853677, *TMPRSS6* (4.3 kb) rs926331, *TRIM38* (5.6 kb) rs169219, *WDR46* rs14398) [119;с.117-118;185;с.672] по сравнению с контрольной группой и описаны их более высокие значения у высококвалифицированных стайеров.

4.2. Особенности сдвигов в показателях периферической крови, биохимии крови и гормональном статусе у спортсменов легкоатлетов, велосипедистов и гребцов высокой квалификации, гендерная характеристика

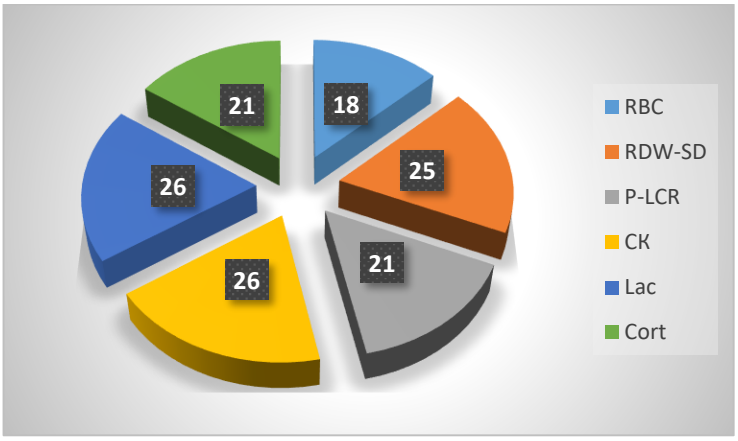
При ежегодных углубленных медицинских осмотрах спортсменов высоких достижений нами проводится доскональная оценка физиологического и функционального состояния их организма. При каждом сезонном УМО на себя внимание тот факт, что при наличии одних и тех же силовых

нагрузок, тренировочных режимов, пробегаемых дистанций, одного и того же времени для восстановления, значения биохимических статуса спортсменов были разными. Также, как и разнились границы анаэробного порога, время восстановления. Более того, маркеры ответственные за критерии перетренированности, оставались стабильно превышающими референтные значения у одних и тех же спортсменов. Таким образом мы задались целью выяснить насколько генетически сопряженными могут быть данные физиологические тенденции сдвигов, с какими аллелями генотипов известных генов данные клинические маркеры генетически ассоциированы? Проанализировав научные труды отечественных и мировых ученых, мы нашли сведения о подобных исследованиях, проведенных лишь на отдельных маркерах гормонального скрининга, в отдельных работах был изучен лактат и показатели элементов крови, отвечающих за транспорт кислорода. Целью нашего исследования было проведение гематологического, гормонального и биохимического скрининга, сцепленного с генетическими детерминантами. Из полученных нами данных на основе исследования 21 клинического маркера и 16 генов, мы сделали выводы о конкретных фенотипических провлениях в аналитах крови, присущим для носителей определенных генотипов ассоциаций генов [3;с.29-33;113;с.19-28].

Для проведения лабораторно-диагностического тестирования клинико-биохимических исследований нами был отобран 21 маркер, ассоциированный с физическими нагрузками в организме. Из которых 13 параметров составили форменные элементы красной крови гематологического профиля, 5 параметров – составили саркоплазматические белки мышечной ткани и трансаминазные ферменты, в гормональный скрининг вошли 3 основных маркера, составляющих андрогенный, тиреоидный и стрессорный профиль, играющих непосредственную роль в адаптационных механизмах организма в условиях физической нагрузки.

В нашем исследовании были определены различия в профилях между спортсменами высоких достижений во

взаимосвязи с биохимическими маркерами, участвующие в биосинтезе стероидов, метаболизме жирных кислот, окислительном стрессе и молекулярных путях, связанных с энергией и мышечной активностью.



Показатель	Выход из нормы%
RBC	30
RDW-SD	41,6
P-LCR	35
CK	43,3
Lac	43,3
Cortisol	35

Рис. 4.1. Распределение лабораторных параметров с позиции выхода за пределы нормативных значений у спортсменов высокой квалификации.

В гематологическом профиле элитных спортсменов наибольший выход из нормативных границ выявлены в эритроцитах и содержании крупных тромбоцитов (рис.4.1).

Максимальное количество патологических значений показали СК и лактат. Как известно, скорость элиминации концентрации креатифосфокиназы из мышц в сосудистое русло переферической крови у лиц, находящимися под воздействием чрезмерных физических нагрузок носят индивидуальной характер, и динамика накопления или потери активности его концентрации является отражением отставленного эффекта восстановленности в результате выполненной мышечной работы и степени перетренированности. К повышению содержания СК приводит недостаточное кровоснабжение мышц за счет напряжения скелетной мускулатуры.

Что касается лактата, изменение концентрации молочной кислоты в крови связано с состоянием тренированности спортсмена и выполнении определенной физической нагрузки, тогда как накопление в крови после определенного периода

говорит о недостаточной способности к восстановлению. По уровню концентрации молочной кислоты в крови определяют анаэробные гликолитические возможности организма, что является довольно важной характеристикой при спортивном отборе, контроле тренировочных нагрузок и оценке способности организма спортсмена к восстановлению.

Гормон стресса показал значительные завышения у более трети элитных спортсменов. Накопление концентрации кортизола в крови является ответной реакцией организма на неадекватные мышечные и психофизиологические стрессорного характера нагрузки, обусловленное негативным влиянием на контроль массы тела, сердечно-сосудистую функцию, иммунную защиту, костную и мышечную ткань, регуляторные механизмы в организме и характеризуется невосстановлением организма спортсменов после предшествующей нагрузки.

Нами проведен клинико-лабораторный мониторинг с

и

с

п

о

л

ь

з

Выявлено, что между содержанием эритроцитов в крови и объемом двигательной активности существует высокая взаимосвязь. Показатели уровня эритроцитов **RBC** у мужчин-спортсменов на 2,8% превышали значения этого показателя в группе лиц, не занимающихся спортом (табл.4.1). Тогда как у женщин эта разница составляла 8,1% по сравнению с контрольной группой. Концентрация среднего объема эритроцитов MCV также, как и общее количество эритроцитов в венозной крови у спортсменов выше (у мужчин на 0,7%, у женщин-на 2,18%).

т

о

д

о

в

м

а

Таблица 4.1

Сравнительная характеристика лабораторных маркеров по гендерным признакам у спортсменов и группы лиц, не занимающихся спортом

	Показатели крови	Пол обследованных	Спортсмены (M±m) n=60 (М-43, Ж-17)	КГ (M±m) n=60 (М-38, Ж-22)
1	RBC (количество эритроцитов)	Муж.	5,41±0,04	5,23±0,06
		Жен.	4,53±0,08	4,19±0,09
2	HGB (концентрация гемоглобина)	Муж.	146±0,84	143±0,91
		Жен.	125±1,28	121±1,31
3	HCT (Гематокрит)	Муж.	45,01±0,35	41,7±0,56
		Жен.	39,6±0,71	37,2±0,93
4	MCV (средний объем эритроцитов в образце)	Муж.	83,4±0,45	82,8±0,60
		Жен.	87,1±1,11	85,2±1,05
5	MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците)	Муж.	28,7±0,17	30,2±0,32
		Жен.	29,7±0,29	30,4±0,34
6	MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците)	Муж.	34,7±0,15	34,9±0,17
		Жен.	34,2±0,23	34,3±0,19
7	PLT (Общее количество тромбоцитов)	Муж.	231±7,56	242±6,44
		Жен.	226±12,94	235±8,1
8	RDW-SD (Ширина распределения эритроцитов)	Муж.	39,6±0,27	41,5±0,36
		Жен.	39,5±0,57	39,6±0,48
9	RDW-CV (Рассчитанная ширина кривой распределения эритроцитов)	Муж.	13,3±0,11	13,5±0,15
		Жен.	12,8±0,13	12,9±0,14
10	PDW (Рассчитанная ширина кривой распределения тромбоцитов)	Муж.	13,2±0,29	13,4±023
		Жен.	12,8±0,51	12,4±0,65
11	MPV (Средний объем тромбоцитов)	Муж.	11,4±0,69	10,8±0,26
		Жен.	10,78±0,28	10,5±0,38
12	P-LCR (Коэффициент крупных тромбоцитов)	Муж.	31,1±1,31	32,7±1,22
		Жен.	29,4±2,03	28,6±1,85
13	PCT (Тромбокрит)	Муж.	0,25±0,01	0,27±0,02
		Жен.	0,24±0,01	0,25±0,01

14	АЛТ	Муж.	26,7±2,66	25,5±2,54
		Жен.	19,3±1,70	16,4±1,65
15	АСТ	Муж.	30,2±3,87	22,4±2,1
		Жен.	22,0±1,58	19,6±1,45
16	Креатинкиназа МВ	Муж.	18,0±1,75	14,6±1,54
		Жен.	14,5±1,65	12,1±1,38
17	Креатинкиназа	Муж.	341,9±86,13	175,2±20,9
		Жен.	143,0±13,60	128,1±10,1
18	Лактат	Муж.	2,47±0,12	2,3±0,15
		Жен.	2,23±0,14	2,15±0,13
19	Тестостерон	Муж.	18,6±1,07	14,3±0,87
		Жен.	0,87±0,15	0,6±0,15
20	Тиреотропный гормон	Муж.	2,0±0,14	2,1±0,13
		Жен.	2,2±0,31	2,0±0,15
21	Кортизол	Муж.	492±24,79	368±28,2
		Жен.	307±38,11	291±35,1

В случае с концентрацией гемоглобина **HGB** у мужчин-атлетов наблюдается незначительное возрастание по сравнению с контрольной группой на 2%, у женщин-на 3%. Являясь основным белковым компонентом эритроцитов крови, гемоглобин играет решающую роль в работе миоцитов при физической нагрузке и насыщении кислородом всех тканей и органов организма. Известно, что потребность организма в кислороде увеличивается при интенсивной мышечной деятельности, что ведет к повышению концентрации гемоглобина в крови за счет повышения скорости кровотока и общей массы крови. Является показателем эффективности аэробных характеристик энергоресурсов спортсмена. Чем более тренированным и выносливым является организм атлета, тем активнее проявляется концентрация гемоглобина в капиллярной крови и включаются адаптационные механизмы организма в условиях физической нагрузки. Следовательно, исходя из показателей спортсменов в исследуемой группе, продемонстрировавших небольшую разницу в отклонениях средних значений гемоглобина по сравнению с контролями, можно судить об их невосстановленности вследствие неадекватных тренировочных режимов, в результате чего происходит разрушение эритроцитов крови, при которых уровень гемоглобина снижается, что имеет характер

железодефицитной «спортивной анемии», для восстановления которой рекомендуется изменить индивидуальную программу тренировок [18;с.32-41;67;с.5-10;68;с.49-51;73;с.20-24]. В спортивной медицине существует термин анемия тренировочного периода. Установлено, что этот вид анемии возникает по причине повышенной скорости разрушения эритроцитов. Данная «спортивная анемия» проходит в течение 3-8 недель восстановительного периода и может быть предотвращена путем употребления высокобелковой диеты. Развивается в результате высвобождения в кровоток лизолецитина из селезенки, стремительно разрушающего большое количестве циркулирующих эритроцитов. Прием фармакологических препаратов железа, рекомендуемых в качестве профилактических мер, не предотвращает развития данной разновидности анемии [114;с.145-167;115;с.36-39].

Тромбоцитарный гемостаз представляет собой наибольший интерес в плане оценки влияния на нее наиболее естественного для организма воздействия - физической нагрузки, Он является важным маркером изучения особенностей регуляторов функциональной готовности гемостаза [117;с.475-477]. У наблюдаемой нами группы спортсменов значение уровня тромбоцитов PLT в крови показало обратную картину в сторону понижения по сравнению с контрольной группой, в которой у мужчин наблюдалось повышение на 4,6% и на 5,1% у женщин. Соответственно такая же картина наблюдалась и в случае со значениями уровня тромбокрита PCT - 7,5%. Хотя средний объем тромбоцитов MPV показывал увеличение в основной группе исследуемых на 5% и 1,9% соответственно по сравнению с контрольной группой. При этом выхода из нормы тромбоцитарных маркеров не наблюдалось ни в одной из групп. Следовательно, количество активных форм тромбоцитов, их суммарное количественное значение оставалось стабильным в кровотоке независимо от интенсивности физических нагрузок. В литературных источниках остаются не до конца выясненными особенности и

выраженности функционирования механизмов, реализующих их агрегационную функцию у лиц, находящихся под воздействием регулярных интенсивных физических нагрузок [33,34].

4.3. Особенности сдвигов в показателях клинико-биохимических и гормональных параметров организма, исследуемых у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, в зависимости от носительства отдельных генотипов изучаемых полиморфизмов генов

Для проведения генетических исследований нами были отобраны гены, ассоциированные со спортивной деятельностью в количестве 16 полиморфизмов, которые мы отнесли к 4 категориям по выполняемых ими функциям [2]. В категорию генов, ответственных за сердечно-сосудистую систему вошли 6 основных полиморфизмов ACE - Ангиотензинпревращающий фермент, NOS3 - Синтаза окиси азота, ADRB2 - Бета-2 адренергический рецептор, MTHFR - Метилентетрагидрофолатредуктаза, L3MBTL4 - Летальный mbt-подобный протеин 4 типа.

В категорию метаболизма и энергетического обмена также вошли 5 генов: PPARA - Альфа-рецептор активатор пероксисом, PPARG - Рецептор, активируемый пролифераторами пероксисом, UCP2 - Разобщающий белок 2, PPARGC1A- Коактиватор 1 альфа рецептора активатора пероксисом, HIF1A Фактор, индуцируемый гипоксией 1А.

Гены, ответственные за строение поперечно-полосатой мышечной ткани, представлены 4мя полиморфизмами: ACTN3 - Альфа-актинин 3, AMPD1 - Аденозинмонофосфат-дезаминаза 1, CNTF - Цилиарный (глиальный) нейротрофический фактор, IL15RA - Рецептор интерлейкина 15 альфа.

И лишь 1 ген отвечает за структуру и метаболизм костной и соединительной ткани, за метаболизм кальция и минеральный обмен в организме VDR Рецептор витамина D.

Таблица 4.2

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена ACE у спортсменок циклических видов спорта

Ген 1 ACE(rs4646994) _Alu_Ins/Del		Ins/Ins			Ins/Del			Del/Del			
		n	M	m	n	M	m	n	M	M	Corr
X1	RBC	5	4,33	0,07	9	4,58	0,11	3	4,71	0,28	0,57
X2	HGB	5	124,40	1,75	9	126,89	1,78	3	122,67	4,33	-0,18
X3	HCT	5	38,34	1,10	9	39,83	1,02	3	41,07	2,03	0,47
X4	MCV	5	88,60	1,73	9	86,11	1,87	3	87,37	0,84	-0,21
X5	MCH	5	29,86	0,39	9	29,44	0,45	3	30,37	0,67	0,28
X6	MCHC	5	33,72	0,32	9	34,27	0,33	3	34,73	0,58	0,57
X7	PLT	5	229,4	26,65	9	226,22	16,63	3	220,67	43,34	-0,07
X8	RDW-SD	5	40,40	1,29	9	39,31	0,83	3	38,93	0,22	-0,33
X9	RDW-CV	5	12,84	0,26	9	12,83	0,21	3	12,43	0,09	-0,43
X10	PDW	5	13,36	0,99	9	12,39	0,72	3	13,10	1,42	-0,06
X11	MPV	5	10,96	0,43	9	10,69	0,44	3	10,77	0,72	-0,10
X12	P-LCR	5	32,28	3,21	9	27,04	2,86	3	31,87	5,98	-0,03
X13	PCT	5	0,25	0,02	9	0,25	0,01	3	0,23	0,03	-0,15
X14	АлАТ	5	21,46	3,98	9	18,10	2,31	3	19,67	2,86	-0,13
X15	АсАТ	5	20,48	2,35	9	23,78	2,44	3	19,97	3,55	-0,05
X16	Креатинкиназа МВ	5	12,32	2,87	9	14,17	2,34	3	19,10	4,01	0,50
X17	Креатинкиназа	5	129,2	27,62	9	166,56	17,30	3	95,67	11,46	-0,34
X18	Лактат	5	1,99	0,25	9	2,18	0,14	3	2,80	0,43	0,59
X19	Тестостерон	5	1,46	0,38	9	0,74	0,09	3	0,28	0,14	-0,68
X20	ТТГ	5	1,57	0,22	9	1,97	0,28	3	3,74	1,30	0,67
X21	Кортизол	5	204,52	82,54	9	360,80	49,14	3	315,03	32,24	0,37

Как видно из представленной таблицы 4.2, результаты анализа количества RBC в зависимости от генотипного варианта гена ACE показывают, что наибольшая концентрация эритроцитов у спортсменов женского пола характерна для носителей Del/Del генотипа данного гена по сравнению с Ins/Ins генотипом. Эта разница составляет 8,06%. В то же время наименьшая концентрация PDW встречается среди носителей гетерозиготного генотипа данного гена и составляет 7,2% по сравнению с с Ins/Ins генотипом, в котором отмечено наибольшее количество распределения тромбоцитов. Остальные гематологические биомаркеры не показали существенной межгенотипной разницы.

Что касается ферментов самая высокая разница в содержании выявлена в креатинкиназе МВ. Она составила 35,5% между носителями двух гомозиготных генотипов, из которых наибольшее количество СК МВ выявлено в Del/Del генотипном варианте.

Среди гормонов выявленная разница была максимальной у кортизола: 43,3%. Наибольшая его концентрация встретилась среди носителей гетерозиготного генотипа, а наименьшая представлена Ins/Ins генотипом.

Таблица 4.3

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена ACTN3 у спортсменок циклических видов спорта

Ген 2 ACTN3_Arg(C)577Ter(T)		C/C			C/T			
		n	M	M	n	M	M	Corr
X1	RBC	10	4,59	0,13	5	4,52	0,06	-0,10
X2	HGB	10	124,00	1,81	5	128,00	2,12	0,35
X3	HCT	10	39,43	1,12	5	40,38	0,99	0,15
X4	MCV	10	86,86	1,42	5	86,20	2,45	-0,07
X5	MCH	10	29,55	0,46	5	29,70	0,25	0,06
X6	MCHC	10	34,26	0,32	5	34,10	0,40	-0,08
X7	PLT	10	216,20	16,69	5	221,60	24,23	0,05
X8	RDW-SD	10	39,43	0,50	5	39,42	1,35	0,00

X9	RDW-CV	10	12,69	0,09	5	12,98	0,34	0,30
X10	PDW	10	12,56	0,56	5	14,10	1,04	0,37
X11	MPV	10	10,56	0,28	5	11,64	0,56	0,47
X12	P-LCR	10	28,88	2,53	5	33,28	3,82	0,26
X13	PCT	10	0,24	0,01	5	0,25	0,02	0,22
X14	АлАТ	10	19,20	2,00	5	17,28	3,66	-0,14
X15	АсАТ	10	22,90	2,50	5	20,08	1,96	-0,20
X16	Креатинкиназа МВ	10	16,26	2,03	5	15,04	2,55	-0,10
X17	Креатинкиназа	10	144,70	20,44	5	148,20	23,71	0,03
X18	Лактат	10	2,44	0,16	5	2,04	0,27	-0,35
X19	Тестостерон	10	0,56	0,09	5	1,40	0,40	0,61
X20	ТТГ	10	2,64	0,46	5	1,51	0,24	-0,41
X21	Кортизол	10	368,30	36,39	5	266,08	84,97	-0,34

В представленных в табл.4.3 результатах средних концентраций биомаркеров у гена ACTN видно, что они представлены лишь С/С и С/Т генотипами, Т/Т вариант у спортсменок выявлен не был. Наибольшая разница в сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у P-LCR: 13,2%, максимальная концентрация которого представлена гомозиготным вариантом. В биохимических показателях максимальной разницей представлен лактат, составившей 16,4%. Наибольшая его активность также выявлена в гомозиготном варианте генотипа. В гормональной группе исследований тестостерон показал значительное превосходство в сравнительном аспекте, и разница составила 60%. Максимальная концентрация тестостерона также представлена гетерозиготным вариантом.

Таблица 4.4

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена AMPD1 у спортсменок циклических видов спорта

Ген3 AMPD1_Gln12Ter_C/T		C/C			C/T			
		n	M	m	n	M	M	Corr
X1	RBC	11	4,50	0,10	5	4,55	0,17	0,08
X2	HGB	11	125,27	1,80	5	127,20	0,97	0,18
X3	HCT	11	38,92	0,85	5	41,24	1,42	0,37
X4	MCV	11	87,47	1,29	5	87,22	2,47	-0,03
X5	MCH	11	29,67	0,38	5	30,02	0,54	0,14
X6	MCHC	11	33,95	0,27	5	34,48	0,44	0,27
X7	PLT	11	225,09	16,14	5	216,20	25,04	-0,08
X8	RDW-SD	11	39,63	0,63	5	39,98	1,34	0,07
X9	RDW-CV	11	12,77	0,19	5	12,76	0,23	-0,01
X10	PDW	11	12,88	0,60	5	13,34	0,94	0,11
X11	MPV	11	10,89	0,35	5	10,92	0,43	0,01
X12	P-LCR	11	29,79	2,45	5	31,54	3,36	0,11
X13	PCT	11	0,25	0,01	5	0,24	0,02	-0,17
X14	АлАТ	11	17,64	2,15	5	23,10	2,97	0,36
X15	АсАТ	11	20,55	1,90	5	22,70	1,80	0,18
X16	Креатинкиназа МВ	11	16,40	2,01	5	12,70	2,24	-0,28
X17	Креатинкиназа	11	144,45	17,28	5	137,40	29,22	-0,06
X18	Лактат	11	2,29	0,18	5	1,96	0,15	-0,29
X19	Тестостерон	11	0,99	0,22	5	0,62	0,17	-0,27
X20	ТТГ	11	2,14	0,45	5	2,22	0,43	0,03
X21	Кортизол	11	304,68	37,03	5	301,48	109,93	-0,01

Как видно из таблицы 4.4 результаты средних концентраций клинико-биохимических показателей у гена

AMPD представлены C/C и C/T генотипами, T/T вариант у спортсменок выявлен не был. Максимальная разница выявлена в гемограмме у гематокрита: 5,6%, в биохимической группе у ALT: 23%, в группе гормонов - у тестостерона: 37,4%. Наибольшая активность НСТ и АЛТ представлена C/T генотипным вариантом, а тестостерона C/C вариантом гена AMPD.

Таблица 4.5

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена CNTF у спортсменок циклических видов спорта

Ген 4 CNTF_G-6A		**G/G**			**G/A**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	10	4,52	0,10	6	4,53	0,17	0,01
X2	HGB	10	124,10	1,60	6	125,83	1,70	0,19
X3	HCT	10	40,61	0,87	6	37,88	1,18	-0,45
X4	MCV	10	86,59	1,75	6	87,97	1,35	0,15
X5	MCH	10	29,94	0,35	6	29,43	0,60	-0,21
X6	MCHC	10	34,44	0,34	6	33,80	0,26	-0,33
X7	PLT	10	216,40	15,46	6	239,17	26,86	0,21
X8	RDW-SD	10	39,50	0,85	6	39,15	0,67	-0,08
X9	RDW-CV	10	12,79	0,15	6	12,53	0,21	-0,26
X10	PDW	10	13,16	0,67	6	11,72	0,69	-0,35
X11	MPV	10	11,02	0,38	6	10,20	0,36	-0,36
X12	P-LCR	10	30,52	2,67	6	25,78	2,96	-0,29
X13	PCT	10	0,24	0,01	6	0,26	0,01	0,27
X14	АлАТ	10	18,64	2,16	6	22,22	2,68	0,27
X15	АсАТ	10	22,35	2,31	6	21,67	2,59	-0,05
X16	Креатинкиназа МВ	10	13,07	1,80	6	17,33	3,55	0,30
X17	Креатинкиназа	10	142,50	17,96	6	151,17	25,17	0,08
X18	Лактат	10	2,05	0,14	6	2,52	0,29	0,40
X19	Тестостерон	10	0,79	0,25	6	0,97	0,13	0,14
X20	ТТГ	10	2,35	0,48	6	1,87	0,40	-0,18
X21	Кортизол	10	338,95	56,00	6	254,90	53,64	-0,26

Из представленных результатов в таблице 4.5 средние концентрации биомаркеров у гена CNTF представлены G/G и G/A генотипами. Гомозиготный мутантный A/A вариант у спортсменок выявлен не был. Наибольшая разница в

сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у показателя коэффициента крупных тромбоцитов P-LCR: 15,5%, максимальная концентрация которого представлена гомозиготным вариантом. В биохимических показателях максимальная разница представлена у СК-МВ, составившая 24,6%. В отличие от P-LCR наибольшая его активность выявлена в гетерозиготном варианте генотипа. В гормональной группе исследований максимальную разницу показал гормон стресса - кортизол, которая составила 24,8%. Его высокие значения представлены у G/G варианта гена CNTF.

Таблица 4.6

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена IL15RA у спортсменок циклических видов спорта

Ген 5IL15RA_T/G		T/T			T/G			
		n	M	m	n	M	m	Corr
X1	RBC	8	4,48	0,08	8	4,61	0,15	0,20
X2	HGB	8	123,63	2,59	8	127,25	0,59	0,34
X3	HCT	8	39,88	1,15	8	39,44	1,06	-0,07
X4	MCV	8	84,86	1,84	8	88,93	1,14	0,45
X5	MCH	8	29,40	0,39	8	29,99	0,47	0,25
X6	MCHC	8	34,46	0,38	8	33,98	0,28	-0,26
X7	PLT	8	218,38	13,48	8	226,38	23,59	0,08
X8	RDW-SD	8	39,46	0,83	8	39,61	0,94	0,03
X9	RDW-CV	8	13,03	0,19	8	12,54	0,18	-0,44
X10	PDW	8	13,34	0,74	8	12,44	0,80	-0,22
X11	MPV	8	11,13	0,43	8	10,53	0,39	-0,27
X12	P-LCR	8	30,80	3,11	8	28,53	3,12	-0,14
X13	PCT	8	0,24	0,01	8	0,25	0,01	0,06
X14	АлАТ	8	14,13	1,59	8	23,91	2,02	0,71
X15	АсАТ	8	21,85	2,84	8	22,29	2,01	0,03
X16	Креатинкиназа МВ	8	13,28	1,90	8	14,68	2,87	0,11
X17	Креатинкиназа	8	135,88	19,36	8	150,25	22,54	0,13
X18	Лактат	8	2,15	0,15	8	2,23	0,24	0,08
X19	Тестостерон	8	0,91	0,30	8	0,75	0,13	-0,13
X20	ТТГ	8	2,27	0,56	8	2,14	0,39	-0,05
X21	Кортизол	8	370,01	27,21	8	271,70	68,26	-0,34

Как видно из таблицы 4.6 результаты средних концентраций клинико-биохимических показателей у гена IL15RA представлены T/T и T/G генотипами, G/G вариант у спортсменок выявлен не был. Стоит отметить, что в гематологической группе данного гена не было замечено существенной разницы в максимальной разнице между отдельными маркерами, все показатели представлены примерно равными значениями, которые составили меньше 7%. Среди биохимических маркеров выраженная разница проявилась у аланинаминотрансферазы, которая составила 40,9%, а в группе гормонов у кортизола, которая составила 26,6%. Наибольшая активность ALT представлена T/G генотипным вариантом, а кортизола - T/T вариантом гена IL15RA.

Таблица 4.7

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена L3MBTL4 у спортсменок циклических видов спорта

Ген 6 L3MBTL4		**G/G**			**G/T**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	11	4,59	0,09	6	4,42	0,16	-0,24
X2	HGB	11	127,27	1,33	6	122,00	2,21	-0,49
X3	HCT	11	39,83	0,84	6	39,22	1,41	-0,10
X4	MCV	11	86,15	1,51	6	88,73	1,41	0,28
X5	MCH	11	29,51	0,38	6	30,13	0,43	0,26
X6	MCHC	11	34,30	0,26	6	33,98	0,45	-0,17
X7	PLT	11	232,91	18,11	6	213,83	16,38	-0,18
X8	RDW-SD	11	38,87	0,69	6	40,83	0,83	0,41
X9	RDW-CV	11	12,71	0,19	6	12,87	0,18	0,14
X10	PDW	11	12,43	0,74	6	13,48	0,49	0,25
X11	MPV	11	10,66	0,42	6	11,00	0,22	0,14
X12	P-LCR	11	27,32	2,80	6	33,32	1,97	0,35
X13	PCT	11	0,25	0,01	6	0,23	0,01	-0,27
X14	АлАТ	11	20,53	2,00	6	17,23	3,17	-0,23
X15	АсАТ	11	23,26	1,95	6	19,93	2,71	-0,25
X16	Креатинкиназа МВ	11	15,16	2,37	6	13,27	1,94	-0,14
X17	Креатинкиназа	11	160,45	14,97	6	111,17	23,23	-0,43
X18	Лактат	11	2,33	0,20	6	2,06	0,12	-0,24
X19	Тестостерон	11	0,85	0,10	6	0,91	0,43	0,05
X20	ТТГ	11	2,07	0,29	6	2,34	0,75	0,10
X21	Кортизол	11	311,74	53,03	6	297,63	53,22	-0,04

Из представленных результатов таблицы 4.7 средние концентрации лабораторных маркеров у гена L3MBTL4 представлены G/G и G/T генотипами. Гомозиготный мутантный T/T вариант у спортсменок не выявлен. Наибольшая разница в сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у показателя P-LCR: 18%, максимальная концентрация которого представлена гетерозиготным вариантом. В биохимических показателях максимальная разница представлена у креатинфосфокиназы, составившая 30,7%. В отличие от P-LCR наибольшая его активность выявлена в гомозиготном генотипном варианте. В гормональной группе исследований максимальную разницу показал тиреотропный гормон, которая составила 11,5%. Его высокие значения представлены у G/T варианта гена L3MBTL4.

Таблица 4.8

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена PPARA у спортсменок циклических видов спорта

Ген 7 PPARA(rs4253778)_G2528		**G/G**			**G/C**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**M**	**Corr**
X1	RBC	13	4,58	0,10	4	4,36	0,11	-0,29
X2	HGB	13	125,54	1,53	4	125,00	2,65	-0,04
X3	HCT	13	39,55	0,74	4	39,83	2,10	0,04
X4	MCV	13	87,18	1,17	4	86,68	3,19	-0,05
X5	MCH	13	29,85	0,33	4	29,33	0,64	-0,19
X6	MCHC	13	34,26	0,24	4	33,95	0,61	-0,15
X7	PLT	13	225,08	16,36	4	229,75	17,57	0,04
X8	RDW-SD	13	39,12	0,61	4	41,00	1,30	0,35
X9	RDW-CV	13	12,65	0,16	4	13,13	0,17	0,37
X10	PDW	13	12,84	0,67	4	12,68	0,38	-0,03
X11	MPV	13	10,82	0,36	4	10,65	0,12	-0,07
X12	P-LCR	13	29,51	2,65	4	29,20	1,52	-0,02
X13	PCT	13	0,25	0,01	4	0,25	0,02	-0,01
X14	АлАТ	13	19,38	1,85	4	19,33	4,60	0,00
X15	АсАТ	13	22,61	1,87	4	20,40	3,18	-0,15
X16	Креатинкиназа МВ	13	15,45	2,03	4	11,38	2,10	-0,26

X17	Креатинкиназа	13	151,77	15,73	4	114,75	24,96	-0,29
X18	Лактат	13	2,34	0,17	4	1,89	0,10	-0,35
X19	Тестостерон	13	0,73	0,11	4	1,34	0,53	0,42
X20	ТТГ	13	2,35	0,39	4	1,56	0,27	-0,27
X21	Кортизол	13	298,22	43,52	4	334,53	89,25	0,10

Из представленных результатов в табл.4.8 средние концентрации исследованных маркеров у гена PPARA представлены G/G и G/C генотипами. Гомозиготный C/C вариант у спортсменок выявлен не был. Наибольшая разница в сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у показателя эритроцитов: 4,8%, максимальная концентрация которого представлена гомозиготным вариантом. В биохимических показателях максимальная разница разделилась примерно в равных значениях между двумя показателями у СК-МВ, составившей 26,3% и у СК: 24%. Их максимальная концентрация также представлена гомозиготными генотипами. Значительную разницу среди исследованных гормонов мы выявили у тестостерона, которая составила 45,5%. Его высокие значения представлены G/C вариантом гена PPARA.

Таблица 4.9

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена PPARGC1A у спортсменок циклических видов спорта

Ген 8 PPARGC1A (rs8192678_Gly482Ser)		**G/G**			**G/A**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**M**	**Corr**
X1	RBC	7	4,35	0,08	9	4,64	0,12	0,44
X2	HGB	7	123,57	2,69	9	127,67	0,53	0,41
X3	HCT	7	39,00	1,04	9	40,14	1,10	0,19
X4	MCV	7	87,31	2,06	9	87,46	1,33	0,02
X5	MCH	7	30,01	0,46	9	29,60	0,41	-0,18
X6	MCHC	7	34,13	0,35	9	34,11	0,32	-0,01
X7	PLT	7	225,86	15,53	9	219,56	20,81	-0,06
X8	RDW-SD	7	40,63	1,01	9	39,04	0,62	-0,35
X9	RDW-CV	7	13,14	0,22	9	12,48	0,12	-0,60
X10	PDW	7	13,87	0,54	9	12,37	0,72	-0,39

X11	MPV	7	11,39	0,37	9	10,52	0,35	-0,41
X12	P-LCR	7	33,20	2,39	9	28,11	2,78	-0,34
X13	PCT	7	0,25	0,01	9	0,24	0,01	-0,23
X14	АлАТ	7	14,56	2,81	9	23,07	1,53	0,60
X15	АсАТ	7	20,23	2,14	9	22,00	1,95	0,16
X16	Креатинкиназа МВ	7	13,89	1,83	9	16,30	2,44	0,20
X17	Креатинкиназа	7	120,00	21,01	9	159,56	18,79	0,35
X18	Лактат	7	2,00	0,11	9	2,34	0,22	0,32
X19	Тестостерон	7	0,64	0,12	9	1,06	0,27	0,33
X20	ТТГ	7	2,71	0,63	9	1,74	0,29	-0,37
X21	Кортизол	7	342,54	63,61	9	273,46	53,20	-0,22

Как видно из таблицы 4.9 результаты средних концентраций клинико-биохимических показателей у гена PPARGC1A представлены G/G и G/A генотипами, A/A вариант у спортсменок выявлен не был. Наибольшая разница в сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у показателя коэффициента крупных тромбоцитов: 15,3%, максимальная концентрация которого представлена гомозиготным вариантом. В биохимической группе у ALT: 37%, в группе гормонов у тестостерона: 39,6%. Наибольшая активность ALT и тестостерона представлена G/A генотипными вариантами гена PPARGC1A.

Таблица 4.10

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена UCP2 у спортсменок циклических видов спорта.

Ген 9 UCP2(rs660339)_C>T		**C/C**			**T/T**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**M**	**Corr**
X1	RBC	6	4,52	0,15	5	4,45	0,10	-0,12
X2	HGB	6	124,67	2,47	5	124,20	1,66	-0,05
X3	HCT	6	41,10	1,24	5	39,18	1,49	-0,32
X4	MCV	6	88,08	1,99	5	84,72	2,10	-0,36
X5	MCH	6	30,18	0,51	5	29,34	0,33	-0,40
X6	MCHC	6	34,33	0,50	5	34,26	0,30	-0,04
X7	PLT	6	207,00	13,94	5	232,80	29,28	0,27
X8	RDW-SD	6	40,22	0,59	5	38,10	0,78	-0,59
X9	RDW-CV	6	12,67	0,08	5	12,78	0,29	0,14
X10	PDW	6	13,17	0,55	5	13,38	1,13	0,06

X11	MPV	6	10,87	0,26	5	11,24	0,68	0,18
X12	P-LCR	6	31,78	2,47	5	30,16	3,98	-0,12
X13	PCT	6	0,23	0,01	5	0,25	0,02	0,38
X14	АлАТ	6	16,23	1,82	5	19,38	3,56	0,27
X15	АсАТ	6	19,87	2,76	5	21,46	1,62	0,16
X16	Креатинкиназа МВ	6	15,72	1,01	5	17,88	3,35	0,22
X17	Креатинкиназа	6	127,50	24,73	5	144,40	26,97	0,15
X18	Лактат	6	2,12	0,11	5	2,35	0,41	0,19
X19	Тестостерон	6	0,76	0,43	5	0,91	0,17	0,10
X20	ТТГ	6	2,72	0,78	5	2,06	0,46	-0,22
X21	Кортизол	6	411,00	58,05	5	237,02	71,34	-0,54

Как видно из представленной таблицы 4.10, результаты средних концентраций клинико-биохимических показателей у гена UCP2 у женщин представлены только гомозиготными вариантами генотипов С/С и Т/Т генотипами, гетерозиготный вариант С/Т у спортсменок выявлен не был. Исходя из результатов гемограммы, количество тромбоцитов в зависимости от генотипного варианта гена UCP2 показывает, что наибольшая концентрация тромбоцитов у спортсменов женского пола характерна для носителей Т/Т генотипа данного гена по сравнению с С/С генотипом. Эта разница составляет 10,8%. Остальные гематологические биомаркеры не показали существенной межгенотипной разницы.

Что касается ферментов самая высокая разница в содержании выявлена в у аланинаминотрасферазы. Она составила 16,2% между носителями двух гомозиготных генотипов, из которых наибольшее количество ALT выявлено в Т/Т генотипном варианте.

Среди гормонов выявленная разница была максимальной у кортизола: 42,3%. Наибольшая его концентрация встретилась среди носителей С/С генотипа, а наименьшая представлена Т/Т генотипом.

Таблица 4.11

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена PPARG2 у спортсменок циклических видов спорта.

Ген 10 PPARG2 (rs1801282)_C34G		C/C			C/G			
		n	M	m	N	M	m	Corr
X1	RBC	14	4,56	0,09	3	4,40	0,11	-0,22
X2	HGB	14	125,07	1,52	3	127,00	1,73	0,09
X3	HCT	14	39,44	0,78	3	40,43	2,05	0,00
X4	MCV	14	87,33	1,16	3	85,83	3,78	0,01
X5	MCH	14	29,77	0,32	3	29,53	0,76	0,03
X6	MCHC	14	34,12	0,24	3	34,50	0,70	0,04
X7	PLT	14	230,57	13,66	3	205,67	40,88	-0,16
X8	RDW-SD	14	39,52	0,55	3	39,77	2,34	0,09
X9	RDW-CV	14	12,75	0,15	3	12,83	0,41	0,05
X10	PDW	14	12,57	0,54	3	13,87	1,57	0,30
X11	MPV	14	10,69	0,31	3	11,20	0,70	0,22
X12	P-LCR	14	28,69	2,19	3	32,90	5,78	0,27
X13	PCT	14	0,25	0,01	3	0,23	0,03	-0,18
X14	АлАТ	14	17,78	1,73	3	26,77	2,58	0,54
X15	АсАТ	14	21,41	1,88	3	25,27	0,49	0,21
X16	Креатинкиназа МВ	14	15,41	1,85	3	10,20	2,97	-0,36
X17	Креатинкиназа	14	136,57	14,74	3	173,33	35,05	0,23
X18	Лактат	14	2,32	0,15	3	1,82	0,16	-0,39
X19	Тестостерон	14	0,87	0,19	3	0,85	0,15	0,03
X20	ТТГ	14	2,22	0,38	3	1,90	0,08	-0,09
X21	Кортизол	14	329,60	37,45	3	200,17	128,13	-0,46

Результаты, представленные в таблице 4.11, показывают, что средние концентрации клинико-биохимических показателей у гена PPARG2 у женщин представлены только нормальными и гетерозиготными вариантами генотипов C/C и C/G, мутантный вариант G/G у спортсменок выявлен не был. Исходя из результатов гемограммы, наибольшая разница в сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у показателя коэффициента крупных тромбоцитов P-LCR в зависимости от генотипного варианта гена PPARG2.

Наибольшая концентрация P-LCR у спортсменов женского пола характерна для носителей C/G генотипа данного гена по сравнению с C/C генотипом. Эта разница составляет 12,7%.

Что касается биохимических маркеров самая высокая разница выявлена в содержании СК-МВ. Она составила 33,8% между носителями обоих генотипов, из которых наибольшее количество СК-МВ выявлено в C/C генотипном варианте.

Среди гормонов выявленная разница была максимальной у кортизола: 39,2%. Наибольшая его концентрация также наблюдалась среди носителей C/C генотипа, а наименьшая представлена C/G генотипом гена PPARG2.

Таблица 4.12

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена MTHFR у спортсменок циклических видов спорта.

Ген 11 MTHFR (rs1801133)_Ala222Val		**C/C**			**C/T**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	9	4,48	0,11	6	4,58	0,16	0,14
X2	HGB	9	125,67	2,19	6	125,83	1,14	0,02
X3	HCT	9	40,06	1,06	6	39,23	1,34	-0,13
X4	MCV	9	87,39	1,44	6	87,28	2,28	-0,01
X5	MCH	9	29,87	0,39	6	29,50	0,57	-0,15
X6	MCHC	9	34,21	0,32	6	33,85	0,37	-0,20
X7	PLT	9	230,89	16,95	6	197,33	19,23	-0,34
X8	RDW-SD	9	40,38	0,68	6	39,25	1,06	-0,25
X9	RDW-CV	9	12,90	0,18	6	12,75	0,20	-0,15
X10	PDW	9	13,11	0,57	6	13,53	0,79	0,12
X11	MPV	9	10,84	0,27	6	11,30	0,49	0,24
X12	P-LCR	9	31,63	2,32	6	30,73	3,15	-0,07
X13	PCT	9	0,25	0,01	6	0,24	0,01	-0,19
X14	АлАТ	9	20,26	2,43	6	17,90	3,36	-0,16
X15	АсАТ	9	20,69	1,66	6	22,15	3,00	0,13
X16	Креатинкиназа МВ	9	16,13	2,16	6	15,97	1,77	-0,02
X17	Креатинкиназа	9	123,44	17,27	6	171,50	26,00	0,41
X18	Лактат	9	2,44	0,19	6	1,91	0,14	-0,49
X19	Тестостерон	9	0,73	0,15	6	1,04	0,38	0,24
X20	ТТГ	9	2,42	0,50	6	1,95	0,45	-0,18
X21	Кортизол	9	290,64	44,27	6	354,47	81,51	0,20

Результаты, представленные в таблице 4.12, показывают, что средние концентрации клинико-биохимических показателей у гена MTHFR у женщин представлены только нормальными и гетерозиготными вариантами генотипов C/C и C/T, мутантный вариант T/T у спортсменок выявлен не был. Исходя из результатов гемограммы, наибольшая разница в сравнительных характеристиках гематологических анализов прослеживается у общего количества тромбоцитов в зависимости от генотипного варианта гена MTHFR. Наибольшая концентрация PLT у спортсменов женского пола характерна для носителей C/C генотипа данного гена по сравнению с C/T генотипом. Эта разница составляет 14,5%.

Что касается биохимических маркеров самая высокая разница выявлена в содержании креатинфосфокиназы. Она составила 28% между носителями двух генотипов, из которых наибольшее количество СК выявлено в гетерозиготном C/T генотипе.

Среди гормонов выявленная разница была максимальной у тестостерона: 32,5%. Наибольшая его концентрация также наблюдалась среди носителей C/T генотипа, а наименьшая представлена C/C генотипом гена MTHFR.

Таблица 4.13

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена VDR у спортсменок циклических видов спорта

Ген 12 VDR(rs1544410)G>A		**G/G**			**G/A**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	7	4,61	0,13	9	4,45	0,11	-0,23
X2	HGB	7	125,86	2,18	9	125,22	1,85	-0,06
X3	HCT	7	40,41	0,84	9	38,54	1,04	-0,34
X4	MCV	7	87,93	1,40	9	87,47	1,46	-0,06
X5	MCH	7	29,77	0,23	9	29,79	0,52	0,01
X6	MCHC	7	33,89	0,37	9	34,31	0,30	0,24
X7	PLT	7	249,14	15,75	9	209,56	20,00	-0,37
X8	RDW-SD	7	40,63	0,99	9	39,12	0,60	-0,34
X9	RDW-CV	7	12,94	0,21	9	12,53	0,15	-0,40
X10	PDW	7	12,44	0,80	9	12,93	0,77	0,12

X11	MPV	7	10,47	0,38	9	10,78	0,36	0,15
X12	P-LCR	7	28,83	3,17	9	30,26	3,07	0,08
X13	PCT	7	0,26	0,01	9	0,23	0,01	-0,35
X14	АлАТ	7	18,76	2,81	9	20,76	2,25	0,15
X15	АсАТ	7	24,66	2,66	9	20,49	2,05	-0,32
X16	Креатинкиназа МВ	7	13,66	3,13	9	14,63	2,06	0,07
X17	Креатинкиназа	7	126,71	18,30	9	153,00	21,36	0,23
X18	Лактат	7	2,43	0,26	9	2,15	0,14	-0,25
X19	Тестостерон	7	0,96	0,35	9	0,83	0,13	-0,10
X20	ТТГ	7	2,04	0,35	9	2,36	0,52	0,13
X21	Кортизол	7	289,91	43,84	9	306,94	64,43	0,05

Как видно из результатов, представленных в таблице 4.13, средние концентрации клинико-биохимических показателей у гена VDR у женщин представлены только нормальными и гетерозиготными вариантами генотипов G/G и G/A, мутантный вариант A/A у спортсменок выявлен не был. Исходя из результатов гемограммы, наибольшая разница в сравнительных характеристиках гематологических анализов прослеживается у общего количества тромбоцитов в зависимости от генотипного варианта гена VDR. Наибольшая концентрация PLT у спортсменов женского пола характерна для носителей G/G генотипа данного гена по сравнению с гетерозиготным генотипом. Эта разница составляет 15,8%.

Что касается биохимических маркеров самая высокая разница выявлена в содержании креатинфосфокиназы. Она составила 17,1% между носителями двух генотипов, из которых наибольшее количество СК выявлено в гетерозиготном G/A генотипе.

Среди гормонов выявленная разница была максимальной одновременно у двух маркеров: тестостерона - 13,5% и тиреотропного гормона – 13,5%. Наибольшая его концентрация наблюдалась среди носителей гомозиготного G/G генотипа у тестостерона и гетерозиготного G/A генотипа у ТТГ.

Таблица 4.14

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена HIF1A у спортсменок циклических видов спорта

Ген 13 HIF1A (rs11549465)_C1772T		**C/C**			**C/T**			
		n	**M**	**M**	**N**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	14	4,57	0,09	3	4,34	0,06	-0,28
X2	HGB	14	125,29	1,49	3	126,00	2,65	0,05
X3	HCT	14	39,77	0,85	3	38,87	0,82	-0,12
X4	MCV	14	86,51	1,25	3	89,67	2,12	0,27
X5	MCH	14	29,64	0,34	3	30,13	0,33	0,16
X6	MCHC	14	34,31	0,25	3	33,63	0,53	-0,28
X7	PLT	14	237,00	13,68	3	175,67	19,06	-0,45
X8	RDW-SD	14	39,51	0,63	3	39,80	1,66	0,05
X9	RDW-CV	14	12,82	0,16	3	12,50	0,20	-0,23
X10	PDW	14	12,40	0,53	3	14,67	1,18	0,42
X11	MPV	14	10,59	0,30	3	11,67	0,47	0,37
X12	P-LCR	14	27,58	2,08	3	38,10	3,11	0,49
X13	PCT	14	0,25	0,01	3	0,21	0,01	-0,52
X14	АлАТ	14	18,88	1,87	3	21,63	4,65	0,15
X15	АсАТ	14	22,04	1,74	3	22,33	4,64	0,02
X16	Креатинкиназа МВ	14	14,10	1,90	3	16,33	3,63	0,13
X17	Креатинкиназа	14	125,50	11,91	3	225,00	1,53	0,70
X18	Лактат	14	2,27	0,16	3	2,06	0,24	-0,14
X19	Тестостерон	14	0,90	0,18	3	0,73	0,18	-0,10
X20	ТТГ	14	2,21	0,38	3	1,96	0,22	-0,08
X21	Кортизол	14	319,65	41,57	3	246,60	106,01	-0,18

Как видно из представленной таблицы 4.14, результаты средних концентраций клинико-биохимических показателей у гена HIF1A у спортсменок циклических видов спорта представлены только C/C и C/T генотипами, гомозиготный

вариант Т/Т у спортсменок выявлен не был. Исходя из результатов гемограммы, количество тромбоцитов и коэффициент крупных тромбоцитов показали максимальную разницу в зависимости от генотипных вариантов гена HIF1A. Наибольшая концентрация тромбоцитов у спортсменов женского пола характерна для носителей С/С генотипа данного гена по сравнению с С/Т генотипом. Эта разница составляет 25,8%. Остальные гематологические биомаркеры не показали существенной межгенотипной разницы.

Что касается ферментов, самая высокая разница в содержании их концентрации выявлена в у креатинфосфокиназы. Она составила 44,2%, из которых наибольшее количество СК выявлено в гетерозиготном С/Т генотипном варианте.

Среди гормонов выявленная разница была максимальной у кортизола: 22,8%. Наибольшая его концентрация установлена среди носителей С/С генотипа, а наименьшая представлена С/Т генотипом гена HIF1A.

Таблица 4.15

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена ADRB2(rs1042714) у спортсменок циклических видов спорта

Ген 14 ADRB2(rs1042714)C>G		**C/C**			**C/G**			
		n	**M**	**M**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	6	4,58	0,15	9	4,54	0,11	-0,05
X2	HGB	6	126,00	2,65	9	126,11	1,17	0,01
X3	HCT	6	40,92	1,66	9	39,13	0,72	-0,30
X4	MCV	6	83,77	1,94	9	89,20	1,25	0,57
X5	MCH	6	29,13	0,33	9	29,91	0,43	0,34
X6	MCHC	6	34,52	0,38	9	33,77	0,27	-0,41
X7	PLT	6	214,17	7,21	9	251,67	18,53	0,40
X8	RDW-SD	6	39,50	0,93	9	39,99	0,85	0,10
X9	RDW-CV	6	13,17	0,21	9	12,62	0,16	-0,51

X10	PDW	6	13,82	0,46	9	11,36	0,47	-0,70
X11	MPV	6	11,38	0,38	9	10,04	0,26	-0,64
X12	P-LCR	6	31,93	2,27	9	24,70	2,18	-0,52
X13	PCT	6	0,25	0,01	9	0,26	0,01	0,26
X14	АлАТ	6	14,57	2,37	9	22,29	2,08	0,56
X15	АсАТ	6	22,33	1,87	9	22,67	2,60	0,03
X16	Креатинкиназа МВ	6	15,73	1,42	9	14,37	2,99	-0,10
X17	Креатинкиназа	6	136,67	26,06	9	143,89	16,47	0,07
X18	Лактат	6	2,10	0,13	9	2,38	0,23	0,24
X19	Тестостерон	6	0,58	0,13	9	1,12	0,25	0,42
X20	ТТГ	6	1,78	0,16	9	2,01	0,37	0,13
X21	Кортизол	6	337,78	33,91	9	305,66	63,30	-0,11

Из представленных результатов в табл. 4.15 видно, что средние концентрации исследованных маркеров у гена ADRB2(rs1042714) представлены C/C и C/G генотипами. Гомозиготный G/G вариант у спортсменок выявлен не был. Исходя из результатов гемограммы, коэффициент крупных тромбоцитов показал максимальную разницу в зависимости от генотипных вариантов гена HIF1A. Наибольшая концентрация этого показателя у спортсменов женского пола характерна для носителей C/C генотипа данного гена по сравнению с C/T генотипом. Эта разница составляет 22,6%.

Самая высокая разница в зависимости от генотипных вариантов в биохимической группе выявлена у ALT. Она составила 33,8%, из которых наибольшее количество фермента представлено гетерозиготным C/G генотипным вариантом.

Среди гормонов довольно значительную разницу показал тестостерон: 48,2%. Наибольшая его концентрация выявлена среди носителей C/G генотипа, а наименьшая представлена C/C генотипом гена ADRB2(rs1042714).

Таблица 4.16

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена ADRB2(rs1042713) у спортсменок циклических видов спорта

Ген 15 ADRB2(rs1042713)A>G		A/A			A/G			G/G			
		n	M	m	n	M	m	n	M	M	Corr
X1	RBC	3	4,39	0,10	9	4,60	0,14	5	4,48	0,10	0,26
X2	HGB	3	127,0	3,00	9	125,3	1,05	5	124,6	3,89	-0,17
X3	HCT	3	41,03	1,87	9	39,48	1,20	5	39,00	0,51	-0,48
X4	MCV	3	87,50	4,19	9	86,90	1,52	5	87,10	1,79	-0,04
X5	MCH	3	29,57	0,79	9	29,52	0,40	5	30,20	0,53	0,27
X6	MCHC	3	33,93	0,83	9	34,01	0,29	5	34,66	0,34	0,36
X7	PLT	3	195,3	5,36	9	241,0	17,7	5	218,0	29,7	0,23
X8	RDW-SD	3	40,47	0,99	9	39,39	0,83	5	39,34	1,23	-0,25
X9	RDW-CV	3	12,77	0,07	9	12,78	0,20	5	12,74	0,31	-0,03
X10	PDW	3	13,10	0,44	9	12,11	0,52	5	13,86	1,44	0,16
X11	MPV	3	10,97	0,24	9	10,53	0,37	5	11,12	0,68	0,07
X12	P-LCR	3	31,83	3,18	9	26,20	1,78	5	33,82	5,59	0,10
X13	PCT	3	0,22	0,01	9	0,26	0,01	5	0,24	0,02	0,24
X14	АлАТ	3	19,93	3,88	9	20,62	2,52	5	16,76	3,08	-0,25
X15	АсАТ	3	22,87	4,78	9	21,70	1,79	5	22,32	3,93	-0,04
X16	Креатинкиназа МВ	3	18,57	1,41	9	15,30	2,62	5	10,60	2,33	-0,71
X17	Креатинкиназа	3	210,3	13,2	9	126,8	15,8	5	132,0	27,1	-0,65
X18	Лактат	3	2,24	0,08	9	2,24	0,24	5	2,22	0,23	-0,03

X19	Тестостерон	3	0,59	0,12	9	1,07	0,27	5	0,68	0,16	0,16
X20	ТТГ	3	1,92	0,21	9	1,65	0,29	5	3,23	0,77	0,46
X21	Кортизол	3	378,8	62,9	9	261,5	47,2	5	344,9	92,1	-0,10

Из представленных результатов в табл. 4.16 видно, что средние концентрации исследованных маркеров у спортсменок для гена ADRB2(rs1042713) представлены всеми тремя генотипными вариантами A/A, A/G, G/G. Исходя из результатов гемограммы, коэффициент крупных тромбоцитов показал максимальную разницу в зависимости от генотипных вариантов гена ADRB2(rs1042713). Наибольшая концентрация этого показателя у спортсменов женского пола характерна для носителей G/G генотипа данного гена, а наименьшая - для носителей A/G генотипа. Эта разница составляет 22,5%.

Самая высокая разница в зависимости от генотипных вариантов в биохимической группе выявлена у фермента креатинкиназа фракции МВ. Она составила 42,9%, из которых наибольшее количество фермента представлено гомозиготным A/A генотипом, а наименьшее гомозиготным G/G генотипом.

Среди гормонов довольно значительную разницу показал тиреотропный гормон 48,9%. Наибольшая его концентрация выявлена среди носителей G/G генотипа, а наименьшая представлена A/G генотипом гена ADRB2(rs1042713).

Таблица 4.17

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена NOS3 у спортсменок циклических видов спорта

Ген 16 NOS3(rs2070744)_C-786T		**T/T**			**C/T**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	8	4,52	0,07	9	4,54	0,14	0,04
X2	HGB	8	125,88	1,34	9	125,00	2,19	-0,09
X3	HCT	8	40,85	0,79	9	38,51	1,06	-0,41
X4	MCV	8	86,30	2,14	9	87,74	0,98	0,16
X5	MCH	8	29,75	0,39	9	29,71	0,44	-0,02

X6	MCHC	8	34,31	0,37	9	34,08	0,29	-0,13
X7	PLT	8	257,63	14,39	9	198,22	16,24	-0,57
X8	RDW-SD	8	39,30	1,03	9	39,80	0,62	0,11
X9	RDW-CV	8	12,79	0,21	9	12,74	0,18	-0,04
X10	PDW	8	11,49	0,60	9	13,97	0,60	0,60
X11	MPV	8	10,28	0,46	9	11,23	0,27	0,43
X12	P-LCR	8	23,76	1,97	9	34,48	2,41	0,66
X13	PCT	8	0,26	0,01	9	0,23	0,01	-0,45
X14	АлАТ	8	19,25	2,29	9	19,47	2,61	0,02
X15	АсАТ	8	22,63	2,51	9	21,61	2,12	-0,08
X16	Креатинкиназа МВ	8	12,69	3,03	9	16,10	1,59	0,26
X17	Креатинкиназа	8	132,38	12,17	9	152,56	23,65	0,19
X18	Лактат	8	2,17	0,26	9	2,29	0,12	0,12
X19	Тестостерон	8	1,01	0,29	9	0,75	0,15	-0,21
X20	ТТГ	8	2,08	0,42	9	2,23	0,48	0,06
X21	Кортизол	8	354,80	65,49	9	264,06	40,84	-0,30

Из представленных результатов в табл. 4.17 видно, что средние концентрации исследованных маркеров у гена NOS3 представлены Т/Т и С/Т генотипами. Гомозиготный С/С вариант у спортсменок не был представлен. Исходя из результатов гемограммы, коэффициент крупных тромбоцитов показал максимальную разницу в зависимости от генотипных вариантов гена NOS3. Наибольшая концентрация этого показателя у спортсменов женского пола характерна для носителей С/Т генотипа данного гена по сравнению с Т/Т генотипом. Эта разница составляет 31,1%.

Самая высокая разница в зависимости от генотипных вариантов в биохимической группе выявлена у показателя СК МВ. Она составила 21,2%, из которых наибольшее количество фермента представлено гетерозиготным С/Т генотипным вариантом.

Среди гормонов высокую разницу продемонстрировали два гормона примерно в одинаковых количествах. Это тестостерон (25,7%) и кортизол (25,6%). Как у тестостерона, так и у кортизола наибольшая концентрация количества данных маркеров выявлена среди носителей Т/Т генотипа, а наименьшая представлена С/Т генотипом гена NOS3.

Таблица 4.18

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена ACE у мужчин -спортсменов циклических видов спорта

Ген 1 ACE(rs4646994)_Alu_Ins/Del		Ins/Ins			Ins/Del			Del/Del			
		n	M	m	N	M	m	n	M	M	Corr
X1	RBC	8	5,22	0,09	20	5,45	0,06	15	5,47	0,08	0,39
X2	HGB	8	142,1	1,71	20	147,95	1,12	15	144,47	1,39	0,22
X3	HCT	8	43,68	1,03	20	45,89	0,45	15	44,57	0,50	0,19
X4	MCV	8	84,55	1,19	20	83,50	0,54	15	82,52	0,85	-0,29
X5	MCH	8	28,93	0,28	20	28,83	0,26	15	28,35	0,32	-0,25
X6	MCHC	8	34,39	0,32	20	34,95	0,24	15	34,44	0,25	0,03
X7	PLT	8	233,1	14,11	20	239,75	12,0	15	217,53	12,51	-0,17
X8	RDW-SD	8	39,99	0,68	20	39,84	0,39	15	39,07	0,47	-0,24
X9	RDW-CV	8	13,31	0,15	20	13,20	0,14	15	13,29	0,26	-0,01
X10	PDW	8	13,84	0,60	20	12,46	0,29	15	13,67	0,64	-0,04
X11	MPV	8	11,16	0,24	20	10,42	0,16	15	12,94	1,95	0,14
X12	P-LCR	8	34,15	1,94	20	29,66	1,41	15	31,43	3,10	-0,13
X13	PCT	8	0,25	0,01	20	0,25	0,01	15	0,24	0,01	-0,18
X14	АлАТ	8	28,76	6,83	20	26,97	3,58	15	25,05	4,97	-0,10
X15	АсАТ	8	27,21	2,73	20	79,28	8,80	15	99,97	9,67	0,07
X16	Креатинкиназа МВ	8	15,84	2,33	20	74,87	9,81	15	86,83	9,29	0,14
X17	Креатинкиназа	8	280,3	64,35	20	159,75	18,3	15	410,07	248,09	0,14
X18	Лактат	8	2,37	0,27	20	2,47	0,19	15	2,54	0,19	0,11

X19	Тестостерон	8	17,50	2,12	20	16,49	1,37	15	21,97	1,99	0,30
X20	ТТГ	8	2,07	0,21	20	2,00	0,22	15	2,00	0,24	-0,03
X21	Кортизол	8	539,0	66,83	20	424,53	30,6	15	315,03	49,28	-0,05

Как видно из представленной таблицы 4.18, средние концентрации исследованных маркеров у спортсменов-мужчин для гена ACE представлены всеми тремя генотипными вариантами Ins/Ins, Ins/Del, Del/Del. Исходя из результатов гемограммы, средний объем тромбоцитов MPV показал максимальную разницу в зависимости от генотипных вариантов гена ACE. Максимальные показатели характерны для носителей Del/Del генотипа данного гена по сравнению с Ins/Del генотипом. Эта разница составляет 19,47%. Что касается биохимической группы довольно высокая разница присутствовала в концентрации двух маркеров: СК-МВ и AST. Она составила 81,7% для СК-МВ, из которых наибольшее количество СК-МВ выявлено в Del/Del генотипном варианте, а наименьшее – в Ins/Del генотипе. А для AST разница составила 72,8%. Наибольшая концентрация этого фермента также представлена носителями Del/Del генотипного варианта, а наименьшая - Ins/Ins генотипом.

Среди гормонов выявленная разница была максимальной у кортизола: 41,6%. Наибольшая его концентрация встретилась среди носителей Del/Del генотипа, а наименьшая представлена Ins/Ins генотипом.

Таблица 4.19

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена ACTN3 у мужчин -спортсменов циклических видов спорта

Ген 2 ACTN3_Arg (C)577Ter(T)		C/C			C/T			T/T			
		n	M	m	n	M	m	n	M	m	Corr
X1	RBC	18	5,40	0,06	19	5,40	0,08	6	5,50	0,07	0,20
X2	HGB	18	143,44	1,43	19	147,37	1,16	6	146,83	1,11	0,27
X3	HCT	18	45,07	0,48	19	44,85	0,66	6	45,38	0,41	0,08
X4	MCV	18	83,56	0,82	19	83,41	0,62	6	82,57	0,88	-0,14
X5	MCH	18	28,48	0,26	19	28,82	0,27	6	28,80	0,45	0,13
X6	MCHC	18	34,08	0,20	19	35,14	0,21	6	34,90	0,37	0,40
X7	PLT	18	202,94	7,48	19	252,16	12,08	6	246,50	20,17	0,47
X8	RDW-SD	18	39,63	0,41	19	39,51	0,41	6	39,78	0,93	0,04
X9	RDW-CV	18	13,19	0,10	19	13,28	0,22	6	13,35	0,30	0,14
X10	PDW	18	13,73	0,54	19	12,52	0,32	6	13,33	0,68	-0,08
X11	MPV	18	11,02	0,23	19	11,98	1,57	6	10,93	0,32	-0,04
X12	P-LCR	18	33,46	1,86	19	28,46	2,17	6	32,47	2,52	-0,06
X13	PCT	18	0,22	0,01	19	0,26	0,01	6	0,27	0,02	0,48
X14	АлАТ	18	26,68	4,41	19	24,42	2,70	6	33,48	11,44	0,14
X15	АсАТ	18	25,89	2,58	19	27,55	2,42	6	51,65	25,71	0,35
X16	Креатинкиназа МВ	18	15,61	1,82	19	17,43	1,17	6	27,23	10,66	0,35
X17	Креатинкиназа	18	207,28	52,02	19	216,37	26,99	6	859,00	590,15	0,33
X18	Лактат	18	2,49	0,17	19	2,53	0,22	6	2,27	0,21	-0,15
X19	Тестостерон	18	19,24	1,73	19	17,93	1,60	6	18,73	3,02	-0,03
X20	ТТГ	18	1,88	0,12	19	2,16	0,26	6	1,91	0,41	0,03
X21	Кортизол	18	527,40	48,80	19	465,19	26,25	6	470,20	59,58	-0,13

В представленных результатах средних концентраций биомаркеров у гена ACTN видно, что они представлены у спортсменов-мужчин всеми тремя генотипными вариантами- C/C, C/T, T/T (табл.4.19). Наибольшая разница в сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у общего количества тромбоцитов. Составившей 19,4%, максимальная концентрация которого представлена носительством гетерозиготного C/T варианта, а минимальная – носительством генотипа C/C. Что касается биохимической группы довольно существенная разница выявлена у креатинфосфокиназы, составившей 75,9%. Наибольшее количество СК выявлено у носителей T/T генотипного варианта, а наименьшее – у носителей C/C генотипа. В гормональной группе исследований тиреотропный гормон TSH показал наибольшую разницу в сравнительном аспекте, которая составила 60%. Максимальная концентрация TSH представлена гетерозиготным вариантом, а наименьшее количество преобладает у носителей C/C генотипа.

Таблица 4.20

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена AMPD1 у мужчин - спортсменов циклических видов спорта

Ген 3		**C/C**			**C/T**			
AMPD1_Gln12Ter_C/T		**n**	**M**	**M**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	32	5,42	0,05	10	5,41	0,08	-0,02
X2	HGB	32	145,84	0,89	10	146,60	1,63	0,07
X3	HCT	32	45,06	0,41	10	45,22	0,67	0,03
X4	MCV	32	83,41	0,53	10	83,67	0,84	0,04
X5	MCH	32	28,73	0,19	10	28,85	0,26	0,05
X6	MCHC	32	34,80	0,18	10	34,48	0,24	-0,15
X7	PLT	32	237,97	8,67	10	216,30	14,00	-0,19
X8	RDW-SD	32	39,58	0,33	10	39,80	0,51	0,05

X9	RDW-CV	32	13,18	0,11	10	13,44	0,34	0,15
X10	PDW	32	13,14	0,35	10	12,81	0,50	-0,08
X11	MPV	32	10,76	0,16	10	13,57	2,94	0,26
X12	P-LCR	32	32,07	1,33	10	27,20	3,48	-0,24
X13	PCT	32	0,25	0,01	10	0,23	0,01	-0,23
X14	АлАТ	32	29,08	3,38	10	18,38	2,42	-0,26
X15	АсАТ	32	32,71	5,12	10	23,10	1,97	-0,16
X16	Креатинкиназа МВ	32	19,32	2,21	10	13,64	2,14	-0,21
X17	Креатинкиназа	32	369,84	113,58	10	195,30	20,42	-0,13
X18	Лактат	32	2,41	0,13	10	2,73	0,31	0,17
X19	Тестостерон	32	18,65	1,23	10	19,31	2,32	0,04
X20	ТТГ	32	1,93	0,15	10	2,29	0,35	0,17
X21	Кортизол	32	517,14	26,89	10	413,87	58,74	-0,27

Как видно из таблицы 4.20, результаты средних концентраций клинико-биохимических показателей у гена AMPD представлены С/С и С/Т генотипами, Т/Т вариант у спортсменов – мужчин, также, как и у женщин выявлен не был. Исходя из результатов гемограммы, средний объем тромбоцитов MPV показал максимальную разницу в зависимости от генотипных вариантов гена AMPD и составил 20,7%. Максимальные показатели характерны для носителей гетерозиготного варианта генотипа данного гена по сравнению с С/С генотипом. Что касается биохимической группы довольно высокая разница присутствовала в концентрации СК. Она составила 69,3%. При этом наибольшее количество СК выявлено в С/С генотипном варианте а наименьшее – в С/Т генотипе.

Среди гормонов выявленная разница была максимальной у кортизола: 19,4%. Преобладающая концентрация имела место среди носителей С/С генотипа, а наименьшая представлена гетерозиготным генотипом.

Таблица 4.21

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена CNTF у мужчин -спортсменов циклических видов спорта

Ген 4 CNTF_G-6A		G/G			A/A			
		n	M	m	n	M	m	Corr
X1	RBC	28	5,43	0,05	4	5,46	0,23	0,04
X2	HGB	28	145,32	1,21	4	148,75	0,48	0,19
X3	HCT	28	45,11	0,44	4	44,25	2,25	-0,11
X4	MCV	28	83,20	0,59	4	82,60	1,54	-0,07
X5	MCH	28	28,66	0,24	4	28,58	0,46	-0,02
X6	MCHC	28	34,80	0,22	4	34,90	0,31	0,03
X7	PLT	28	223,86	8,53	4	246,50	21,85	0,17
X8	RDW-SD	28	39,39	0,33	4	38,73	0,76	-0,13
X9	RDW-CV	28	13,23	0,15	4	13,18	0,05	-0,02
X10	PDW	28	13,18	0,33	4	13,68	0,87	0,10
X11	MPV	28	11,83	1,05	4	10,83	0,32	-0,06
X12	P-LCR	28	31,21	1,63	4	31,75	2,80	0,02
X13	PCT	28	0,24	0,01	4	0,26	0,02	0,10
X14	АлАТ	28	27,88	3,24	4	20,73	3,27	-0,15
X15	АсАТ	28	33,03	5,67	4	19,20	3,46	-0,16
X16	Креатинкиназа МВ	28	18,84	2,60	4	12,70	2,93	-0,16
X17	Креатинкиназа	28	404,14	131,10	4	212,50	10,09	-0,10
X18	Лактат	28	2,55	0,15	4	2,44	0,76	-0,04
X19	Тестостерон	28	18,65	1,35	4	19,93	3,73	0,06
X20	ТТГ	28	1,95	0,15	4	1,83	0,28	-0,05
X21	Кортизол	28	488,12	32,28	4	561,98	77,36	0,15

Из представленных результатов табл. 4.21, средние концентрации биомаркеров у гена CNTF представлены гомозиготными G/G и A/A генотипами. Гетерозиготный G /A вариант у спортсменов выявлен не был. Наибольшая разница в сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у показателя общего количества тромбоцитов PLT и составляет 9,2%, максимальная концентрация которого представлена гомозиготным A/A вариантом. В биохимических показателях максимальная разница представлена у кретинкиназы, составившая 52,6%. Наибольшая его активность выявлена в G/G варианте генотипа. В гормональной группе исследований максимальную разницу показал гормон стресса - кортизол,

которая составила 13,4%. Его высокие значения представлены A/A вариантом гена CNTF.

Таблица 4.22

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена IL15RA у мужчин - спортсменов циклических видов спорта

Ген5 IL15RA_T/G		G/G			T/T			
		n	M	m	n	M	m	Corr
X1	RBC	4	5,48	0,09	22	5,42	0,05	-0,10
X2	HGB	4	139,75	5,22	22	146,00	1,11	0,36
X3	HCT	4	44,70	1,76	22	45,65	0,41	0,16
X4	MCV	4	81,48	1,91	22	83,59	0,65	0,24
X5	MCH	4	27,88	1,01	22	28,62	0,23	0,22
X6	MCHC	4	34,18	0,78	22	34,63	0,23	0,15
X7	PLT	4	197,25	19,50	22	232,32	11,70	0,24
X8	RDW-SD	4	38,68	0,27	22	39,76	0,37	0,24
X9	RDW-CV	4	13,33	0,31	22	13,18	0,12	-0,10
X10	PDW	4	13,98	0,91	22	13,28	0,45	-0,12
X11	MPV	4	11,15	0,24	22	10,79	0,21	-0,14
X12	P-LCR	4	34,10	2,00	22	32,68	1,75	-0,07
X13	PCT	4	0,22	0,02	22	0,25	0,01	0,26
X14	АлАТ	4	30,38	2,83	22	25,33	3,64	-0,12
X15	АсАТ	4	29,80	4,25	22	26,32	2,30	-0,12
X16	Креатинкиназа МВ	4	17,90	2,54	22	16,21	1,50	-0,09
X17	Креатинкиназа	4	437,50	198,79	22	260,50	31,47	-0,32
X18	Лактат	4	2,73	0,79	22	2,52	0,14	-0,09
X19	Тестостерон	4	18,93	3,79	22	19,01	1,50	0,00
X20	ТТГ	4	1,84	0,11	22	1,74	0,14	-0,05
X21	Кортизол	4	483,53	46,72	22	531,25	41,68	0,10

Из результатов, представленных в табл. 4.22, средних концентраций биомаркеров у гена IL15RA видно, что у спортсменов-мужчин имеются два гомозиготных генотипных варианта- G/G и T/T. Генотип G/T у мужчин выявлен не был. Наибольшая разница в сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у общего количества тромбоцитов, составившей 15,1%, максимальная концентрация которого представлена носительством гомозиготного T/T варианта, а минимальная – носительством генотипа G/G соответственно. Что касается биохимической группы

максимальная разница выявлена у маркера креатинфосфокиназы, составившей 40,5%. Наибольшее количество СК выявлено у носителей G/G генотипного варианта, а наименьшее – у носителей T/T генотипа. В гормональной группе исследований гормон стресса - кортизол показал наибольшую разницу в сравнительном аспекте, которая составила 8,9%. Максимальная концентрация кортизола представлена T/T гомозиготным вариантом, а наименьшее количество преобладает у носителей G/G генотипа гена IL15RA соответственно.

Таблица 4.23

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена L3MBTL4 у мужчин - спортсменов циклических видов спорта

Ген6 L3MBTL4_G-T		G/G			G/T			
		n	M	m	n	M	m	Corr
X1	RBC	31	5,46	0,05	12	5,29	0,08	-0,27
X2	HGB	31	146,23	0,94	12	144,17	1,77	-0,17
X3	HCT	31	45,23	0,36	12	44,46	0,85	-0,15
X4	MCV	31	83,16	0,52	12	83,86	0,92	0,11
X5	MCH	31	28,79	0,18	12	28,39	0,40	-0,16
X6	MCHC	31	34,78	0,16	12	34,38	0,36	-0,18
X7	PLT	31	239,03	9,02	12	209,42	12,36	-0,27
X8	RDW-SD	31	39,56	0,32	12	39,70	0,56	0,04
X9	RDW-CV	31	13,26	0,15	12	13,23	0,11	-0,02
X10	PDW	31	12,64	0,29	12	14,43	0,61	0,43
X11	MPV	31	11,51	0,96	12	11,25	0,26	-0,03
X12	P-LCR	31	29,19	1,51	12	36,07	2,05	0,36
X13	PCT	31	0,25	0,01	12	0,24	0,01	-0,16
X14	АлАТ	31	27,39	3,23	12	24,67	4,78	-0,07
X15	АсАТ	31	32,69	5,30	12	23,84	1,58	-0,16
X16	Креатинкиназа МВ	31	18,87	2,35	12	15,87	1,51	-0,12
X17	Креатинкиназа	31	354,97	117,07	12	307,92	69,23	-0,04
X18	Лактат	31	2,53	0,16	12	2,33	0,12	-0,11
X19	Тестостерон	31	19,68	1,28	12	15,77	1,80	-0,25
X20	ТТГ	31	2,06	0,18	12	1,86	0,15	-0,10
X21	Кортизол	31	476,64	30,66	12	531,45	39,88	0,15

Из представленных результатов в таблице 4.23 средние концентрации лабораторных маркеров у гена L3MBTL4 также,

как и у женщин представлены G/G и G/T генотипами. Гомозиготный мутантный T/T вариант у спортсменов-мужчин не выявлен. Наибольшая разница в сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у показателей PLT и PDW, представленные в равных значениях (12,4%). Максимальная концентрация средней величины тромбоцитов представлена гомозиготным вариантом, минимальная же - гомозиготным соответственно. В биохимических показателях максимальная разница представлена у аспартатаминотрансферазы, составившей 27,1%. Наибольшая его активность выявлена в гомозиготном G/G генотипном варианте. В гормональной группе исследований максимальную разницу показал тестостерон, которая составила 19,9%. Его высокие значения представлены у G/G варианта гена L3MBTL4.

Таблица 4.24

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена PPARA у мужчин - спортсменов циклических видов спорта

Ген7 PPARA(rs4253778)_G2528C		**G/G**			**G/C**			
		n	**M**	**M**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	27	5,39	0,06	15	5,44	0,06	0,09
X2	HGB	27	145,67	0,95	15	145,47	1,73	-0,02
X3	HCT	27	44,70	0,46	15	45,67	0,56	0,20
X4	MCV	27	83,52	0,53	15	83,37	0,84	-0,02
X5	MCH	27	28,71	0,23	15	28,69	0,27	-0,01
X6	MCHC	27	34,60	0,19	15	34,76	0,29	0,08
X7	PLT	27	234,30	8,03	15	227,67	16,22	-0,06
X8	RDW-SD	27	39,55	0,37	15	39,85	0,40	0,08
X9	RDW-CV	27	13,16	0,12	15	13,43	0,25	0,17
X10	PDW	27	13,35	0,40	15	12,75	0,42	-0,15
X11	MPV	27	10,82	0,18	15	12,57	1,97	0,18
X12	P-LCR	27	32,33	1,45	15	28,84	2,68	-0,19
X13	PCT	27	0,25	0,01	15	0,24	0,01	-0,05
X14	АлАТ	27	28,80	4,02	15	22,69	2,21	-0,17
X15	АсАТ	27	32,64	6,02	15	26,67	2,38	-0,11
X16	Креатинкиназа МВ	27	18,94	2,54	15	17,17	1,96	-0,08
X17	Креатинкиназа	27	390,22	135,16	15	264,60	43,64	-0,11
X18	Лактат	27	2,39	0,15	15	2,64	0,21	0,15
X19	Тестостерон	27	18,36	1,46	15	18,28	1,48	-0,01
X20	ТТГ	27	2,07	0,18	15	1,91	0,20	-0,08
X21	Кортизол	27	477,48	28,41	15	498,03	46,19	0,06

Из представленных результатов в табл. 4.24 средние концентрации исследованных маркеров у гена PPARA также, как и у женщин-спортсменов циклических видов спорта представлены G/G и G/C генотипами. Гомозиготный C/C вариант у спортсменов-мужчин выявлен не был. Наибольшая разница в сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у показателя MPV, которая составила 13,9%. G/G генотип представлен максимальной концентрацией среднего объема тромбоцитов MPV. Что касается биохимической группы максимальная разница выявлена у маркера креатинфосфокиназы, составившей 32,2%. Наибольшее количество СК выявлено у носителей G/G генотипного варианта, а наименьшее - у G/C у носителей генотипа. В гормональной группе исследований гормон TSH показал наибольшую разницу в сравнительном аспекте, которая составила 7,7%. Максимальная концентрация тиреотропного гормона представлена G/G гомозиготным вариантом, а наименьшее количество преобладает у носителей G/C генотипа гена PPARA соответственно.

Таблица 4.25

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена PPARGC1A у мужчин -спортсменов циклических видов спорта

Ген8 PPARGC1A(rs8192678_Gly482Ser		**G/G**			**A/A**			
		n	**M**	**M**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	15	5,45	0,09	5	5,36	0,12	-0,12
X2	HGB	15	145,67	1,71	5	148,20	2,06	0,18
X3	HCT	15	44,75	0,75	5	46,62	1,06	0,29
X4	MCV	15	83,07	0,82	5	85,22	1,85	0,28
X5	MCH среднее содержание гемоглобина в эритроците	15	28,33	0,37	5	28,88	0,74	0,17
X6	MCHC	15	34,48	0,24	5	34,88	0,75	0,16
X7	PLT	15	225,13	12,07	5	242,40	11,35	0,18
X8	RDW-SD	15	39,41	0,53	5	40,42	0,68	0,23

X9	RDW-CV	15	13,19	0,21	5	13,14	0,14	-0,03
X10	PDW	15	14,03	0,48	5	12,72	0,25	-0,34
X11	MPV	15	11,05	0,24	5	10,62	0,12	-0,23
X12	P-LCR	15	34,79	1,80	5	32,16	1,58	-0,19
X13	PCT	15	0,24	0,01	5	0,27	0,02	0,29
X14	АлАТ	15	27,53	6,10	5	37,80	11,55	0,19
X15	АсАТ	15	36,89	10,55	5	28,82	5,92	-0,10
X16	Креатинкиназа МВ	15	20,44	4,69	5	16,90	1,74	-0,10
X17	Креатинкиназа	15	537,67	239,60	5	272,00	94,81	-0,15
X18	Лактат	15	2,72	0,22	5	2,00	0,29	-0,38
X19	Тестостерон	15	17,78	1,46	5	14,18	2,80	-0,27
X20	ТТГ	15	1,78	0,15	5	1,77	0,31	-0,01
X21	Кортизол	15	444,11	28,50	5	493,06	60,82	0,19

Как видно из таблицы 4.25 результаты средних концентраций клинико-биохимических показателей у гена PPARG1A представлены G/G и A/A генотипами, гетерозиготный G/A генотип у мужчин-спортсменов выявлен не был. Наибольшая разница в сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у показателя тромбокрита PCT: 11,1%, максимальная концентрация которого представлена гомозиготным A/A вариантом. В биохимической группе у ALT: 27,2%, в группе гормонов у тестостерона: 20,2%. Наибольшая активность ALT представлена A/A генотипным вариантом, а у тестостерона максимальные значения представлены G/G генотипом гена PPARGC1A.

Таблица 4.26

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена UCP2 у мужчин -спортсменов циклических видов спорта

Ген 9 UCP2(rs660339)_C>T		**C/C**			**T/T**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	15	5,37	0,06	8	5,61	0,11	0,42
X2	HGB	15	145,67	1,43	8	145,00	3,00	-0,05
X3	HCT	15	45,21	0,61	8	45,04	0,85	-0,04
X4	MCV	15	83,85	0,79	8	82,06	0,86	-0,30
X5	MCH	15	29,03	0,27	8	28,33	0,48	-0,29

X6	MCHC	15	34,87	0,26	8	34,68	0,43	-0,09
X7	PLT	15	249,60	16,09	8	228,38	16,75	-0,18
X8	RDW-SD	15	39,68	0,42	8	39,29	0,70	-0,11
X9	RDW-CV	15	13,25	0,24	8	13,29	0,23	0,02
X10	PDW	15	13,24	0,63	8	13,33	0,77	0,02
X11	MPV	15	12,70	1,97	8	10,81	0,29	-0,15
X12	P-LCR	15	30,12	3,15	8	31,85	2,45	0,08
X13	PCT	15	0,27	0,01	8	0,24	0,02	-0,26
X14	АлАТ	15	25,50	4,00	8	22,93	2,82	-0,09
X15	АсАТ	15	25,72	2,29	8	21,68	2,74	-0,23
X16	Креатинкиназа МВ	15	14,99	1,66	8	18,29	1,61	0,27
X17	Креатинкиназа	15	208,33	25,34	8	269,50	92,43	0,18
X18	Лактат	15	2,64	0,25	8	2,56	0,35	-0,04
X19	Тестостерон	15	19,45	1,55	8	18,40	2,58	-0,08
X20	ТТГ	15	1,99	0,21	8	2,53	0,45	0,26
X21	Кортизол	15	498,82	42,23	8	508,56	13,78	0,04

Как видно из представленной таблицы 4.26, результаты средних концентраций клинико-биохимических показателей у гена UCP2 у мужчин-спортсменов представлены только гомозиготными вариантами генотипов С/С и Т/Т генотипами, гетерозиготный вариант С/Т у спортсменов выявлен не был. Исходя из результатов гемограммы, количество среднего объема тромбоцитов в зависимости от генотипного варианта гена UCP2 показало, что наибольшая концентрация MPV у спортсменов мужского пола характерна для носителей С/С генотипа данного гена по сравнению с Т/Т генотипом. Эта разница составила 14,9%. Остальные гематологические биомаркеры не показали существенной межгенотипной разницы.

Что касается ферментов самая высокая разница в содержании выявлена в у креатинфосфокиназы. Она составила 22,7% между носителями двух гомозиготных генотипов, из которых наибольшее количество СК выявлено в Т/Т генотипном варианте.

Среди гормонов выявленная разница была максимальной у тиретропного гормона TSH: 21,3%. Наибольшая его

концентрация имела место среди носителей T/T генотипа, а наименьшая концентрация TSH представлена C/C генотипом гена UCP2 соответственно.

Таблица 4.27

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена PPARG2 у мужчин -спортсменов циклических видов спорта

Ген 10 PPARG2(rs1801282)_C34G		C/C			C/G			
		n	M	m	n	M	m	Corr
X1	RBC	32	5,44	0,05	10	5,36	0,08	-0,12
X2	HGB	32	146,84	0,89	10	142,60	1,78	-0,34
X3	HCT	32	45,21	0,38	10	44,40	0,91	-0,15
X4	MCV	32	83,19	0,51	10	83,55	1,01	0,05
X5	MCH	32	28,68	0,19	10	28,61	0,44	-0,03
X6	MCHC	32	34,79	0,16	10	34,38	0,40	-0,17
X7	PLT	32	226,84	8,95	10	242,00	15,61	0,13
X8	RDW-SD	32	39,62	0,33	10	39,42	0,56	-0,05
X9	RDW-CV	32	13,27	0,15	10	13,23	0,14	-0,02
X10	PDW	32	13,20	0,36	10	13,24	0,43	0,01
X11	MPV	32	11,68	0,93	10	10,83	0,17	-0,08
X12	P-LCR	32	31,30	1,68	10	31,51	1,41	0,01
X13	PCT	32	0,24	0,01	10	0,26	0,01	0,12
X14	АлАТ	32	26,19	3,19	10	29,03	5,29	0,07
X15	АсАТ	32	30,84	5,14	10	29,33	2,91	-0,03
X16	Креатинкиназа МВ	32	17,82	2,33	10	18,27	0,97	0,02
X17	Креатинкиназа	32	348,25	113,49	10	339,60	80,68	-0,01
X18	Лактат	32	2,57	0,14	10	2,24	0,22	-0,18
X19	Тестостерон	32	18,91	1,22	10	17,01	2,46	-0,12
X20	ТТГ	32	2,00	0,16	10	2,05	0,28	0,02
X21	Кортизол	32	495,36	29,45	10	445,29	33,35	-0,14

Результаты, представленные в таблице 4.27, показывают, что средние концентрации клинико-биохимических показателей у гена PPARG2 у представлены только нормальными и гетерозиготными вариантами генотипов C/C и C/G, мутантный вариант G/G у мужчин-спортсменов выявлен не

был. Исходя из результатов гемограммы, наибольшая разница в сравнительных характеристиках гемограммы прослеживается у показателя тромбокрита в зависимости от генотипного варианта гена PPARG2. Наибольшая концентрация PCT у спортсменов мужского пола характерна для носителей C/G генотипа данного гена по сравнению с C/C генотипом. Эта разница составляет 7,7%.

Что касается биохимических маркеров самая высокая разница выявлена в содержании молочной кислоты. Она составила 12,8% между носителями обоих генотипов, из которых наибольшее количество лактата выявлено у носителей C/C генотипного варианта.

Среди гормонов выявленная разница была максимальной у кортизола: 10,1%. Наибольшая его концентрация также наблюдалась среди носителей C/C генотипа, а наименьшая представлена C/G генотипом гена PPARG2.

Таблица 4.28

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена MTHFR у мужчин -спортсменов циклических видов спорта

Ген 11 MTHFR(rs1801133)_Ala222 Val		**C/C**			**T/T**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	21	5,49	0,06	2	5,15	0,20	-0,34
X2	HGB	21	145,19	1,43	2	146,50	2,50	0,06
X3	HCT	21	45,14	0,48	2	44,80	0,80	-0,05
X4	MCV	21	82,56	0,73	2	87,05	1,85	0,37
X5	MCH	21	28,48	0,28	2	29,85	0,65	0,30
X6	MCHC	21	34,80	0,27	2	34,25	0,05	-0,13
X7	PLT	21	225,95	10,10	2	218,00	14,00	-0,05
X8	RDW-SD	21	39,38	0,43	2	41,00	0,90	0,24
X9	RDW-CV	21	13,36	0,20	2	13,10	0,50	-0,08
X10	PDW	21	12,96	0,31	2	12,80	0,10	-0,03
X11	MPV	21	12,15	1,40	2	10,70	0,00	-0,07
X12	P-LCR	21	30,35	1,87	2	30,45	0,65	0,00
X13	PCT	21	0,24	0,01	2	0,24	0,02	-0,06

X14	АлАТ	21	26,32	2,89	2	35,10	22,50	0,17
X15	АсАТ	21	27,42	1,94	2	34,10	16,20	0,19
X16	Креатинкиназа МВ	21	17,33	1,55	2	17,35	2,75	0,00
X17	Креатинкиназа	21	313,76	46,28	2	235,50	51,50	-0,11
X18	Лактат	21	2,26	0,15	2	2,46	0,09	0,09
X19	Тестостерон	21	18,29	1,57	2	11,55	2,35	-0,27
X20	ТТГ	21	1,97	0,18	2	3,02	1,71	0,31
X21	Кортизол	21	506,54	39,44	2	440,55	127,35	-0,11

Результаты, представленные в таблице 4.28, показывают, что средние концентрации клинико-биохимических показателей у гена MTHFR у мужчин-спортсменов в отличие от спортсменок представлены только гомозиготными вариантами генотипов С/С и Т/Т, а гетерозиготный вариант С/Т у спортсменов мужского пола выявлен не был. Исходя из результатов гемограммы, наибольшая разница в сравнительных характеристиках гематологических анализов прослеживается в среднем объеме тромбоцитов в зависимости от генотипного варианта гена MTHFR. Наибольшая концентрация MPV у спортсменов характерна для носителей Т/Т генотипа данного гена по сравнению с С/С генотипом. Эта разница составляет 12%. Что касается биохимических маркеров самая высокая разница выявлена одновременно в двух маркерах в равных содержаниях: креатинфосфокиназа и аланинаминотрансфераза. Она составила 25% между носителями двух генотипов, из которых наибольшее количество СК выявлено в гомозиготном С/С генотипе, тогда как преобладающее количество АЛТ выявлено в гомозиготном Т/Т генотипе. Среди гормонов выявленная разница была максимальной у тестостерона: 36,9%. Наибольшая его концентрация также наблюдалась среди носителей С/С генотипа, а наименьшая представлена Т/Т генотипом гена MTHFR.

Таблица 4.29

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена VDR у мужчин -спортсменов циклических видов спорта

Ген12 VDR(rs1544410)G>A		G/G			A/A			
		n	M	m	n	M	m	Corr
X1	RBC	23	5,32	0,06	6	5,42	0,14	0,14
X2	HGB	23	143,70	1,13	6	148,17	0,40	0,36
X3	HCT	23	44,38	0,39	6	45,00	1,53	0,11
X4	MCV	23	83,49	0,62	6	84,22	1,64	0,09
X5	MCH	23	28,82	0,26	6	29,10	0,34	0,10
X6	MCHC	23	34,53	0,19	6	34,78	0,37	0,12
X7	PLT	23	219,65	8,95	6	275,83	32,84	0,41
X8	RDW-SD	23	39,89	0,37	6	39,23	0,87	-0,15
X9	RDW-CV	23	13,40	0,19	6	13,10	0,13	-0,16
X10	PDW	23	13,30	0,39	6	11,77	0,73	-0,33
X11	MPV	23	12,16	1,28	6	10,08	0,36	-0,16
X12	P-LCR	23	31,03	1,91	6	25,45	2,99	-0,26
X13	PCT	23	0,24	0,01	6	0,27	0,02	0,26
X14	АлАТ	23	26,01	3,70	6	28,77	8,85	0,06
X15	АсАТ	23	32,85	6,92	6	20,12	1,97	-0,18
X16	Креатинкиназа МВ	23	19,36	3,02	6	15,62	2,18	-0,12
X17	Креатинкиназа	23	408,96	158,17	6	166,83	22,90	-0,15
X18	Лактат	23	2,54	0,16	6	1,97	0,20	-0,31
X19	Тестостерон	23	16,84	1,41	6	22,67	3,13	0,33
X20	ТТГ	23	1,92	0,19	6	2,82	0,41	0,38
X21	Кортизол	23	489,19	38,94	6	577,32	44,53	0,21

Как видно из результатов, представленных в таблице 4.29, средние концентрации клинико-биохимических показателей у гена VDR у мужчин представлены только гомозиготными генотипами G/G и A/A. В отличие от женщин-спортсменов гетерозиготный вариант A/A гена VDR у спортсменов-мужчин выявлен не был. Исходя из результатов гемограммы, наибольшая разница в сравнительных характеристиках гематологических анализов прослеживается у общего количества тромбоцитов в зависимости от генотипного варианта гена VDR. Наибольшая концентрация PLT у спортсменов мужского пола характерна для носителей A/A генотипа данного гена по сравнению с G/G генотипом. Эта разница составляет 20,4%. Что касается

биохимических маркеров самая высокая разница выявлена в содержании креатинфосфокиназы. Она составила 59,2% между носителями двух генотипов, из которых наибольшее количество СК выявлено в гетерозиготном G/G генотипе. Среди гормонов выявленная разница была максимальной одновременно у тиреотропного гормона и составила 31,9%. Наибольшая концентрация TSH наблюдалась среди носителей гомозиготного A/A генотипа, а минимальная представлена G/G генотипом соответственно.

Таблица 4.30

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена HIF1A у мужчин -спортсменов циклических видов спорта

Ген13 HIF1A(rs11549465)_C1772T		**C/C**			**C/T**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	34	5,38	0,05	8	5,58	0,07	0,27
X2	HGB	34	144,79	0,96	8	149,63	1,16	0,35
X3	HCT	34	44,75	0,40	8	46,30	0,63	0,27
X4	MCV	34	83,41	0,54	8	82,99	0,81	-0,06
X5	MCH	34	28,66	0,21	8	28,74	0,32	0,03
X6	MCHC	34	34,68	0,19	8	34,65	0,23	-0,01
X7	PLT	34	233,32	9,35	8	221,88	8,69	-0,09
X8	RDW-SD	34	39,41	0,30	8	40,29	0,70	0,19
X9	RDW-CV	34	13,21	0,13	8	13,44	0,26	0,12
X10	PDW	34	13,09	0,33	8	12,70	0,30	-0,09
X11	MPV	34	11,56	0,87	8	10,71	0,18	-0,07
X12	P-LCR	34	30,57	1,52	8	30,96	1,54	0,02
X13	PCT	34	0,25	0,01	8	0,24	0,01	-0,08
X14	АлАТ	34	28,80	3,24	8	18,98	1,94	-0,22
X15	АсАТ	34	32,32	4,84	8	22,53	1,38	-0,15
X16	Креатинкиназа МВ	34	19,00	2,15	8	14,39	1,82	-0,16
X17	Креатинкиназа	34	378,47	108,26	8	206,13	22,66	-0,12
X18	Лактат	34	2,49	0,12	8	2,49	0,39	0,00
X19	Тестостерон	34	19,64	1,20	8	13,24	1,56	-0,36
X20	ТТГ	34	2,08	0,16	8	1,71	0,25	-0,17
X21	Кортизол	34	502,19	29,75	8	449,34	42,08	-0,13

Как видно из представленной таблицы 4.30, результаты средних концентраций клинико-биохимических показателей у гена HIF1A также, как и у женщин-спортсменов, так и мужчин-спортсменов циклических видов спорта представлены только C/C и C/T генотипами, гомозиготный вариант T/T у спортсменов выявлен не был. Исходя из результатов гемограммы, MPV показал максимальную разницу в зависимости от генотипных вариантов гена HIF1A. Наибольшая концентрация среднего объема тромбоцитов у спортсменов мужского пола характерна для носителей C/C генотипа данного гена по сравнению с C/T генотипом. Эта разница составляет 7,4%. Остальные гематологические биомаркеры не показали существенной межгенотипной разницы.

Что касается ферментов, самая высокая разница в содержании их концентрации выявлена в у креатинфосфокиназы. Она составила 45,5%, из которых наибольшее количество СК выявлено в гомозиготном C/C генотипном варианте. Среди гормонов выявленная разница была максимальной у тестостерона: 32,6%. Наибольшая его концентрация также наблюдалась среди носителей C/C генотипа, а наименьшая представлена C/T генотипом гена HIF1A.

Таблица 4.31

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена ADRB2(rs1042714) у мужчин -спортсменов циклических видов спорта

Ген14 ADRB2(rs1042714)C>G		**C/C**			**G/G**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X1	RBC	15	5,53	0,07	3	5,47	0,34	-0,08
X2	HGB	15	146,93	1,62	3	147,67	3,18	0,05
X3	HCT	15	45,36	0,62	3	44,77	3,43	-0,08
X4	MCV	15	81,93	0,59	3	84,03	2,43	0,30
X5	MCH	15	28,34	0,30	3	28,93	0,86	0,19
X6	MCHC	15	35,25	0,26	3	34,80	0,21	-0,18
X7	PLT	15	239,07	9,91	3	224,00	34,07	-0,14

X8	RDW-SD	15	39,43	0,46	3	37,83	0,90	-0,34
X9	RDW-CV	15	13,43	0,26	3	12,83	0,18	-0,24
X10	PDW	15	13,42	0,38	3	14,10	0,95	0,18
X11	MPV	15	12,70	1,96	3	11,03	0,45	-0,09
X12	P-LCR	15	30,79	2,60	3	33,40	4,06	0,11
X13	PCT	15	0,26	0,01	3	0,23	0,02	-0,31
X14	АлАТ	15	32,14	5,79	3	19,43	3,91	-0,23
X15	АсАТ	15	38,78	10,55	3	22,97	3,35	-0,16
X16	Креатинкиназа МВ	15	20,57	4,55	3	13,00	2,96	-0,18
X17	Креатинкиназа	15	476,13	239,66	3	205,67	58,45	-0,12
X18	Лактат	15	2,86	0,20	3	3,28	0,88	0,18
X19	Тестостерон	15	19,03	1,48	3	19,17	1,76	0,01
X20	ТТГ	15	1,97	0,27	3	1,91	0,35	-0,02
X21	Кортизол	15	484,61	36,54	3	423,33	44,71	-0,18

Из представленных результатов в табл. 4.31 видно, что средние концентрации исследованных маркеров у гена ADRB2(rs1042714) представлены C/C и G/G генотипами. Гетерозиготный C/G вариант у спортсменов выявлен не был. Исходя из результатов гемограммы, тромбокрит показал максимальную разницу в зависимости от генотипных вариантов гена HIF1A. Наибольшая концентрация PCT у спортсменов мужского пола характерна для носителей C/C генотипа данного гена по сравнению с G/G генотипом. Эта разница составляет 11,5%.

Самая высокая разница в зависимости от генотипных вариантов в биохимической группе выявлена у креатинкиназы. Она составила 56,8%, из которых наибольшее количество фермента представлено гомозиготным C/C генотипным вариантом.

Среди гормонов наибольшую разницу показал гормон кортизол, процентное содержание которого составило 12,6%. Наибольшая его концентрация выявлена среди носителей C/C генотипа, а наименьшая представлена G/G генотипом гена ADRB2(rs1042714).

Таблица 4.32

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена ADRB2(rs1042713) у мужчин -спортсменов циклических видов спорта

Ген15 ADRB2(rs1042713)A>G		G/G			A/A			
		n	M	m	n	M	m	Corr
X1	RBC	14	5,32	0,09	7	5,57	0,13	0,35
X2	HGB	14	145,43	1,22	7	149,43	1,48	0,41
X3	HCT	14	45,16	0,84	7	45,47	1,02	0,05
X4	MCV	14	84,84	0,92	7	82,71	0,77	-0,32
X5	MCH	14	29,00	0,32	7	28,50	0,45	-0,20
X6	MCHC	14	34,62	0,29	7	35,13	0,31	0,24
X7	PLT	14	227,71	11,50	7	248,86	16,40	0,24
X8	RDW-SD	14	39,69	0,53	7	39,39	0,76	-0,07
X9	RDW-CV	14	13,07	0,12	7	13,37	0,54	0,17
X10	PDW	14	13,66	0,61	7	13,19	0,53	-0,11
X11	MPV	14	10,96	0,28	7	14,84	4,20	0,29
X12	P-LCR	14	33,64	2,29	7	28,43	4,98	-0,24
X13	PCT	14	0,25	0,01	7	0,26	0,01	0,18
X14	АлАТ	14	26,22	4,73	7	22,21	3,11	-0,13
X15	АсАТ	14	26,03	2,76	7	24,46	2,91	-0,08
X16	Креатинкиназа МВ	14	16,45	1,84	7	15,07	2,15	-0,10
X17	Креатинкиназа	14	264,57	48,13	7	204,57	26,19	-0,19
X18	Лактат	14	2,37	0,22	7	2,98	0,29	0,35
X19	Тестостерон	14	21,53	1,80	7	18,43	2,10	-0,23
X20	ТТГ	14	2,21	0,23	7	2,35	0,47	0,07
X21	Кортизол	14	458,32	32,56	7	473,67	34,36	0,07

Из представленных результатов в табл. 4.32 видно, что в отличие от женщин – спортсменок циклических видов спорта, у которых средние концентрации исследованных маркеров для гена ADRB2(rs1042713) представлены всеми тремя генотипными вариантами A/A, A/G, G/G, у мужчин они представлены лишь гомозиготными генотипами. Исходя из результатов гемограммы, содержание общего количества

тромбоцитов показало максимальную разницу в зависимости от генотипных вариантов гена ADRB2(rs1042713). Наибольшая концентрация этого показателя у спортсменов мужского пола характерна для носителей A/A генотипа данного гена, а наименьшая - для носителей G/G генотипа. Эта разница составляет 14,4%. Самая высокая разница в зависимости от генотипных вариантов в биохимической группе выявлена у фермента креатинфосфокиназы. Она составила 37,2%, из которых наибольшее количество фермента представлено гомозиготным G/G генотипом, а наименьшее - генотипом A/A.Среди гормонов довольно значительную разницу показал тиреотропный гормон 35,5%. Наибольшая его концентрация выявлена среди носителей A/A генотипа, а наименьшая представлена G/G генотипом гена ADRB2(rs1042713).

Таблица 4.33

Распределение показателей клинико-биохимических и гормональных показателей в зависимости от носительства генотипов гена NOS3 у мужчин -спортсменов циклических видов спорта

Ген16 NOS3(rs2070744)_C-786T		**T/T**			**C/T**			
		n	**M**	**m**	**n**		**m**	**Corr**
X1	RBC	32	5,44	0,05	10	5,32	0,09	-0,18
X2	HGB	32	145,28	1,08	10	146,60	1,07	0,10
X3	HCT	32	45,17	0,39	10	44,32	0,85	-0,16
X4	MCV	32	83,10	0,59	10	84,06	0,42	0,14
X5	MCH	32	28,54	0,22	10	29,16	0,18	0,23
X6	MCHC	32	34,65	0,19	10	34,84	0,25	0,08
X7	PLT	32	222,81	6,71	10	260,30	22,68	0,32
X8	RDW-SD	32	39,53	0,32	10	39,68	0,58	0,04
X9	RDW-CV	32	13,27	0,14	10	13,19	0,16	-0,04
X10	PDW	32	13,29	0,31	10	12,52	0,74	-0,17
X11	MPV	32	11,77	0,92	10	10,38	0,35	-0,13
X12	P-LCR	32	31,95	1,50	10	27,96	2,81	-0,20
X13	PCT	32	0,24	0,01	10	0,26	0,02	0,16
X14	АлАТ	32	28,50	3,44	10	20,76	2,45	-0,19
X15	АсАТ	32	32,28	5,13	10	23,62	2,01	-0,15
X16	Креатинкиназа МВ	32	18,51	2,29	10	17,33	1,60	-0,04

X17	Креатинкиназа	32	375,78	115,22	10	235,90	29,61	-0,11
X18	Лактат	32	2,57	0,15	10	2,10	0,17	-0,26
X19	Тестостерон	32	18,11	1,21	10	19,49	2,49	0,08
X20	ТТГ	32	1,78	0,13	10	2,76	0,30	0,47
X21	Кортизол	32	506,58	31,13	10	471,75	27,22	-0,09

Из представленных результатов таблицы 4.33 видно, что средние концентрации исследованных маркеров у гена NOS3 также, как и в женской группе исследования представлены Т/Т и С/Т генотипами. Гомозиготный С/С вариант у мужчин не был представлен. Исходя из результатов гемограммы, содержание общего количества тромбоцитов показало максимальную разницу в зависимости от генотипных вариантов гена NOS3. Наибольшая концентрация этого показателя у спортсменов мужского пола характерна для носителей С/Т генотипа данного гена, а наименьшая - для носителей Т/Т генотипа. Эта разница составляет 14,4%. Самая высокая разница в зависимости от генотипных вариантов в биохимической группе выявлена у фермента креатинфосфокиназы. Она составила 37,2%, из которых наибольшее количество фермента представлено гомозиготным Т/Т генотипом, а наименьшее – гетерозиготным генотипом С/Т соответственно. Среди гормонов довольно значительную разницу продемонстрировал тиреотропный гормон 35,5%. Наибольшая его концентрация выявлена среди носителей С/Т генотипа, а наименьшая представлена Т/Т генотипом гена NOS3.

ГЛАВА V. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СДВИГАМИ СО СТОРОНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКИХ И ГОРМОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЦИКЛИЧЕСКИМИ ВИДАМИ СПОРТА С ИХ СПОРТИВНЫМИ ГЕНОТИПАМИ

5.1. Результаты корреляционного анализа клинико-биохимических и гормональных показателей крови у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, в зависимости от носительства генотипов изучаемых спортивных генов

В наше исследование включены 16 полиморфизмов генов: ACE Alu Ins/Del; ACTN3 C18705T; AMPD1 C34T; CNTF G-6A; IL15RA T364G; L3MBTL4 G-16081T; PPARA G2528C; PPARGC1A G>A; UCP2 C>T; PPARG2 Pro12Ala; VDR BsmI G>A; MTHFR **Ala222Val**; HIF1A C1772T; ADRB2 Gln(C)27Glu(G); ADRB2 Arg16Gly, NOS3(rs2070744)_C-786T, носительство генотипов которых было проанализировано в зависимости от лабораторных показателей крови исследуемой группы спортсменов. В результате подсчета и проведения статистической обработки данных исследования у спортсменов циклических видов спорта у мужчин выявлено 8 лабораторных маркеров и у женщин 12 маркеров, проявивших прямую и обратную корреляцию с полиморфизмами 16 генов. Остальные параметры не носили достоверные корреляционные различия.

Таким образом, в проведенном нами исследовании у спортсменов циклических видов спорта женского (табл.5.1) пола корреляционная взаимосвязь по генотипам 16 спортивных генов выявлена с 11 клинико-биохимическими маркерами. Из них прямая корреляция выявлена у: MCV, PDW, P-LCR, CK, ALT и тестостерона, а обратная корреляция у HGB**,** RDW-CV, PCT, PDW, MPW, P-LCR, PLT.

Таблица 5.1

Характеристика корреляционной взаимосвязи лабораторных показателей спортсменов женского пола в зависимости от генотипов исследованных генов.

	Ген2 ACTN3_Arg(C)577Ter(T)	**C/C**			**C/T**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X19	TESTO	10	0,56	0,09	5	1,40	0,40	0,61
	Ген 5 IL15RA_T/G	**T/T**			**T/G**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X14	ALT	8	14,13	1,59	8	23,91	2,02	0,71
	Ген 6 L3MBTL4_G-T	**G/G**			**G/T**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X2	HGB	11	127,27	1,33	6	122,00	2,21	-0,49
	Ген 8 PPARGC1A (rs8192678)_Gly482Ser	**G/G**			**G/A**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X9	RDW-CV	7	13,14	0,22	9	12,48	0,12	-0,60
X14	ALT	7	14,56	2,81	9	23,07	1,53	0,60
	Ген 10 PPARG2(rs1801282)_C34G	**C/C**			**C/G**			
		n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X14	ALT	14	17,78	1,73	3	26,77	2,58	0,54
	Ген 13 HIF1A(rs11549465)_C1772T	**C/C**			**C/T**			
		n	**M**	**M**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X12	P-LCR	14	27,58	2,08	3	38,10	3,11	0,49
X13	PCT	14	0,25	0,01	3	0,21	0,01	-0,52
X17	CK	14	125,50	11,91	3	225,00	1,53	0,70
	Ген 14 ADRB2(rs1042714)C>G	**C/C**			**C/G**			
		n	**M**	**M**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X4	MCV	6	83,77	1,94	9	89,20	1,25	0,57

X10	PDW	6	13,82	0,46	9	11,36	0,47	-0,70
X11	MPV	6	11,38	0,38	9	10,04	0,26	-0,64
X12	P-LCR	6	31,93	2,27	9	24,70	2,18	-0,52
X14	ALT	6	14,57	2,37	9	22,29	2,08	0,56
	Ген 16 NOS3(rs2070744)C-786T	**T/T**			**C/T**			
		n	**M**	**M**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
X7	PLT	8	257,63	14,39	9	198,22	16,24	-0,57
X10	PDW	8	11,49	0,60	9	13,97	0,60	0,60
X12	P-LCR	8	23,76	1,97	9	34,48	2,41	0,66

Что касается мужчин-спортсменов высоких достижений, корреляционная зависимость выявлена в 6 маркерах гемограммы и двух гормональных показателях (табл. 5.2). Прямая корреляция наблюдалась у PLT, PCT, PDW, P-LCR, RBC, TSH, а обратная у HGB и гормона тестостерона.

Таблица 5.2

Характеристика корреляционной взаимосвязи лабораторных показателей спортсменов мужского пола в зависимости от генотипов исследованных генов.

Ген2 ACTN3_Arg(C)577 Ter(T)	**C/C**			**C/T**			**T/T**			
	n	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
PLT	18	202,94	7,48	19	252,16	12,08	6	246,5	20,17	0,47
PCT	18	0,22	0,01	19	0,26	0,01	6	0,27	0,02	0,48

Ген 6 L3MBTL4_G-T	**G/G**			**G/T**			
	N	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
PDW	31	12,64	0,29	12	14,43	0,61	0,43
P-LCR	31	29,19	1,51	12	36,07	2,05	0,36

Ген9 UCP2(rs660339)_C>T	**C/C**			**T/T**			
	N	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
RBC	15	5,37	0,06	8	5,61	0,11	0,42

Ген10 PPARG2(rs1801282)_C34G	**C/C**			**C/G**			
	N	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
HGB	32	146,84	0,89	10	142,60	1,78	-0,34

Ген12 VDR(rs1544410) G>A	**G/G**			**A/A**			
	N	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
PLT	23	219,65	8,95	6	275,83	32,84	0,41
TSH	23	1,92	0,19	6	2,82	0,41	0,38

Ген13 HIF1A(rs11549465)_C1772T	**C/C**			**C/T**			
	N	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
HGB	34	144,	0,96	8	149,	1,1	0,35

		79			63	6	
TESTO	34	19,64	1,20	8	13,24	1,56	-0,36
Ген16 NOS3(rs2070744)_C-786T	**T/T**			**C/T**			
	N	**M**	**m**	**n**	**M**	**m**	**Corr**
PLT	32	222,8	6,71	10	260,30	22,68	0,32
TSH	32	1,78	0,13	10	2,76	0,30	0,47

Независимо от гендерных различий достоверная разница выявлена в 5 генах: ACTN3, L3MBTL4, PPARG2, HIF1A, NOS3 и в 6 клинико-биохимических маркерах: PDW, P-LCR, HGB, PLT, PCT, тестостерон.

Значения исследуемых гематологических, биохимических и гормональных показателей неоднозначны в зависимости от носительства генотипов изучаемых генов: содержание эритроцитов и тромбоцитов, концентрация гемоглобина, кривая распределения эритроцитов и тромбоцитов и других показателей форменных элементов крови носят сравнительно выраженный характер изменений среди спортсменов с носительством генотипов Del/Del гена ACE (RBC), C/T генотипа гена HIF1A (HGB), A/A генотипа гена VDR (PLT).А уровень ферментов и гормонов крови – среди спортсменов с носительством генотипов A/A гена PPARGC1A (ALT) G/G ADRB2 (rs1042713) (AST), C/T генотипа гена HIF1A (СК), A/A генотипа гена VDR (TESTO).

5.2. Клинико-биохимические и гормональные показатели организма спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта в зависимости от выраженности спортивных признаков (выносливость, быстрота, сила)

Исходя из генетической принадлежности профессиональных спортсменов легкоатлетов, гребцов и велосипедистов, в коррелированных биохимических маркерах нами были разграничены различные степени выраженности физических качеств (выносливость, быстрота, сила) спортсменов по следующей градации: высокая, выше среднего,

средняя и ниже средней степени. Сравнительная характеристика была выстроена у клинических маркеров, которые показали достоверную значимость как у женщин (MCV, PDW, P-LCR, CK, ALT, тестостерон, HGB**,** RDW-CV, PCT, PDW, MPW, P-LCR, PLT), так и у мужчин (PLT, PCT, PDW, P-LCR, RBC, TSH, HGB**,** тестостерон) – профессиональных атлетов. За единицу измерения были взяты нормативные значения лабораторных маркеров, приведенные ниже:

RBC (м.4-5.5, ж.3.9-4.7 x10*12/L)
HGB (м.125-165;ж.110-145 g/dl)
HCT (м.36-50; ж.32-46%)
MCV (76-98 fl)
MCH (26.1-32.9 pg)
MCHC (30.9-35.9g/l)
PLT (150-400x10*9/l)
RDW-SD (39.1-51.6 fl)
RDW-CV (11.8-15.8%)
PDW (9-14 fl)
MPV (8-12 fl)
P-LCR (15-35%)
PCT (0.16-0.35%)
АлАТ (м.0-41, ж. 0-37 U/L)
АсАТ (м.0-37, ж. 0-31 U/L)
Креатинкиназа МВ (м.0-23 U/L)
Креатинкиназа (м.24-195, ж. 24-170 U/L)
Лактат (0.5-2.4 mmol/L)
Тестостерон (м.4.5-35.4,ж.0-3.1nmol/l)
TTT (0.27-4.2 mlU/ml)
Кортизол (171-536 ng/ml)

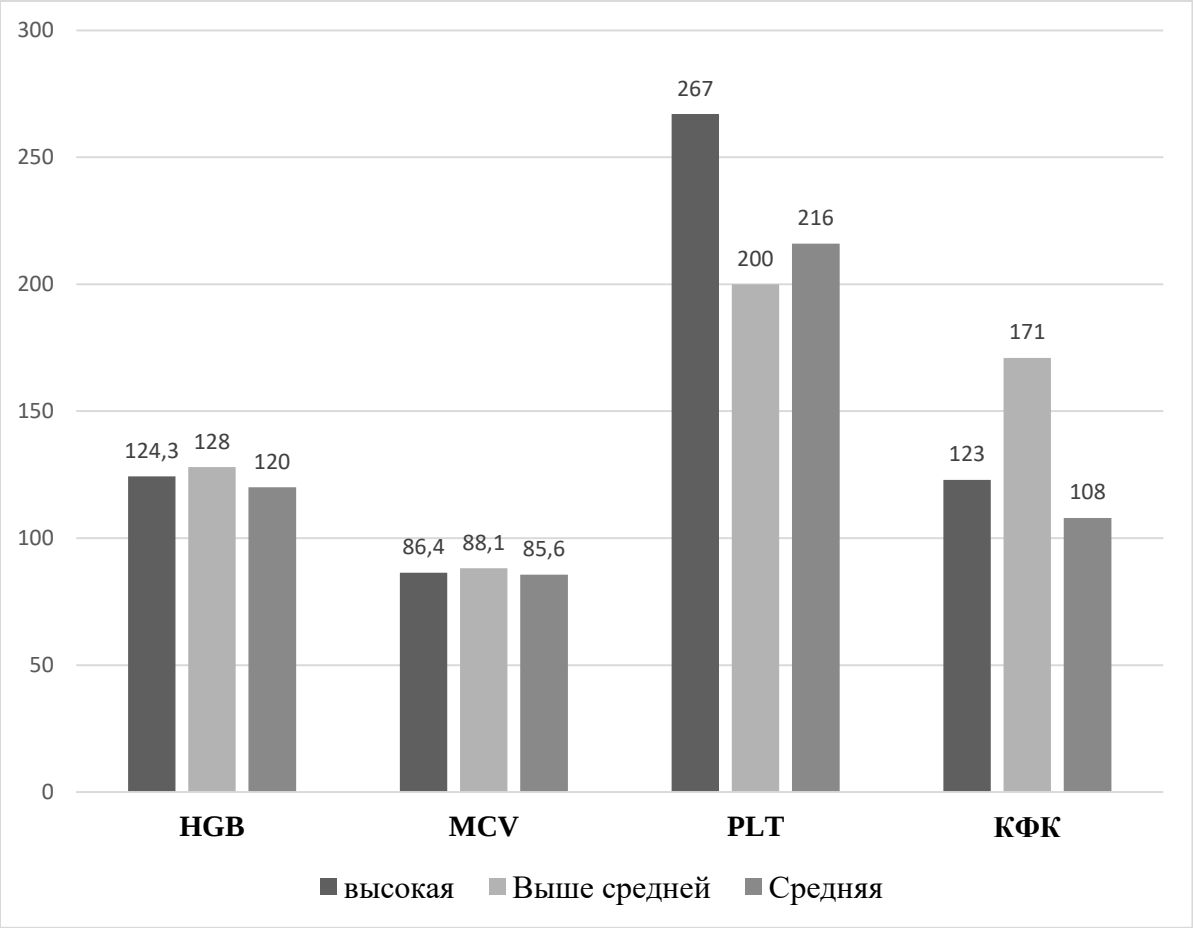
Таблица 5.3

Характеристика степени выраженности физических качеств у профессиональных спортсменов циклических видов спорта по видам спорта.

Виды спорта	Выносливость				Быстрота				Сила			
	В. (%)	В.СР. (%)	СР. (%)	Н.СР. (%)	В. (%)	В.СР. (%)	СР. (%)	Н.СР. (%)	В. (%)	В.СР. (%)	СР. (%)	Н.СР. (%)
Гребля (n=20)	8 (40)	8 (40)	4 (20)	0	1 (5)	8 (40)	7 (35)	4 (20)	1 (5)	5 (25)	10 (50)	4 (20)
Велоспорт (n=20)	7 (35)	7 (35)	6 (30)	0	0	9 (45)	7 (35)	4 (20)	0	7 (35)	9 (45)	4 (20)
Легкая атлетика (n=20)	5 (25)	10 (50)	5 (25)	0	1 (5)	12 (60)	5 (25)	2 (10)	0	7 (35)	12 (60)	1 (5)
Всего n=60 (100%)	20 (33,3)	25 (41,7)	15 (25)	0	2 (3,3)	29 (48,3)	19 (31,7)	10 (16,7)	1 (1,7)	19 (31,7)	31 (51,6)	9 (15)

Из полученных данных следует, что среди обследованных спортсменов такое спортивное качество как выносливость представлено преимущественно в высоких степенях и составило разницу по сравнению со скоростно-силовыми качествами на 30%. При этом среди обследованных число спортсменов со степенью выше средней 48,3% скоростной выносливости, а силовая выносливость достигает 51,6 %.

Коррелированные клинико-биохимические маркеры были просчитаны с высокой, выше средней, средней и ниже средней степенями выносливости, силы и скорости у мужчин и женщин профессиональных спортсменов циклических видов спорта. PLT и ALT показали достоверную значимость в высокой степени проявления выносливости. Наибольшее количество красной части крови представлено у выносливых выше средней степени спортсменов. В средней и низкой степенях выносливости достоверная значимость не была выявлена.



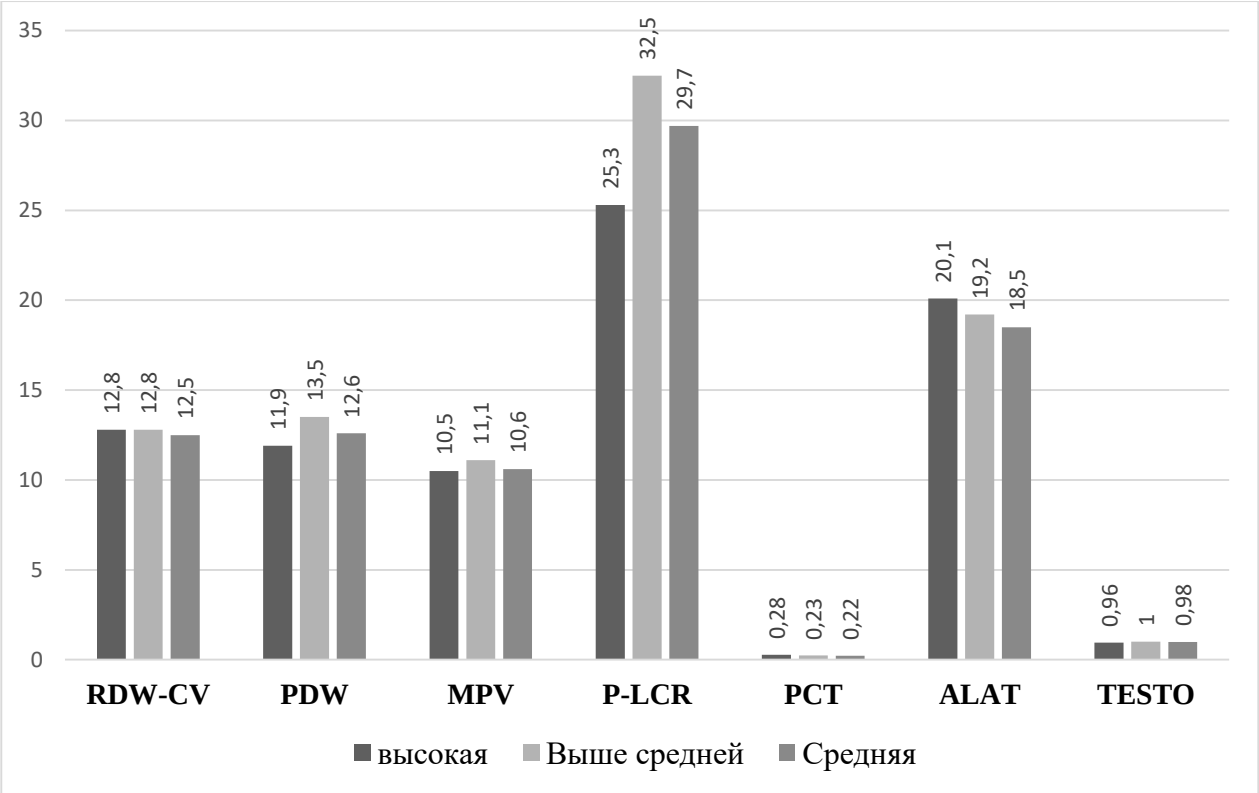


Рис. 5.1. Значение клинико-биохимических и гормональных показателей крови у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта в зависимости от степени выраженности проявлений выносливости у женщин (M±m)

У женщин-спортсменок, генетически предопределенных в группу выносливости, по активности клинико-биохимических маркеров проявила себя подгруппа со степенью выносливости выше средней. Так, наибольшие значения в данной подгруппе наблюдаются у восьми маркеров: Hb, MCV, PDW, MPW, P-LCR, CK, TESTO по сравнению с группами высокой и средней выносливости.

В подгруппе с высокой степенью выносливости наибольшие значения выявлены у 3х маркеров: PLT, PCT и ALT. В подгруппе со средней степенью выносливости максимальных значений не было выявлено ни одного маркера. Надо отметить, что женщины-атлеты, принадлежащие к данной подгруппе, не вошли в последнюю подгруппу с низкой степенью выносливости (рис.5.1).

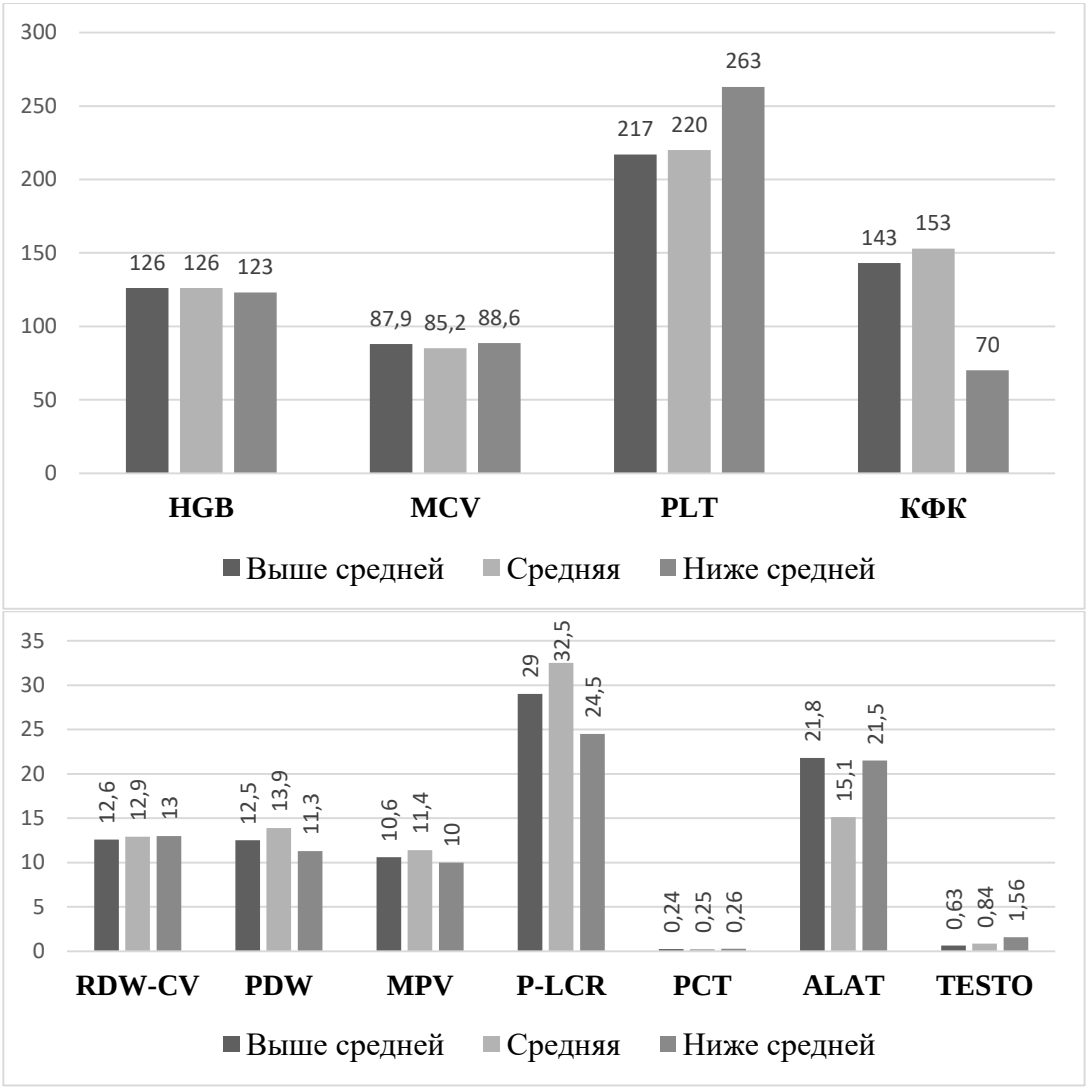


Рис. 5.2. Значение клинико-биохимических и гормональных показателей крови у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта в зависимости от степени выраженности проявлений быстроты у женщин (M±m)

Во второй группе, ответственной за скоростные качества, спортсменки-циклики не вошли в подгруппу с высокой степенью проявления спринтерских характеристик. В подгруппах с низкими скоростными качествами количество клинических маркеров с максимальными значениями распределилось у пяти маркеров: MCV, PLT, RDW-CV, PCT, TESTO, в группе со средней степенью быстроты PDW, MPV, P-LCR и CK. В группе с выносливостью выше среднего уровня представлен лишь ALT (рис.5.2).

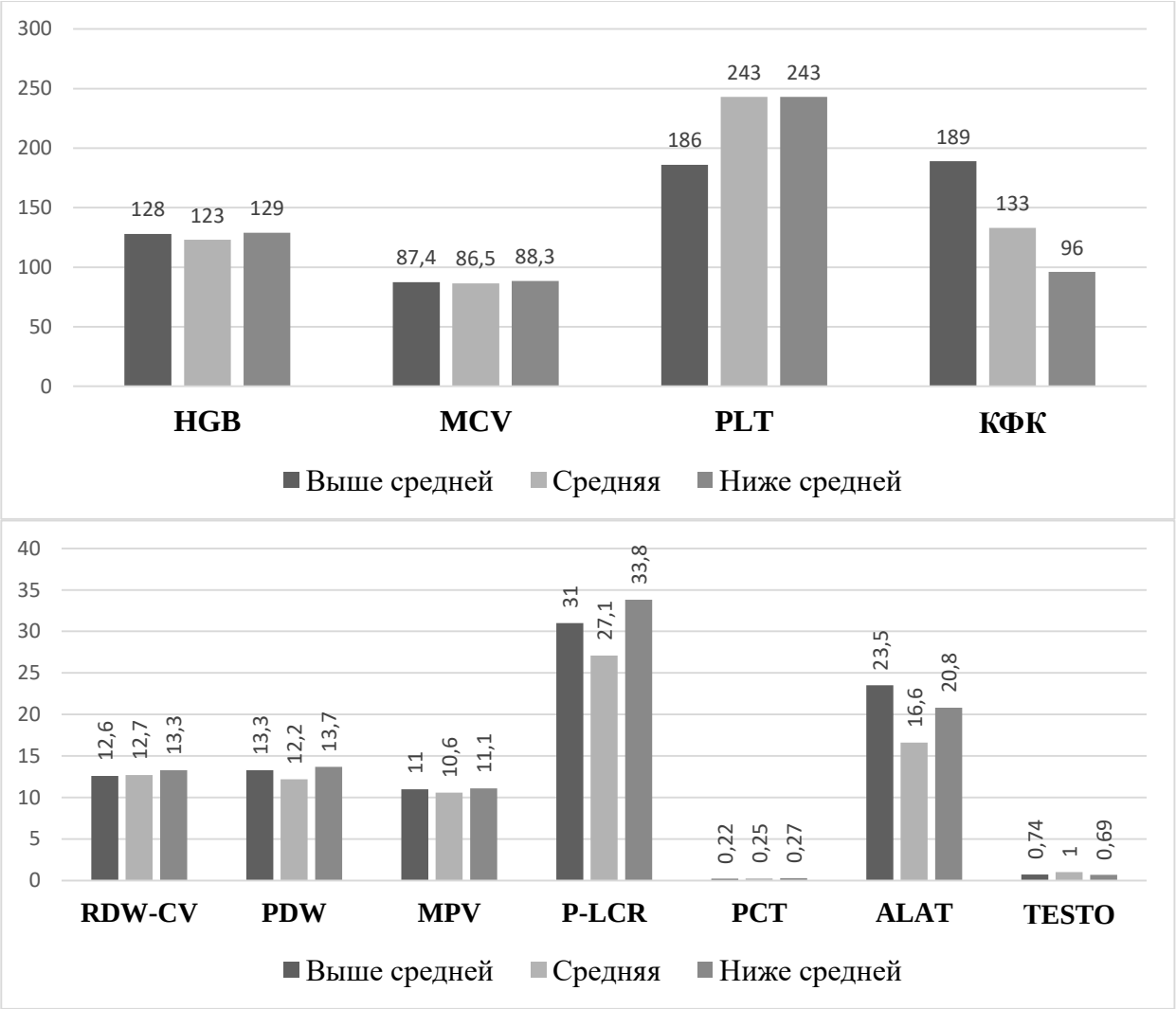


Рис. 5.3. Значение клинико-биохимических и гормональных показателей крови у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта в зависимости от степени выраженности проявлений силы у женщин (M±m)

В третьей группе, ответственной за взрывную силу, также не выявлена высокая степень этого качества (рис.5.3). Из чего можно сделать вывод о том, что исследуемая нами группа элитных спортсменок имеет наибольшее проявление в спортивной выносливости. Там, где силовые качества представлены в низкой степени наблюдается распределение наибольшего количества клинических маркеров с максимальными значениями. А именно: Hb, MCV, PLT, RDW-CV, PDW, MPW, P-LCR и PCT. В подгруппу со степенью выраженности силовых качеств выше средней вошли ALT и CK. Подгруппа со

средней степенью силовых качеств представлена тестостероном.

Немного другая картина наблюдается у легкоатлетов, гребцов и велосипедистов мужского пола. Количество клинических маркеров, показавших достоверную значимость в зависимости от носительства генотипов изучаемых спортивных генов, разнится в сторону уменьшения на 3 клинических параметра по сравнению с женщинами. В отличие от исследуемой группы женского пола вместо трансаминаз и киназ корреляционная зависимость обнаружена в гормонах андрогенной и тиреоидной направленности.

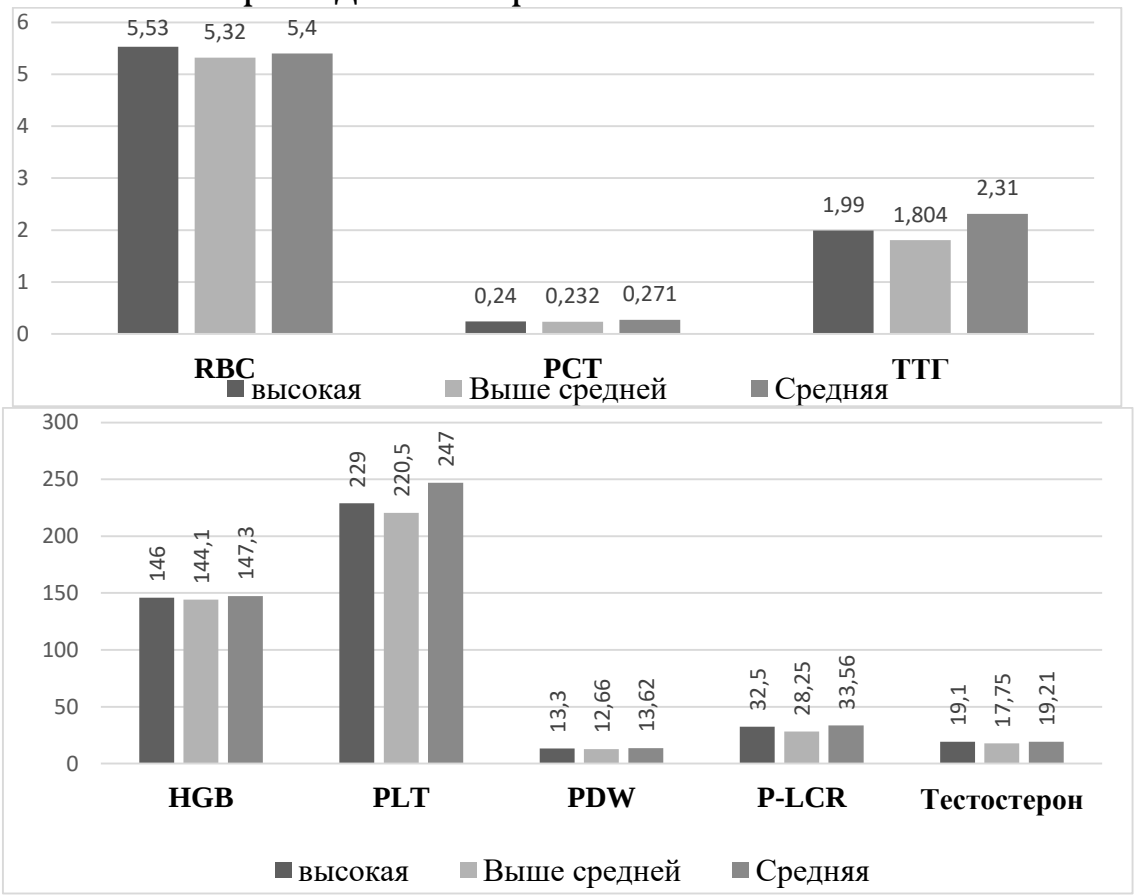


Рис. 5.4. Значение клинико-биохимических и гормональных показателей крови у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта в зависимости от степени выраженности проявлений выносливости у мужчин (M±m)

В группе выносливости, по активности клинико-биохимических маркеров 90% показателей представлены подгруппой со средней степенью выносливости. Так,

наибольшие значения в данной подгруппе наблюдаются у семи маркеров: HGB, PLT, PDW, P-LCR, PCT, TSH, и тестостерона по сравнению с группами высокой и средней выносливости. Лишь показатель эритроцитов крови RBC показал разницу в группе с высокой выносливостью. Характерно, что, как и женщины-атлеты, так и мужчины не выявлены в подгруппе с низкой степенью выносливости (рис.5.4).

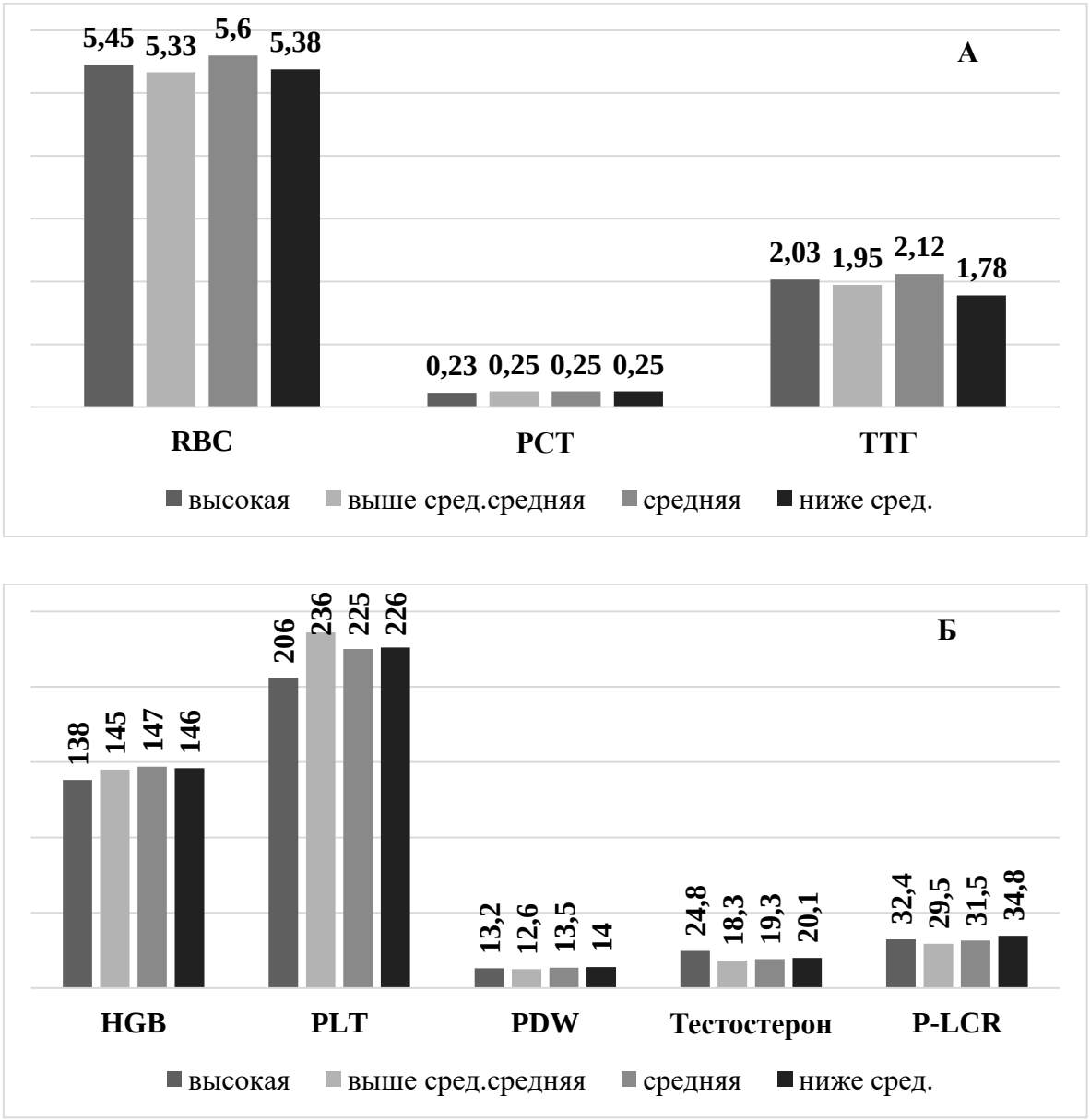


Рис. 5.5. Значение клинико-биохимических и гормональных показателей крови у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта в зависимости от степени выраженности проявлений быстроты у мужчин (M±m)

В отличие от женщин, не вошедших в подгруппу с высокой степенью проявления спринтерских характеристик во второй группе, ответственной за скоростные качества, мужчины проявили себя во всех четырех подгруппах спринтерского направления (рис.5.5). Коррелированные лабораторные показатели в количестве четырех маркеров сосредоточилось у лиц со средней степенью проявления скорости: RBC, PCT, TSH, HGB, у лиц ниже средней степени проявления скорости –PDW, P-LCR, с высокой степенью - TESTO, со степенью выше средней – PLT.

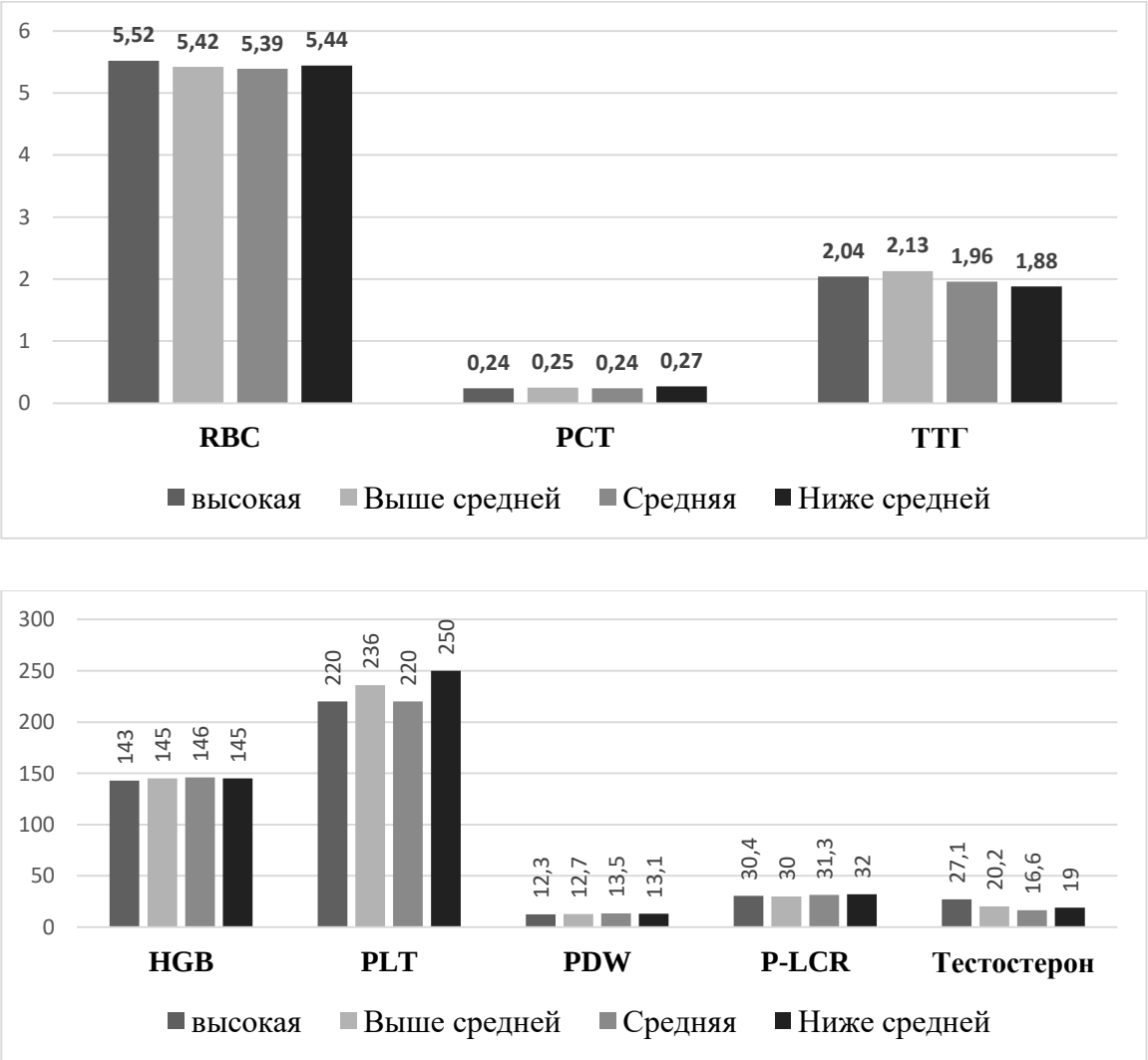


Рис. 5.6. Значение клинико-биохимических и гормональных показателей крови у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта в зависимости от степени выраженности проявлений силы у мужчин (M±m)

В последней исследуемой группе, отвечающую за силовые качества, у спортсменов циклических видов спорта, количество клинических маркеров с максимальными значениями распределилось следующим образом: RBC и тестостерон в подгруппе с высокой степенью силы, TSH- в подгруппе выше средней степени проявления спортивного качества, HGB и PDW- в средней, PLT, P-LCR, PCT – соответственно в группе с низкой степенью силовых характеристик (рис.5.6).

Таким образом результаты проведенных исследований показали, что изученные нами лабораторные индикаторы и его сдвиги по сравнению с контрольной группой у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, находятся в пределах, присущих для лиц, подвергающихся длительной интенсивной физической нагрузке и вполне соответствуют литературным данным, характеризующей деятельность спортсменов. Характерной особенностью выявленных нами сдвигов изученных нами лабораторных показателей является наличие закономерности, характеризующей качественные и количественные сопряженности этих индикаторов, особенно показатели красной части крови и зависимости этих показателей между собой. Особенно четко это проявляется при изучении форменных элементов крови, в частности, между высокими показателями содержания эритроцитов и их насыщенностью гемоглобином существует обратная зависимость. Это подтверждается соответственным изменением и в показателях кривой распределения эритроцитов. Аналогичного характера взаимообусловленность имеет место и по отношению кровяных пластинок – тромбоцитов.

Наряду с этим обращает на себя внимание наличие определенных взаимосвязей между качественно-количественными показателями форменных элементов, выполняющих функцию транспортировки О2, интенсивно поступающего к тканям. А также показателям ферментов и гормонов, участвующих в обмене веществ и энергообразовании в организме. Выявленные нами сдвиги со стороны изученных лабораторных маркеров у обследованных спортсменов

указывают на сложность этих взаимосвязей и самое главное, неоднозначность зависимости от конкретного спортсмена. Это обстоятельство еще раз свидетельствует о том, что у каждого спортсмена существуют «индивидуальные схемы» адаптации и реадаптации к интенсивным и длительным физическим нагрузкам, что реализуется путем выбора для конкретного спортсмена наиболее предпочтительными механизмами сопряжения качественных и количественных параметров изученных маркеров. Своевременное выявление и оценка этих особенностей является неким инструментом для формирования индивидуальным программ тренировок и достижения лучших спортивных результатов.

Другим важным аспектом, вытекающим из анализа полученных результатов, является наличие определенных гендерных различий, что имеет также немаловажное значение для оптимизации подготовки спортсменов в зависимости от их пола. В целом, сделанные нами умозаключения на основе оценки и анализа изученных лабораторных индикаторов, не являются новыми, однако характер их генетической детерминированности оставался малоизученным. В связи с этим результаты проведенных нами исследований о взаимосвязи сдвигов со стороны лабораторного фенотипа и носительства генетических вариантов генотипов ряда спортивных генов позволило нам понять механизмы качественной и количественной сопряженности показателей форменных элементов крови и их взаимосвязь с ферментами и гормонами крови – метаболомикой. При этом нами выявлено, что значения изученных нами лабораторных маркеров были неоднозначными в зависимости от носительства отдельных генотипов спортивных генов. Более того, они отличались от средних значений независимо от носительства генотипов изученных генов. Вопреки утверждению имеют место существенные сдвиги при проведении анализа с учетом носительства изученных нами генов.

Это обстоятельство свидетельствует о причастности спортивных генов и их ассоциаций в формировании ответной реакции организма на воздействие интенсивной физической

нагрузки, проявляющейся отклонениями со стороны лабораторного фенотипа. Изучение, оценка, анализ и раскрытие этих взаимосвязей позволила бы спортсмену формировать оптимальные возможности для проявления и реализации его скрытых возможностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Генетическая основа спортивных результатов в последнее время приобретает все большее значение как для решения проблемы отбора перспективных спортсменов, так и оптимизации тренировочного режима и подготовки спортсменов для эффективного выступления на престижных соревнованиях. И хотя уже проведены многочисленные генетические исследования и выявлено множество благоприятных (в спортивном отношении) аллелей различных генов, но «единого» гена, позволяющего решить все проблемы, так и не нашли и даже не удалось обнаружить ни одного спортсмена, обладающего идеальным генетическим профилем элитности.

К настоящему времени стало известно, что генетическое кодирование спортивной деятельности и ее детерминанты являются полигенными, а так называемый «генетический профиль» для успеха в спорте может фенотипически подразделяться на ряд противоположных друг другу видов (например, по выносливости, мощности, силе, скорости, координации и т.п.). На 2021 год общее число полиморфизмов ДНК, связанных со статусом спортсмена, составило 220, из которых только 97 маркеров оказались значимыми по крайней мере в двух исследованиях.

Действительно, проведенное нами исследование также свидетельствуют о том, что не все генетические маркеры спортивной успешности могут одинаково подтверждать результаты других исследований, проведенных среди спортсменов в разных странах [174;с.72-76]. Результаты проведенных исследований 16 спортивных генов показали, что по некоторым генам, аллели которых имеют отношение к выносливости, данные контрольной группы отличаются от международныхданных (более, чем на 10%). В частности, они оказались более высокими для PPARA и ACTN3, но менее - для AMPD1 (почти на 20%) и ADRB2 A>G. Анализ генетических данных стайеров, в зависимости от пробегаемой дистанции, выявил тенденцию к нарастанию количественного уровня почти всех аллелей выносливости с увеличением дистанции.

Причем для HIF1A и ADRB2 A>G такая картина наблюдается в виде скачка от средней до длинной дистанций, для AMPD1 и ACE – от короткой до средней, а для PPARA и ACTN3 в виде равномерного увеличения.

Вместе с тем, частота аллелей выносливости генов HIF1A и ADRB2 A>G спортсменов длительной двигательной активностью, предпочитающих короткие и средние длительности активности, мало чем отличались от таковых контрольной группы, тогда как аналогичное для PPARA выявлялось только при длительной двигательной активности. Для остальных случаев такая тенденция оказалось характерным для универсалов в отношении AMPD1 и ACE или марафонцев в отношении ACTN3.

Частота аллелей генов, имеющих отношение к мощности, в контрольной группе несколько отличалась от международных показателей. В частности, в нашем контроле этот показатель для ADRB2 C>G и PPARG2 оказался почти в 2 раза выше, для PPARA - почти в 2 раза ниже, а в отношении ADRB2 A>G и MTHFR проявлялась лишь тенденция к повышению (различия более 10%) относительно международных данных.

Характерной чертой изменения частоты аллелей среди спортсменов оказалось обратная зависимость величины их уровня от увеличения длины двигательной дистанции (за исключением PPARG2). Это проявлялось как в скачкообразном виде для NOS3 и ACE при переходе от коротких к средним дистанциям и для ADRB2 A>G, ADRB2 C>G и HIF1A при переходе от средних дистанций к более длинному, так и в виде постепенного снижения для ACTN3, PPARA и MTHFR.

Для частот аллелей мощности генов: NOS3, PPARA, PPARG2, ACE и ACTN3 в большей степени выявлялась тенденция к сближению с показателями контрольной группы и марафонцев. Однако для остальных генов это было характерным лишь в отношении как универсалов (MTHFR и ADRB2 C>G), так и стайеров, предпочитающих короткие дистанции, совместно с универсалами (ADRB2 A>G и HIF1A).

Поскольку для пяти генов (ACTN3, MTHFR, PPARA, PPARG2 и HIF1A) описываемые аллели, отражающие процессы

мощности, имеют отношение и к проявлению силы. В частности, здесь выявлена тенденция к преимущественному сближению показателей контрольной группы и длинных двигательных дистанций, тогда как для генов PPARA и PPARG2 проявляются двукратные отличия между контрольными и международными параметрами. Частота аллелей выносливости остальных генов, хотя и оказалась повышенной у спортсменов при возрастании предпочитаемой двигательной активности, но они либо достигали (PPARA), либо только приближались к контрольному уровню (ACE и ACTN3).

Относительно аллелей мощности, самые высокие значения в группе спортсменов, на коротких дистанциях, с постепенным их снижением при увеличении расстояний и в некоторой степени превышающие контрольный уровень значения у спортсменов работающих более длинных дистанциях, наблюдались для генов NOS3, ACE и ACTN3. В остальных случаях (за исключением AMPD1, динамика которой описана выше) они либо ни в одной группе не превышали контрольный уровень (ADRB2 A>G, ADRB2 C>G, HIF1A и PPARG2), либо были выше этого уровня у стайеров, соревнующихся на коротких дистанциях, но с увеличением пробегаемого расстояния снижались и оказывались ниже контрольных значений у соревнующихся в длинных дистанциях (MTHFR и PPARA).

В целом стало ясно, что генетический профиль спортсменов, занимающихся в длинных дистанциях, характеризуется абсолютным превалированием аллелей выносливости по генам HIF1A и AMPD1, а также некоторым превышением от контрольного уровня аллеля выносливости гена ADRB2 A>G. Полученные результаты хорошо согласуются с литературными данными, в которых обнаружена значительная связь между бета-2-адренергическим рецептором (ADRB2) rs1042713 и аденозинмонофосфат-деаминазой 1 (AMPD1) rs17602729 и самым быстрым завершением марафона среди спортсменов-мужчин. Это находится в соответствии также между активацией гена HIF1A и высоким значение $\dot{V}O_{2max}$, являющегося важным фактором, определяющим производительность марафонского бега.

По мнению Ahmetov et al. [145;с.3-8], наиболее перспективными генетическими маркерами в отношении выносливости считаются PPARA rs4253778, силе - PPARG rs1801282 и мощности - ACTN3 rs1815739, AMPD1 rs17602729 и NOS3 rs2070744.

Однако результаты наших исследований показали, что к понятию перспективности генетических маркеров надо подходить дифференцированно, поскольку они могут различаться в зависимости от специализации спортсмена и выбора соответствующих дистанций. По нашему мнению, перспективными генетическими маркерами для стайеров, в зависимости от предпочитаемой дистанции, можно назвать следующие аллели генов, значительно превышающие контрольный уровень:

- для длинных дистанций по выносливости - HIF1A и AMPD1, по мощности - AMPD1, NOS3 и ACTN3;

- для универсалов - AMPD1 и по мощности - NOS3, ACTN3, PPARA;

- для стайеров коротких дистанций по мощности - NOS3, ACTN3, PPARA, MTHFR и ACE.

Наши данные свидетельствуют, что общими для всех стайеров перспективными генетическими маркерами становятся аллели по мощности генов NOS3 и ACTN3, тогда как для марафонцев и универсалов к ним добавляется еще и AMPD1.

Результаты наших исследований согласуются с литературными данными, где показана связь полиморфизмов ACTN3 и ACE со специфическими спринтерскими фенотипами, т. е. вариант ACTN3 rs1815739 в большей степени влияет на бег на 200 м (спринтерская скорость), а полиморфизм ACE ID в большей степени вовлечен в бег на более длинные дистанции - 400 м (спринтерская производительность). В то же время было обнаружено, что у бегунов олимпийского класса, соревнующихся от коротких дистанций (100 м) до сверхмарафонских, выявляется избыток аллеля I ACE (характерный для выносливости), тогда как ACTN3 является единственным геном, который демонстрирует связь между генотипом и производительностью в нескольких когортах

элитных силовых спортсменов.

Поскольку генетическая обеспеченность атлетических показателей очень сложна, выявленные различия между группами в аллельной частоте каждого полиморфизма, создают необходимость использования новых подходов для установления генетического вклада в спортивное совершенство.

Следовательно, для победы в более длинных дистанциях решающую роль может играть обладание генотипами выносливости, поскольку с увеличением предпочитаемой дистанции, выраженность, частота аллельного спектра возрастает, а доля аллелей, связанных с мощностью и силой, наоборот, снижается. Согласно данным ряда авторов, медленно сокращающиеся мышечные волокна лучше реагируют на низкоинтенсивные тренировки с отягощениями или аэробные тренировки, тогда как быстро сокращающиеся мышечные волокна лучше подходят для высокоинтенсивных (силовых) или анаэробных тренировок. На этом основании, при условии определения рекомендуемых маркеров у начинающих спортсменов, выявленный спектр генотипов можно использовать для подбора вида тренировок, соответствующего для конкретного индивида.

Таким образом перспективными генетическими маркерами для всех спортсменов стайеров оказались аллели по мощности генов NOS3 и ACTN3, а для марафонцев также еще AMPD1 и аллель по выносливости - HIF1A. В то же время, для атлетов, занимающихся на средних дистанциях по показателю мощности было добавлено PPARA, а для спортсменов, предпочитающих короткие дистанции, - также PPARA, MTHFR и ACE.

Выявленное превалирование генотипов выносливости относительно мощностно-силового типа, у лиц, не занимающихся спортом, по-видимому, связано с естественным отбором вследствие проживания в условиях аридной климатической зоны Узбекистана. Мы предполагаем, что комбинация сложных многофакторных взаимодействий между различными генами и факторами окружающей среды иметь

существенное влияние на конечный результат, приводя к необходимости дифференцированно подходить к подбору генетических маркеров для стайеров, в зависимости от их предпочтения пробегаемой дистанции. Это соответственно позволит в спортивной практике дифференцированно подобрать для каждого стайера эффективные и целенаправленные программы физической подготовки.

Литературные данные и наши данные, которые мы получили на основании анализа отдельных генов и их аллельно-генотипного распределения среди изучаемых нами спортсменов не позволяют прогнозировать спортивную результативность с высокой степенью достоверности. Так как, спортивные качества или спортивный «дар» - это суммарные понятия, которые формируются на основании взаимосвязанного сопряженного действия многих механизмов, которые контролируются различными генами и их аллельно-генотипными вариантами по принципу ген-ген взаимоотношений. Такие основные признаки, как выносливость, быстрота, гибкость, сила и т.д. зависят от ряда механизмов, в частности от анатомической особенности мышечных волокон, преобладания быстро сокращающихся мышц, степени обеспеченности энергией этих мышц, от чувствительности этой ткани к гипоксии, от субстратов, используемых для образования макроэргов и ряд других. В то же время эти механизмы контролируются различными генетическими детерминантами, порой не относящимися к спортивным генам.

Видимо это и есть причина того, что даже при наличии благоприятного для того или иного спортивного признака генетических данных не всегда можно получить ожидаемый успех у этого атлета, поскольку один ген еще не может характеризовать спортивный прогноз в достаточной мере. Действительно, исследования, проведенные в последнее время, убедительно показывают, что наличие различных аллельно-генотипных вариантов отдельных, наиболее приоритетных для спорта генов и спортивные результаты у их носителей не всегда коррелируются. Порой полученные заключения о

приоритетности для того или иного вида спорта генетических данных претерпевают заметные изменения, так как сложно делать прогноз с высокой доказательной основой.

В связи с этим важным является изучение ассоциаций по мере возможности большего количества генов, имеющих приоритетное значение в реализации спортивных признаков через призму проявления спортивных признаков. Не придавая в этом акцент на наличие благоприятных аллелей или генотипов спортивных генов, взятых по отдельности. Это обстоятельство диктует необходимость оценки роли спортивных генов в спортивной результативности с учетом их взаимосвязей или ассоциаций – так называемого суммарного вклада генов детерминант, контролирующих тот или иной спортивный признак. Такой подход к анализу и осмыслению роли генетических детерминант в спортивной деятельности будучи сравнительно новым, позволяет акцентировать внимание не на отдельные гены-кандидаты, а на совокупность вклада множеств генов, контролирующих спортивный признак через различные механизмы. Однако при этом важным является оценка суммарного вклада генов, контролирующих различные механизмы реализации функций организма, а не дублирующие однотипные механизмы. Для осуществления анализа генетических детерминант спортивной деятельности нами были выделены 16 генов-кандидатов, которые имеют непосредственную связь со спортивными проявлениями качеств выносливости и скорости/силы.

Результаты наших исследований показали, что в целом как среди спортсменов, занимающихся велоспортом, так и у легкоатлетов и гребцов на байдарке и каноэ преобладают ассоциации генотипов, ответственных за выносливость по сравнению с ассоциацией генотипов, ответственных за силу и скорость. Однако имеет место некоторое количественное различие во встречаемости этих ассоциаций в зависимости от вида циклического спорта. Так, если среди спортсменов, занимающихся велоспортом и легкой атлетикой ассоциации генотипов, ответственных за выносливость охватывают половину изученных нами генов, то среди спортсменов,

занимающихся греблей, преобладание составляет около 42% изученных нами генов. В то же время ассоциации генотипов, ответственных за силу и скорость охватывают 18,75% изученных нами генов среди спортсменов, занимающихся легкой атлетикой, 15,62% - греблей на байдарке и каноэ и лишь 12,5% среди спортсменов, занимающихся велоспортом. Следовательно, если наибольшее число охватов генотипов, ответственных за выносливость, имеет место среди спортсменов, занимающихся велоспортом и легкой атлетикой, то наименьшее число охватов – среди спортсменов, занимающихся греблей на байдарке и каноэ. В то же время наибольшее число охватов генотипов, ответственных за силу и скорость, имеет место среди спортсменов, занимающихся легкой атлетикой, а наименьшее – среди спортсменов, занимающихся велоспортом. Это обстоятельство, указывает на необходимость учета особенностей встречаемости ассоциаций генотипов, ответственных за те или иные спортивные качества при выборе индивидуального плана подготовки спортсменов, занимающихся изучаемыми видами спорта и дифференцированного подхода к выбору режима тренировок. Такой подход к тренировочному процессу позволил бы существенно улучшить результативность подготовительного периода и способствовал предупреждению риска развития перенапряжения, утомления и перетренированности.

В то же время тестирование, проведенное по отношению к генотипам, ответственным за быстроту и силу, указывает на то, что наиболее высокий охват исследуемых генов не превышает 31,25% (5 генов из 16 исследуемых), и это имеет место лишь у 1/3 спортсменов.

Более того, проведенный анализ показывает, что одинаковый охват как генотипов выносливости, так силы и скорости у одного и того же спортсмена имеет место лишь 12,5% случаев, независимо от вида спорта. Это обстоятельство еще раз указывает на преимущественную встречаемость генотипов выносливости среди обследованных нами спортсменов и диктует необходимость проведения адекватного тренировочного процесса.

Для нас представлял определенный интерес изучения оценки суммарного вклада исследуемых нами спортивных генов в проявлениях основных спортивных качеств у спортсменов с ДЮСШ, занимающихся соответствующими видами циклического спорта. Результаты этих исследований показали наличие определенных различий в ассоциации генов по сравнению с взрослыми спортсменами. Сравнительно высокая частота встречаемости среди детей-спортсменов таких алелльно-генотипных вариантов генов G/G IL15RA, G/G L3MBTL4, C/C PPARA, T/T MTHFR, C/C HIF 1A, C/C ADRB2, C/C NOS нивелируется и их удельный вес снижается у взрослых спортсменов, а сравнительно низкая частота встречаемости среди детей-спортсменов аллельно-генотипных вариантов генов T/T IL15RA, A/A PPARG1A, T/T UCP2, C/C MTHFR, T/T NOS, наоборот, увеличивается среди взрослых спортсменов.

Из представленных результатов следует, что по мере перехода спортсменов с детского возраста на взрослый претерпевает изменение в количестве спортсменов с носительством ассоциации генов изученных нами спортивных генов. Это может отражаться на проявлениях спортивного фенотипа и прежде всего проявлениях выносливости, силы и скорости, а также проявления степени их выраженности, что играет определенную роль в формировании тренировочных программ, направленных на повышение спортивного мастерства и достижения спортивных результатов. Это обстоятельство диктует необходимость разработки системы отбора одаренных детей спортсменов по генетическому набору благоприятных качеств по проявлению выносливости, силы и скорости и надлежащего их мониторинга на этапах спортивного совершенствования.

Современные генетические исследования, проведенные среди спортсменов высоких достижений, свидетельствуют о том, что вариации в генах также влияют на развитие и проявление таких качеств как быстрота, сила и выносливость. Выявление у спортсмена того или иного генетически детерминированного физического качества позволяет прогнозировать успех атлета в определенном виде спорта, где

отдаются предпочтения определенным физическим качествам, адекватно планировать тренировочный процесс и спортивную деятельность в целом. Однако указанные физические качества могут проявляться у спортсмена в разной степени выраженности. Это обстоятельство диктует необходимость осуществления градации проявлений выявленных физических признаков и качеств. В связи с этим в настоящем разделе работы нами была изучена степень выраженности физических качеств (выносливость, быстрота, сила) спортсмена по следующей градации: **высокая, выше средней, средняя и ниже средней степени.**

Результаты проведенных исследований указывают на наличие определенных различий в степени выраженности проявлений таких спортивных качеств как выносливость, сила и скорость. При этом, независимо от занимаемого вида спорта, у 1/3 спортсменов имеет место высокая степень выносливости, у 2/5 части - выше средней степени и ¼ части - в средней степени. А выносливость ниже средней степени практически не встречается среди обследованных спортсменов.

При изучении степени выраженности скоростных качеств (быстрота) у обследованных спортсменов было выявлено, что скоростные качества, проявляющиеся в высокой степени, имело место лишь у единичных спортсменов (3,3%), в степени ввыше средней - у каждого второго спортсмена, в средней степени – почти у каждого третьего спортсмена и в степени ниже средней – у каждого 6-7 спортсмена, соответственно.

При изучении степени выраженности силовых качеств (сила) у обследованных спортсменов было выявлено, что у 1/3 спортсменов имело место проявление силовых качеств в степени выше средней, у 1/2 части – в средней степени и 1/7 части - ниже средней степени, соответственно. В то же время силовые качества, проявляющиеся в высокой степени, практически не встречались среди обследованных спортсменов. Следовательно, если среди спортсменов выносливость представлена преимущественно в высоких степенях, то скорость и сила - преимущественно в средней и выше средней степени. Более того, если выносливость, проявляющаяся в

высокой степени, имеет место у каждого третьего спортсмена, то скорость и сила в подобной степени практически не встречается среди обследованных спортсменов.

Анализ показывает, что существует различия в степени выраженности проявлений исследуемых спортивных признаков и в зависимости от вида спорта. При этом выявлено, что среди велосипедистов показатель выносливости одинаково часто представлены высокой и выше средней степенями выраженности. Среди велосипедистов практически не встречаются атлеты со степенью выраженности выносливости ниже средней. В то же время среди них скоростные и силовые качества встречаются преимущественно в выше средней и средней степенях. Однако, в отличие от скоростных качеств, силовые качества чаще проявляются в средней степени выраженности, т.е. прослеживается своеобразное «скольжение» степени выраженности изучаемого спортивного качества от более выраженного к менее выраженному.

Подобный анализ, проведенный среди спортсменов легкоатлетов показывает, что показатель выносливости у половины спортсменов встречается в выше средней степени, у ¼ спортсменов встречается в высокой и средней степенях выраженности. В то же время среди них быстрота и скорость преимущественно представлены степенью выше средней. Однако, и здесь отмечается своеобразное «скольжение» степени выраженности изучаемых спортивных качеств от более выраженной к менее выраженной.

Среди гребцов показатель выносливости одинаково часто представлен высокой и выше средней степенями и реже в средней степени выраженности. В то же время показатель быстроты встречается преимущественно в выше средней и средней степенях, а быстрота у каждого пятого спортсмена проявляется в ниже средней степени выраженности.

Полученные данные позволяют делать умозаключение о том, что независимо от вида спорта прослеживается четкая картина существенного преобладания выносливости, проявляющейся в высокой и выше средней степени выраженности. Однако, это тенденция наиболее выражена

среди спортсменов, занимающихся греблей, наименее - среди спортсменов, занимающихся велоспортом. В то же время быстрота среди обследованных спортсменов проявляется в основном в менее выраженных степенях. При этом у подавляющего количества спортсменов, это качество проявляется выше средней и средней степенями и охватывает 85% спортсменов-легкоатлетов, 80% спортсменов-велосипедистов и 75% спортсменов-гребцов. Почти аналогичная картина прослеживается по отношению проявлений силовых качеств. Необходимо отметить, что «пик» частоты встречаемости скоростных и силовых качеств по степеням не совпадают. При этом, если «пик» частоты встречаемости скоростных (быстрота) качеств приходит к спортсменам с выше средней степенью быстроты, то «пик» частоты встречаемости силовых качеств – к спортсменам со средней степенью их проявлений. Следовательно, среди обследованных спортсменов выносливость проявляются в основном в высоких степенях, и это лучше прослеживается среди спортсменов-гребцов. Скоростные и силовые качества заметно уступают выносливости как по частоте встречаемости, так и по степени их выраженности. Это особенность также четко наблюдается среди спортсменов -гребцов по сравнению с велосипедистами и легкоатлетами. Более того, имеет место феномен «скольжения» пика выраженности проявлений спортивных качеств от скоростным к силовым качествам. Это подтверждается и результатами анализа соотношения удельного веса встречаемости проявлений выносливости, быстроты и силы среди обследованных спортсменов в зависимости от их степени проявлений. При этом соотношение выносливость: быстрота: сила среди спортсменов с высокой степенью их проявления составляет 19,6:10,0:1,0. В то же время, это соотношения среди спортсменов с выше средней и средней степенями их проявлений составляют, соответственно 1,0:1,1:1,3 и 1,0:1,2:2,0.

Учет этих закономерностей, обусловленной генетическими особенностями организма спортсмена при их подготовке несомненно служит своеобразным подспорьем для разработки

дифференцированного подхода учебно-тренировочного процесса и формированию персональных программ достижения высоких спортивных результатов.

Выявленные в ходе исследования генетические детерминированные персональные спортивные качества обследованных спортсменов позволили оценить как сильные, так и слабые стороны генетического потенциала спортсмена, требующие учета в тренировочном процессе путем анализа ассоциаций множества генетических маркеров. Вместе с тем изученные нами генетические маркеры спортивной успешности участвуют и в реализации других функций организма, оказывающих опосредованное влияние на физическую работоспособность человека, что позволяет определить дополнительные генетические особенности спортсмена.

К числу таких функции организма, детерминированых отдельными генотипами спортивных генов мы включили восстановление универсального энергетического источника – АТФ, позволяющего оценить вероятность выполнения интенсивных тренировочных объемов и адекватность восстановительных процессов; уровень ферментов, участвующих в анаэробном энергообеспечении в условиях высокой физической нагрузки, позволяющий оценить эффективность энергообеспечения при анаэробной нагрузке; чувствительность тканей к инсулину и развития его анаболического эффекта; эффективность использования организмом жирных кислот и глюкозы; состояния тонуса сосудов, связанного с лучшей адаптацией к спортивным тренировкам; синтез белка α актинин-3, контролирующего стабилизацию быстрых мышечных волокон, необходимого для скоростных и силовых качеств; минеральная плотность костной ткани.

В зависимости от носительства того или иного генотипа, ответственного за указанные качества, они были условно разделены на благоприятные, неблагоприятные, не очень благоприятные и обычные (нормальные). Результаты, проведенные в этом направлении исследования, показали, что

среди спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта указанные генетически детерминированные качества распределены по-разному. Анализ частоты встречаемости генетически обусловленного свойства восстановления энергии при физических нагрузках среди обследуемых нами спортсменов свидетельствует о том, что наиболее высокий удельный вес спортсменов, у которых имеет место генотип с благоприятным эффектом восстановления энергии при физических нагрузках, встречается среди гребцов, доля которых достигает до 80%. А наиболее низкий удельный вес имеет место среди велосипедистов, доля которых составляет лишь половину атлетов, занимающихся этим видом спорта. В то же время у остальных спортсменов имеет место неблагоприятный и не очень благоприятный генотип, при отсутствии нормального генотипа. Следовательно, больше половины обследованных спортсменов, независимо от вида спорта имеют генотипы, обеспечивающие благоприятный эффект по восстановлению энергии при физических нагрузках.

Анализ встречаемости свойства энергообеспечения при анаэробной нагрузке, как и в случае с свойством восстановления энергии при физических нагрузках, наибольшее количество атлетов с благоприятным энергообеспечением при анаэробной нагрузке выявляется среди гребцов. А у велосипедистов и легкоатлетов встречается в единичных случаях. Однако этот признак в большинстве случаев проявился в пределах нормальной физиологической интенсивности.

Анализ характера чувствительности к инсулину в зависимости от носительства того или иного генотипа спортивных генов среди обследуемых атлетов указывает на сравнительно высокую частоту встречаемости нормального для физиологического условия чувствительность к инсулину. При этом благоприятная для спорта чувствительность к инсулину чаще встречается у гребцов по сравнению с велосипедистами и легкоатлетами. Учитывая важность для физической деятельности, особенно для энергообеспечения сердца, жирных кислот, нами отдельно проанализирован характер использования последних у обследуемых спортсменов. Среди

обследованных спортсменов в основном встречаются атлеты с нормальной эффективностью использования жирных кислот для покрытия энергозатрат. А благоприятным эффектом использования жирных кислот обладают ограниченное число атлетов: от каждого седьмого до каждого третьего атлета Другим энергетическим субстратом является глюкоза. Этот субстрат в основном используется для покрытия энергических расходов мышечной работы. Результаты исследований показывают, что 4/5 атлетов, занимающихся греблей, более 2/3 атлетов, занимающихся велоспортом и ½ атлетов, занимающихся легкой атлетикой, имеют благоприятную эффективность использования глюкозы. А остальные демонстрируют нормальную эффективность использования последнего в качестве энергетического материала. Необходимо отметить, что использование указанных энергетических субстратов в условиях физических нагрузок, судя по носительству генетических предикторов, не носит с точки зрения эффективности неблагоприятный или не очень благоприятный характер.

Установлено, что работоспособность, адаптация к спортивным тренировкам, достигаемый уровень спортивных результатов, особенно в тех видах спорта, где предпочтения отдаётся выносливости, наряду с другими факторами находится в прямой зависимости от состояния тонуса сосудов и обеспеченностью кровью. Результаты проведенных в этом направлении исследований показывают, что у половины гребцов, у 30% велосипедистов и у 65% легкоатлетов, судя по генетическому профилю, отмечается адекватно-нормальный тонус сосудов. У 35% гребцов, 50% велосипедистов и 15% легкоатлетов выявлен благоприятный генетический потенциал тонуса сосудов. Однако у каждого седьмого гребца, у каждого пятого велосипедиста и легкоатлета имеют место генетические детерминанты неблагоприятного тонуса сосудов. Это обстоятельство указывает на вероятность развития у них артериальной гипертензии и гипертрофии миокарда.

Общеизвестно, что для видов спорта, требующих развития скоростных и силовых качеств, весьма важным является синтез

белка альфа актинина-3, ответственного за стабилизацию быстрых мышечных волокон. В связи с этим были изучены генетические предикторы эффективности работы быстрых мышечных волокон. Среди обследованных спортсменов у подавляющего большинства видна причастность к нормальному потенциалу работы быстрых мышечных волокон. Вместе с тем практически не встречаются атлеты с благоприятным потенциалом синтеза белка альфа актинина-3. Однако, 30% гребцов даже имеют неблагоприятный потенциал для эффективной работы быстрых мышечных волокон, что препятствует успешному проведению спортивных занятий на наращивания, требующих развития скоростных и силовых показателей.

У обследованных нами спортсменов в основном имеет место нормальный потенциал минеральной плотности костной ткани (в основном у легкоатлетов) и благоприятный для повышенной минеральной плотности костной ткани (в основном у гребцов) генотипы. Эти результаты указывают на наличие у атлетов протективных признаков, снижающих риск развития остеопароза и артрита.

Таким образом, анализ и обобщение результатов проведенных исследований позволяет сделать умозаключение о том, что у обследованных спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, выявляются дополнительные генетические особенности, характеризующие направленность и эффективность адаптативных процессов организма в условиях высоких физических нагрузок. К числу которых относятся характер восстановления энергии, эффективность процессов энергообразования при анаэробной нагрузке, чувствительность тканей к инсулину и способность мышц усваивать глюкозу, эффективность использования жирных кислот и глюкозы тканями в качестве энергетического материала и ряд других свойств, участвующих в реализации ответной реакции организма на воздействия высоких, интенсивных и длительных физических нагрузок. Установлено, что обнаруженные генотипы спортивных генов и их ассоциации могут служит потенциальным по отношению реализации того или иного

признака как благоприятным, так и неблагоприятным генотипом. Как показывают результаты наших исследований генетические основы исследуемых нами признаков у большинства спортсменов соответствуют нормальному физиологическому профилю организма. Вместе с тем такие генетически обусловленные признаки, как эффективность использования глюкозы, минеральная плотность костной ткани встречаются среди большего количества атлетов в качестве лучшего или благоприятного потенциала для эффективного проведения тренировочного процесса и достижения успехов в спортивной деятельности. Необходимо отметить, выявленные нами дополнительные генетические особенности и характер их влияния на реализацию этих признаков требуют учета при формировании тренировочного процесса и должны служить в качестве критерия для дифференцированного и персонализированного подхода к их реализации. В то же время проведение целенаправленной подготовки спортсменов с учетом выявленных дополнительных генетических особенностей способствуют раскрытию их резервного физического потенциала и достижению успеха. При проведении исследований клинико-биохимических и гормональных показателей крови у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, в зависимости от носительства генотипов изучаемых спортивных генов, нами было выявлено, что независимо от гендерных различий достоверная разница выявлена в 5 генах: ACTN3, L3MBTL4, PPARG2, HIF1A, NOS3 и в 6 клинико-биохимических маркерах: PDW, P-LCR, HGB, PLT, PCT, тестостерон. Значения исследуемых гематологических, биохимических и гормональных показателей неоднозначны в зависимости от носительства генотипов изучаемых генов: содержание эритроцитов и тромбоцитов, концентрация гемоглобина, кривая распределения эритроцитов и тромбоцитов и других показателей форменных элементов крови носят сравнительно выраженный характер изменений среди спортсменов с носительством генотипов Del/Del гена ACE (RBC), C/T генотипа гена HIF1A (HGB), A/A генотипа гена VDR (PLT).А уровень

ферментов и гормонов крови – среди спортсменов с носительством генотипов A/A гена PPARGC1A (ALT) G/G ADRB2 (rs1042713) (AST), C/T генотипа гена HIF1A (СК), A/A генотипа гена VDR (TESTO). Исходя из генетической принадлежности профессиональных спортсменов легкоатлетов, гребцов и велосипедистов, в коррелированных биохимических маркерах нами были разграничены различные степени выраженности физических качеств (выносливость, быстрота, сила) спортсменов по следующей градации: высокая, выше среднего, средняя и ниже средней степени. Сравнительная характеристика была выстроена у клинических маркеров, которые показали достоверную значимость как у женщин (MCV, PDW, P-LCR, СК, ALT, тестостерон, HGB**,** RDW-CV, PCT, PDW, MPW, P-LCR, PLT), так и у мужчин (PLT, PCT, PDW, P-LCR, RBC, TSH, HGB**,** тестостерон) – профессиональных атлетов. Из полученных данных следует, что среди обследованных спортсменов такое спортивное качество как выносливость представлено преимущественно в высоких степенях и составило разницу по сравнению со скоростно-силовыми качествами на 30%. При этом среди обследованных число спортсменов со степенью выше средней 48,3% скоростной выносливости, а силовая выносливость достигает 51,6 %.

Коррелированные клинико-биохимические маркеры были просчитаны с высокой, выше средней, средней и ниже средней степенями выносливости, силы и скорости у мужчин и женщин профессиональных спортсменов циклических видов спорта. PLT и ALT показали достоверную значимость в высокой степени проявления выносливости. Наибольшее количество красной части крови представлено у выносливых выше средней степени спортсменов. В средней и низкой степенях выносливости достоверная значимость не была выявлена.

У женщин-спортсменок, генетически предопределенных в группу выносливости, по активности клинико-биохимических маркеров проявила себя подгруппа со степенью выносливости выше средней. Так, наибольшие значения в данной подгруппе наблюдаются у восьми маркеров: Hb, MCV, PDW, MPW, P-LCR, СК, TESTO по сравнению с группами высокой и средней

выносливости.

В подгруппе с высокой степенью выносливости наибольшие значения выявлены у 3х маркеров: PLT, PCT и ALT. В подгруппе со средней степенью выносливости максимальных значений не было выявлено ни одного маркера. Надо отметить, что женщины-атлеты, принадлежащие к данной подгруппе, не вошли в последнюю подгруппу с низкой степенью выносливости.

Во второй группе, ответственной за скоростные качества, спортсменки-циклики не вошли в подгруппу с высокой степенью проявления спринтерских характеристик. В подгруппах с низкими скоростными качествами количество клинических маркеров с максимальными значениями распределилось у пяти маркеров: MCV, PLT, RDW-CV, PCT, TESTO, в группе со средней степенью быстроты PDW, MPV, P-LCR и CK. В группе с выносливостью выше среднего уровня представлен лишь ALT.

В третьей группе, ответственной за взрывную силу, также не выявлена высокая степень этого качества. Из чего можно сделать вывод о том, что исследуемая нами группа элитных спортсменок имеет наибольшее проявление в спортивной выносливости. Там, где силовые качества представлены в низкой степени наблюдается распределение наибольшего количества клинических маркеров с максимальными значениями. А именно: Hb, MCV, PLT, RDW-CV, PDW, MPW, P-LCR и PCT. В подгруппу со степенью выраженности силовых качеств выше средней вошли ALT и CK. Подгруппа со средней степенью силовых качеств представлена тестостероном.

Немного другая картина наблюдается у легкоатлетов, гребцов и велосипедистов мужского пола. Количество клинических маркеров, показавших достоверную значимость в зависимости от носительства генотипов изучаемых спортивных генов, разнится в сторону уменьшения на 3 клинических параметра по сравнению с женщинами. В отличие от исследуемой группы женского пола вместо трансаминаз и киназ корреляционная зависимость обнаружена в гормонах андрогенной и тиреоидной направленности.

В группе выносливости, по активности клинико-биохимических маркеров 90% показателей представлены подгруппой со средней степенью выносливости. Так, наибольшие значения в данной подгруппе наблюдаются у семи маркеров: HGB, PLT, PDW, P-LCR, PCT, TSH, и тестостерона по сравнению с группами высокой и средней выносливости. Лишь показатель эритроцитов крови RBC показал разницу в группе с высокой выносливостью. Характерно, что, как и женщины-атлеты, так и мужчины не выявлены в подгруппе с низкой степенью выносливости.

В отличие от женщин, не вошедших в подгруппу с высокой степенью проявления спринтерских характеристик во второй группе, ответственной за скоростные качества, мужчины проявили себя во всех четырех подгруппах спринтерского направления. Коррелированные лабораторные показатели в количестве четырех маркеров сосредоточилось у лиц со средней степенью проявления скорости: RBC, PCT, TSH, HGB, у лиц ниже средней степени проявления скорости –PDW, P-LCR, с высокой степенью - TESTO, со степенью выше средней – PLT.

В последней исследуемой группе, отвечающую за силовые качества, у спортсменов циклических видов спорта, количество клинических маркеров с максимальными значениями распределилось следующим образом: RBC и тестостерон в подгруппе с высокой степенью силы, TSH- в подгруппе выше средней степени проявления спортивного качества, HGB и PDW- в средней, PLT, P-LCR, PCT – соответственно в группе с низкой степенью силовых характеристик.

Таким образом результаты проведенных исследований показали, что изученные нами лабораторные индикаторы и его сдвиги по сравнению с контрольной группой у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, находятся в пределах, присущих для лиц, подвергающихся длительной интенсивной физической нагрузке и вполне соответствуют литературным данным, характеризующей деятельность спортсменов. Характерной особенностью выявленных нами сдвигов изученных нами лабораторных показателей является наличие закономерности, характеризующей качественные и

количественные сопряженности этих индикаторов, особенно показатели красной части крови и зависимости этих показателей между собой. Особенно четко это проявляется при изучении форменных элементов крови, в частности, между высокими показателями содержания эритроцитов и их насыщенностью гемоглобином существует обратная зависимость. Это подтверждается соответственным изменением и в показателях кривой распределения эритроцитов. Аналогичного характера взаимообусловленность имеет место и по отношению кровяных пластинок – тромбоцитов.

Наряду с этим обращает на себя внимание наличие определенных взаимосвязей между качественно-количественными показателями форменных элементов, выполняющих функцию транспортировки О2, интенсивно поступающего к тканям. А также показателям ферментов и гормонов, участвующих в обмене веществ и энергообразовании в организме. Выявленные нами сдвиги со стороны изученных лабораторных маркеров у обследованных спортсменов указывают на сложность этих взаимосвязей и самое главное, неоднозначность зависимости от конкретного спортсмена. Это обстоятельство еще раз свидетельствует о том, что у каждого спортсмена существуют «индивидуальные схемы» адаптации и реадаптации к интенсивным и длительным физическим нагрузкам, что реализуется путем выбора для конкретного спортсмена наиболее предпочтительными механизмами сопряжения качественных и количественных параметров изученных маркеров. Своевременное выявление и оценка этих особенностей является неким инструментом для формирования индивидуальным программ тренировок и достижения лучших спортивных результатов.

Другим важным аспектом, вытекающим из анализа полученных результатов, является наличие определенных гендерных различий, что имеет также немаловажное значение для оптимизации подготовки спортсменов в зависимости от их пола. В целом, сделанные нами умозаключения на основе оценки и анализа изученных лабораторных индикаторов, не

являются новыми, однако характер их генетической детерминированности оставался малоизученным. В связи с этим результаты проведенных нами исследований о взаимосвязи сдвигов со стороны лабораторного фенотипа и носительства генетических вариантов генотипов ряда спортивных генов позволило нам понять механизмы качественной и количественной сопряженности показателей форменных элементов крови и их взаимосвязь с ферментами и гормонами крови – метаболомикой. При этом нами выявлено, что значения изученных нами лабораторных маркеров были неоднозначными в зависимости от носительства отдельных генотипов спортивных генов. Более того, они отличались от средних значений независимо от носительства генотипов изученных генов. Вопреки утверждению имеют место существенные сдвиги при проведении анализа с учетом носительства изученных нами генов.

Это обстоятельство свидетельствует о причастности спортивных генов и их ассоциаций в формировании ответной реакции организма на воздействие интенсивной физической нагрузки, проявляющейся отклонениями со стороны лабораторного фенотипа. Изучение, оценка, анализ и раскрытие этих взаимосвязей позволила бы спортсмену формировать оптимальные возможности для проявления и реализации его скрытых возможностей.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ:

1. Рекомендуется внедрение индивидуальной тренировочной программы, адекватного, дифференцированного и персонального тренировочного процесса спортсменов в циклических видах спорта с учетом благоприятных ассоциаций генотипов спортивной успешности и дополнительных (скрытых) генетических особенностей организма спортсмена, связанной с выявленной характеристикой генотипов;

2. Выявленные нами различия в частоте встречаемости генотипов спортивных генов между юными спортсменами и спортсменами высоких достижений указывают на необходимость разработки дифференцированного подхода к отбору и селекции одаренных детей в спорт высших достижений, определения спортивной направленности, формирования действенной программы мониторинга спортивной деятельности от юношеского до спорта высших достижений;

3. Выбор оптимального диапазона двигательной активности и успешной по результативности дистанции выступления спортсмена, занимающегося циклическими видами спорта, рекомендуем осуществить с учетом носительства генотипов спортивных генов и их благоприятной ассоциации по преобладанию спортивных качеств как выносливость, быстрота и сила.

4. На основе разработанного диагностического алгоритма рекомендуем сформировать индивидуальные тренировочные программы с учетом благоприятных ассоциаций генотипов спортивной успешности и дополнительных (скрытых) генетических особенностей организма спортсмена, связанных с выявленной характеристикой функционирования генотипа и клинико-лабораторного фенотипа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М., Комиссарова Е.Н. Показатели минеральной плотности костной ткани лиц мужского пола 13-35 лет в условиях напряженной мышечной деятельности // Морфологические ведомости. - 2021. - Т. 29. № 4. - С. 59-64.
2. Аксенов М.О., Андрющенко Л.Б. Поиск «генов спортивного таланта» в силовых видах спорта // Информационные технологии в физической культуре. 2018.-№4 (68). - С. 52-54.
3. Аксенов М.О. Генетические факторы формирования мышечной силы и массы у спортсменов // Вестник спортивной науки. - 2019. - № 4. - С. 29-34.
4. Аксенов М.О. Разработка системы поиска маркеров для спортивного отбора в силовых видах спорта // Физическая культура и спорт - основы здоровой нации. материалы V Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 114-118.
5. Аксенов М.О., Капустин А.А., Найданов Б.Н. Генетические аспекты тренируемости спортсменов в тяжелоатлетических видах спорта // Роль экспериментальной и инновационной деятельности в развитии системы подготовки спортивного резерва. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. - 2019. - С. 9-18.
6. Амелина И.В., Борисова Е.А., Дешевых И.Н. Генетические аспекты развития выносливости у человека // Сборник статей итоговой научной конференции профессорско-преподавательского состава Военного институт физической культуры за 2017 г. Сборник статей научной конференции. - 2017. - С. 6-10.
7. Афиногенова О.А. Полиморфизм -786T>C гена NOS3 в профессиональном спорте (обзор литературы) // World science: problems and innovations. Сборник статей XLV Международной научно-практической конференции. - 2020. - С. 18-23.
8. Афиногенова О.А., Бебякова Н.А. Частота встречаемости аллелей и генотипов полиморфизма -786T>C гена NOS3 у

профессиональных спортсменов - жителей Архангельской области // Тенденции развития науки и образования. - 2021. - № 73-1. - С. 105-108.

9. Ахметов И.И., Попов Д.В., Астратенкова И.В., Дружевская А.М., Миссина С.С., Виноградова О.Л., Рогозкин В.А. Использование молекулярно-генетических методов для прогноза аэробных и анаэробных возможностей у спортсменов // Физиология человека. – 2008. – Т. 34. – № 3. – С. 86–91.

10.Ахметов И.И., Ребриков Д.В. Взаимосвязь полиморфизмов генов с успешностью соревновательной деятельности элитных гребцов // Вестник спортивной науки. – 2008. – № 4. – С. 70–72.

11.Ахметов И.И., Хакимуллина А.М., Любаева Е.В., Виноградова О.Л., Рогозкин В.А. Влияние полиморфизма гена HIF1A на мышечную деятельность человека // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2008. – Т.146. – № 9. – С. 327–329.

12.Ахметов И. И. Молекулярная генетика спорта: монография/М.: Советский спорт, 2009. -268 с.

13.Ахметов И.И., Габдрахманова Л. Д., Егорова Э. С., Мартыканова Д. С. Молекулярная диагностика в системе спортивного отбора и ориентации // Лечебная физкультура и спортивная медицина.— 2015.—№ 3.— С. 29-35.

14.Ахметов И.И., Хакимуллина А.М., Любаева Е.В., Виноградова О.Л., Рогозкин В.А. Влияние полиморфизма гена HIF1A на мышечную деятельность человека // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2008. – Т.146. – № 9. – С. 327–329.

15.Ахметов И.И., Попов Д.В., Хакимуллина А.М., Можайская И.А., Рогозкин В.А. Полиморфизмы генов метаболических путей и их суммарное влияние на развитие аэробной выносливости // Материалы V Всероссийской с международным участием Школы-конференции по физиологии мышц и мышечной деятельности «Системные и клеточные механизмы в физиологии двигательной системы и мышечной деятельности». – М., 2009. – С. 109.

16. Ахметов И.И. Молекулярно-генетические маркеры

предрасположенности к различным видам спорта // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. - 2010. - № 7 (65). - С. 3-6.

17.Ахметов И.И., Аксёнов М.О., Аверясова Ю.О., Ализар Т.А. Генетический контроль развития скоростно-силовой выносливости гандболистов // Культура физическая и здоровье. 2021. № 3 (79). С. 97-100.

18.Бадыкшанов У.С. // Биохимический контроль в спорте: Методическая разработка. Лениногорск, ЛМР 2018г.с.56

19. Бакунович К.В., Моссэ И.Б., Кобец Е.В., Гордеев А.А. и др. Изменение экспрессии генов HIF1A, UCP2 и MTHFR у профессиональных спортсменов в ответ на физическую нагрузку // Молекулярная и прикладная генетика. - 2018. - Т. 24. - С. 94-104.

20.Бобылев А.С., Елькин Ю.Г., Мельников А.А. Влияние генетических факторов на максимальное потребление кислорода у юных гребцов разной спортивной квалификации // Наука и спорт: современные тенденции. - 2018. - Т. 19. № 2 (19). - С. 10-15.

21.Бондарева Э.А. Морфофункциональные особенности высококвалифицированных спортсменов и их ассоциации с полиморфными генетическими системами: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Э. А. Бондарева. - Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ). - Москва, 2011

22.Бондарева Э.А., Година Е.З., Гундэгмаа Л., Блеер А.Н. Спортивный отбор в различных видах единоборств на примере полиморфных систем генов ACE и ACTN3 // Теория и практика физической культуры. - 2015. - № 8. -С. 94-97.

23.Бондарева Э.А., Негашева М.А. Генетические аспекты изучения спортивной успешности и спортивного отбора // Успехи современной биологии. - 2017. - Т. 137. № 1. - С. 44-55.

24.Боронникова С.В., Васильева Ю.С., Бурлуцкая М.Ю., Гаврикова Е.П. Генетический полиморфизм спортсменов с разным спортивным стажем // Экология человека. - 2019. - № 8. - С. 50-57.

25.Валеева Ф.В., Хасанова К.Б., Созинова Е.А., Киселева Т.А., Валеева Е.В., Егорова Э.С., Ахметов И.И. Анализ ассоциации полиморфизмов генов fto, PPARG и PPARGC1A с нарушениями углеводного обмена // Казанский медицинский журнал. 2022. Т. 103. № 4. С. 592-601.

26.Всеобщая Декларация о геноме человека и правах человека (11 ноября 1997 г.

27.Выборная К.В., Сорокина Е.Ю., Пескова Е.В. Генетические полиморфизмы, ассоциированные со спортивной успешностью, у спортсменов, представляющих художественную гимнастику // Тенденции развития науки и образования. - 2021. - № 79-1. - С. 78-83.

28.Гаврикова Е.П., Бурлуцкая М.Ю., Васильева Ю.С., Боронникова С.В. Аллельные варианты генов, ассоциированных с выносливостью, у спортсменов-каратистов разной квалификации г. Перми // Вестник Башкирского университета. - 2018. - Т. 23. № 2. - С. 406-410.

29.Гайдукевич И.В., Гилеп А.А., Усанов С.А. Взаимосвязь полиморфизма генов SLC6A4 ИМАОА серотониновой системы с физической работоспособностью человека // Доклады Национальной академии наук Беларуси. - 2012. - Т. 56. № 1. - С. 74-79.

30.Гилеп И.Л., Гайдукевич И.В., Калинина И.М. Взаимосвязь аллельных вариантов отдельных генов с успешностью белорусских легкоатлетов в зависимости от специализации // Университетский спорт: здоровье и процветание нации. материалы X Международной научной конференции студентов и молодых ученых. Международная ассоциация университетов физической культуры и спорта; Сибирский государственный университет физической культуры и спорта. - Омск, 2020. - С. 94-102.

31.Гилеп И.Л., Гайдукевич И.В., Шераш Н.В., Гилеп А.А. Анализ частоты встречаемости аллельных вариантов отдельных генов у спортсменов высокого класса в циклических видах спорта // Прикладная спортивная наука. - 2020. - № 1 (11). - С. 36-44.

32.Гилеп И.Л., Ильютик А.В. Характеристика

функционального состояния и работоспособности конькобежцев и представителей группы сравнения с различными аллельными вариантами генов ACE и BDKRB2 // Мир спорта. - 2019. - № 3 (76). - С. 85-90.

33.Гилеп И.Л., Шведова Н.В., Гайдукевич И.В. и др. Взаимосвязь специализации легкоатлетов с генетическим полиморфизмом отдельных генов // Прикладная спортивная наука. - 2020. - № 2 (12). - С. 69-76.

34.Гробовикова И.Ю., Соловьёва Н.Г. Прогнозирование спортивной успешности с учетом генетических и функциональных маркеров // Физическая культура и спорт в системе образования России: инновации и перспективы развития. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. ООО «Золотое сечение». - 2013. - С. 174-180.

35.Гунина Л., Рыбина И. Современные технологии оценки плотности костной ткани у спортсменов: диагностическая ценность функциональных и лабораторных критериев // Наука в олимпийском спорте. - 2021. - № 2. - С. 51-59.

36.Гунина Л.М., Лисняк И.А., Бурмак В.О. Физиологический ангиогенез как фактор адаптации спортсменов к физическим нагрузкам с различным механизмом энергообеспечения // Вестник спортивной науки. - 2013. - № 3. - С. 34-38.

37.Гүндэгмаа Л. Взаимосвязь между полиморфными генотипами гена ACE (ангиотензин - превращающий фермент) и морфофункциональными показателями монгольских спортсменов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта.- 2014. - № 6 (112). - С. 110-115.

38.Даутова А.З., Хажиева Е.А., Шамратова В.Г. Кислородтранспортная функция крови при разном уровне двигательной активности в зависимости от полиморфизмов генов CMA1 и ACE // Современные проблемы науки и образования. - 2018. - № 2. - С. 36.

39.Даутова А.З., Хажиева Е.А., Шамратова В.Г., Садыкова Л.З. Ассоциация полиморфизмов генов BDKRB2 и ACE с адренореактивностью эритроцитов у юношей с разной двигательной активностью // Ульяновский медико-

биологический журнал. - 2020. - № 1. - С. 96-107.

40.Даутова А.З., Шамратова В.Г., Воробьева Е.В. Ассоциация полиморфизмов генов ACE, CMA1 и BDKRB2 с состоянием кислородтранспортной системы организма у юношей с разным уровнем двигательной активности // Журнал медико-биологических исследований. - 2019. - Т. 7. № 3. - С. 251-260.

41.Демьянова Л.М., Мавропуло О.С. Коррекция развития отдельных систем организма средствами физической культуры и спорта // Совершенствование физической подготовки сотрудников правоохранительных органов. сборник научных статей. - Орел, 2022. - С. 69-71.

42.Дроздовская С.Б., Бобровник В.И., Криворученко Е.В., Ильин В.Н. Полиморфизмы генов, способствующие высокой физической работоспособности в скоростно-силовых видах легкой атлетики // Слобожанский научно-спортивный вестник. - 2013. - № 2 (35). - С. 49-54.

43.Дроздовская С.Б., Пастухова В.А. Ультразвуковое исследование сердца спортсменов, специализирующихся в скоростно - силовых видах легкой атлетики с различными генотипами по I/D полиморфизму гена ангиотензинпревращающего фермента (ACE) // Український морфологічний альманах. - 2014. - Т. 12. № 2. - С. 13-16.

44.Ефимович Н.В. Молекулярно-генетические маркеры снижения минеральной плотности костной ткани у спортсменов различных специализаций // Актуальные научные исследования в современном мире. - 2019. - № 10-7 (54). - С. 104-107.

45.Жур К.В., Кундас Л.А., Бышнев Н.И., Лосицкий Е.А. и др. Молекулярно-генетический анализ гена HIF1A для оценки физической работоспособности спортсмена // Молекулярная и прикладная генетика. - 2013. - Т. 16. - С. 32-38.

46.Жур К.В., Кундас Л.А., Головкова И.В., Питомец С.П., Моссэ И.Б. Анализ ассоциации результатов молекулярно-генетических исследований с показателями работоспособности атлетов (на примере команды спортсменов пожарно-спасательного спорта) // Прикладная спортивная наука. - 2017. - № 2 (6). - С. 72-81.

47.Зайцева А.О., Аксенов М.О. Роль гена PPARGC1A в

развитии выносливости спортсменов // Актуальные проблемы, современные тенденции развития физической культуры и спорта с учетом реализации национальных проектов. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. - Москва, 2021. - С. 785-790.

48.Зайцева А.О., Аксенов М.О. Частота встречаемости полиморфизма GLY482SER PPARGC1A (RS8192678) у спортсменов // Современные проблемы и потенциал научных исследований в физической культуре и спорте. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летнему юбилею факультета физической культуры, спорта и туризма. - Улан-Удэ, 2021. - С. 33-37.

49.Ильютик А., Гилеп И. Взаимосвязь полиморфизмов генов с развитием физических качеств у спортсменов (на материале конькобежного спорта) // Наука в олимпийском спорте. - 2017. - № 3. - С. 51-56.

50.Капилевич Л.В., Захарова А.Н., Кабачкова А.В. и др. Содержание миокинов в плазме крови после физических нагрузок различного характера у спортсменов и нетренированных лиц // Физиология человека. - 2017. - Т. 43. № 3. - С. 87-95.

51.Козырев А.В. Роль генов AMPD1, CNB TA COL1A1 в склонности к занятиям академической греблей // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. - 2011. - № 4. - С. 77-79.

52.Козырев А.В., Ахметов И.И., Цебржинский О.И. Гены семейства ядерных рецепторов, активируемых пролифераторами пероксисом, и предрасположенность к занятиям академической греблей // Вестник спортивной науки. - 2012. - № 4. - С. 35-36.

53.Королевич А.Н., Давыдов В.Ю. Анализ полиморфизма генов PPARA, PPARD, PPARG2 и PPARGC1A у спортсменок, занимающихся плаванием и греблей на байдарках // Современные проблемы формирования и укрепления здоровья. сборник научных статей: материалы III Международной научно-практической конференции "Здоровье - 2017", Барановичи, 27-

28 апреля 2017 г.. редколлегия: В. В. Климук (главный редактор), И. А. Ножка (ответственный редактор). - 2017. - С. 77-82.

54.Кочергина А.А. Современные методы спортивной генетики, определяющие направленность тренировочного процесса // Молодой ученый. - 2021. - № 43 (385). - С. 306-308.

55.Кручинский Н.Г., Мельнов С.Б., Евдолюк С.В. и др. Генетические маркеры успешности спортивной деятельности как элемент программы генетического мониторинга по определению профиля спортивной деятельности и индивидуализации тренировочного процесса юных спортсменов // Инновационные технологии в подготовке спортсменов. Материалы 3-й научно-практической конференции «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд» Москомспорта. - 2015. - С. 40-43.

56.Кундас Л.А., Жур К.В., Бышнев Н.И. др. Анализ молекулярно-генетических маркеров, ответственных за устойчивость к физическим нагрузкам, у представителей академической гребли // Молекулярная и прикладная генетика. - 2013. - Т. 14. - С. 101-105.

57.Кунтузбаев А.Ф., Хусаинова Р.И., Хуснутдинова Э.К. Поиск ассоциаций полиморфизма RS1815739 гена альфа-актинина-3 (ACTN3) со спортивно-соревновательной деятельностью // Международный академический вестник. - 2019. - № 3 (35). - С. 10-13.

58.Кунтузбаев А.Ф., Хуснутдинова Э.К. Поиск ассоциаций полиморфизма RS660339 гена разобщающего белка UCP2 с успешной спортивной деятельностью // Перспективы развития науки в современном мире. сборник статей по материалам XV международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 28-34.

59.Курганов С.К., Мавлянов И.Р., Рахимова Н.М., Солиев А.Б., Ахмедов Б.Б., Парпиев С.Р. Сравнительная характеристика полиморфизма гена ACE у спортсменов-велосипедистов, легкоатлетов и гребцов // Тиббиет ва спорт. 2019. - №3-4. - С. 10-13.

60.Курганов С.К., Рахимова Н.М., Мавлянов И.Р., Солиев А.Б.

Характеристика полиморфизма гена AMPD1 и гена UCP2 у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Безопасный спорт-2019». Санкт-Петербург. 27-28 июня, 2019. - С.- 48-50.

61.Курганов С.К., Мавлянов И.Р., Рахимова Н.М., Ахмедов Б.Б. Характеристика полиморфизма гена HIF1A (PRO582SER) у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта / Сборник тезисов международной научно-практической конференции «Новые технологии в анестезиологии-реаниматологии и интенсивной терапии» Ташкент. 2020. - С.191-192.

62.Лебедь Т.Л., Мельнов С.Б. Оценка уровня генетического потенциала спортсменов-гребцов // Ученые записки Белорусского государственного университета физической культуры. - 2021. - № 24. - С. 304-309.

63.Мавлянов И.Р., Курганов С.К., Рахимова Н.М., Солиев А.Б. Характеристика полиморфизма гена MTHFR C677T у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта // Тиббиёт ва спорт.- 2019. - №1. - С.22-24.

64.Мавлянов И.Р., Курганов С.К., Рахимова Н.М., Солиев А.Б. Характеристика полиморфизма гена ИЛ-15RA T364G у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта // Тиббиёт ва спорт. 2019. - №3-4. - С. 13-16.

65.Мавлянов И.Р., Курганов С.К., Рахимова Н.М., Солиев А.Б. Характеристика полиморфизма гена ангиотензин - конвертирующего фермента у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта / Материалы научно-образовательной конференции по актуальным вопросам социально-значимых заболеваний. Бухара, 19 сентября, 2019 года, стр. 74-75.

66.Мавлянов И.Р., Аширметов А.Х., Юлчиев С.Т., Рахимова Н.М. Зависит ли предпочтение пробегаемой дистанции элитных стайеров от генетического полиморфизма? // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. - 2022. - Т.1. - № 2 (1). - С.1-12.

67.Макарова Г.А., Локтев С.А. Методологические принципы

анализа и оценки физиологических и клинико-лабораторных параметров у спортсменов // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2016. № 2(134). С. 4-12.

68.Макарова Г.А., Ачкасов Е.Е., Барановская И.Б. Биохимический контроль в спорте: основные направления повышения эффективности // Спортивная медицина: наука и практика. 2017. Т. 7. № 1. С. 46-52.

69.Макей Т.В., Морозик П.М. Генетические факторы предрасположенности к костным переломам у спортсменов // Сахаровские чтения 2021 года: экологические проблемы XXI века. Материалы 21-й международной научной конференции. В 2-х частях. Редколлегия: А.Н. Батян [и др.]. Под общей редакцией С.А. Маскевича, М.Г. Герменчук. - Минск, 2021. - С. 287-290.

70.Малахова С.Н. Клинические аспекты полиморфизма гена эндотелиальной no-синтазы у профессиональных спортсменов // Патологія. - 2016. - № 2 (37). - С. 98-104.

71.Мамедова Н.А., Кадыгроб П.С., Старлычанова М.А. Генетический фактор как предопределяющая спортсмена// Новое слово в науке: перспективы развития. - 2016. - № 2 (8). - С. 10-11.

72.Манкевич А.Н., Давыдов В.Ю. Анализ молекулярно-генетического исследования спортсменок, занимающихся плаванием и греблей // Здоровье для всех. - 2016. - № 2. - С. 36-39.

73.Мартыканова Д.С., Мавлиев Ф.А., Ибрагимова М.Я., Ахметов И.И., Жданов Р.И. Гематологические показатели крови юношей, занимающихся циклическими и игровыми видами спорта // Наука и спорт: современные тенденции. 2018. Т. 21. № 4 (21). С. 19-24.

74.Масленникова Ю.Л. Генетический профиль и длительность спортивной карьеры у высококвалифицированных спортсменов видов спорта аэробной направленности // Вопросы функциональной подготовки в спорте высших достижений. - 2013. - № 1. - С. 85-90.

75.Мельник Е.В., Чубарова Д.С. Успешность спортивной деятельности / Тезисы докладов 52-й Международной научно-

технической конференции преподавателей и студентов. Тезисы докладов 52-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. - 2019. - С. 174-175.

76.Мельнов С.Б., Лебедь Т.Л., Комар Е.Б. Молекулярно-генетические аспекты спортивной успешности в циклических видах спорта // Наука и спорт: современные тенденции. - 2020. - Т. 8. № 2. - С. 67-76.

77.Михайлусова Ю.С. Исследование аллелей гена ACE у спортсменов / Сборник материалов конференции студентов и молодых ученых, посвященный 80-летию со дня рождения профессора Болтрукевича Станислава Ивановича. Гродненский государственный медицинский университет. - Гродно, 2020. - С. 350-351.

78.Морозик П.М., Амельянович М.Д., Жур К.В., Нестеренко Е.В. и др. Анализ генетической предрасположенности к костным переломам у спортсменов // Молекулярная и прикладная генетика. - 2016. - Т. 21. - С. 81-88.

79.Морозова Е.Б., Тараскина А.Е., Кострюкова Е.С. и др. Изучение индивидуальных особенностей генетического статуса высококвалифицированных спортсменов // Спортивная медицина: наука и практика. - 2014. - № 3. - С. 19-28.

80.Моссэ И.Б. Генетика спорта: вчера, сегодня, завтра // Труды БГУ 2012, том 7, часть 1. – С.56-68.

81.Моссэ И.Б. Молекулярно-генетические технологии в спорте высших достижений // Наука в олимпийском спорте. - 2019. - № 4. - С. 27-36.

82.Моссэ И.Б., Гончар А.Л., Жур К.В. и др. Сравнение генотипов спортсменов разной специализации по комплексу генов спортивной успешности // Молекулярная и прикладная генетика. - 2012. - Т. 13. - С. 19-24.

83.Моссэ И.Б., Гончар А.Л., Кухтинская Л.В. и др. Генетические маркеры устойчивости организма к гипоксии // Молекулярная и прикладная генетика. - 2010. - Т. 11. - С. 74-82.

84.Моссэ И.Б., Кильчевский А.В., Кундас Л.А. и др. Некоторые аспекты ассоциации генов с высокими спортивными достижениями // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2017. - Т. 21. № 3. - С. 296-303.

85.Муженя Д.В., Тугуз А.Р., Ашканова Т.М. Перспективность MET235THR гена AGT в качестве генетического маркера сердечно-сосудистых заболеваний у квалифицированных спортсменов // Материалы Международной научной конференции "Бисосфера и человек". Материалы Международной научной конференции. - 2019. - С. 279-281.

86.Муженя Д.В., Тугуз А.Р., Дорошенко А.С., Руденко К.А., Анохина Е.Н. Роль Leu28/28pro полиморфизмов гена APOE в регуляции липидного обмена у высококвалифицированных спортсменов республики Адыгея // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. - 2013. - № 1 (116). - С. 73-80.

87.Нгуен К.З., Смоля А.Е., Шкребцова Д.А. Генетические маркеры предрасположенности к спорту // Актуальные проблемы, современные тенденции развития физической культуры и спорта с учетом реализации национальных проектов. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под научной редакцией Л.Б. Андрющенко, С.И. Филимоновой. - Москва, 2022. - С. 652-656.

88.Недорубова И.А., Бухарова Т.Б., Васильев А.В. и др. Невирусная доставка гена BMP2 для регенерации костной ткани // Гены и Клетки. - 2020. - Т. 15. № 4. - С. 33-39.

89.Нестеров А.К. Некоторые молекулярно-генетические маркеры спортивного отбора в кроссфите // Физическое воспитание и студенческий спорт глазами студентов. материалы VII Международной научно-практической конференции. - Казань, 2021. - С. 19-22.

90.Никитина К.И., Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М. Минеральная плотность костной ткани и показатели костного ремоделирования у спортсменов высокой квалификации на этапах годичного цикла подготовки // Человек. Спорт. Медицина. - 2019. - Т. 19. № 4. - С. 43-49.

91.Никитина К.И., Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М., Кочеткова Н.И. Выявление гормональных маркеров риска снижения минеральной плотности пяточной кости у спортсменов в видах

спорта с разной мощностью тренировочных нагрузок // Наука и современность. - 2011. - № 11. - С. 152-156.

92.Никитина К.И., Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М., Овчаренко Л.Н. Динамика показателей минеральной плотности костной ткани и гормонального профиля у спортсменов велоспорта на этапах годичного цикла подготовки // Вестник спортивной науки. - 2019. - № 5. - С. 46-51.

93.Ореховская Е.В., Минин А.В. Повреждение мышц, вызванное физическими упражнениями: роль полиморфизма гена ACTN3 //Спортивная медицина: наука и практика. - 2020. - Т. 10. № 2. - С. 41-47.

94.Петрачков А.А., Тютюков В.Г. Генетическая обусловленность проявления двигательных способностей индивида как прогностический фактор его успешности в паралимпимпийском спорте // Интернаука. - 2020. - № 19-2 (148). - С. 16-18.

95.Поликанова, И. С. Психофизиологические и молекулярно-генетические корреляты утомления // Современная зарубежная психология. – 2016. – Т. 5, №. 4. – С. 24-35.

96.Пушкарёв Б.С., Ляпунов А.К., Четверяков А.В. Взаимосвязь генетического полиморфизма, ассоциированного со спортивной успешностью, с некоторыми фенотипическими критериями у спортсменов - любителей: МЕДИЦИНА ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ / Материалы XIII межрегиональной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 60-летию СНО Читинской государственной медицинской академии. Куратор Молодежного научного общества Читинской государственной медицинской академии, кандидат медицинских наук, доцент Пруткина Е.В., 2014. - С. 74-75.

97.Пушкарев Б.С., Страмбовская Н.Н., Четверяков А.В., Ляпунов А.К. Генетический полиморфизм, ассоциированный со спортивной успешностью, и его взаимосвязь с некоторыми фенотипическими признаками у спортсменов-любителей в Забайкальском крае // Забайкальский медицинский вестник. - 2015. - № 2. - С. 81-88.

98.Пушкина Я.А., Гончарова Л.Н., Сергутова Н.П. и др.

Ранние маркёры эндотелиальной дисфункции у лиц молодого возраста, занимающихся профессиональным спортом // Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний. - 2022. - Т. 10. № 34. - С. 23-32.

99.Рахимова Н.М., Курганов С.К., Солиев А.Б. Характеристика полиморфизмов gln27glu и agr16gly гена ADRB2 у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта / Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции «Безопасный спорт-2019» Россия. - Санкт-Петербург. 2019.- С.-78-80.

100. Рахимова Н.М., Солиев А.Б., Курганов С.К. Исследование полиморфных вариантов генов у спортсменов ДЮСШ циклических видов спорта // Тиббиёт ва спорт. 2020. - №4. - С. 33-36.

101. Рахимова Н.М., Солиев А.Б. Определение генетических маркеров, ассоциированных с предрасположенностью к развитию быстроты и силы у спортсменов циклических видов спорта // Узбекский биологический журнал. 2020. - №4. - С. 47-55.

102. Рахимова Н.М. Характеристика генетических маркеров, ассоциированных с предрасположенностью к развитию выносливости у спортсменов // Лечебная физкультура и спортивная медицина. - № 4. - Москва. 2020. –С. 198-212.

103. Рахимова Н.М., Солиев А.Б., Курганов С.К. Анализ полиморфизмов некоторых генов среди элитных спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта // Тиббиет ва спорт. 2020. - №4. - С. - 28-32.

104. Рахимова Н.М., Солиев А.Б. Анализ полиморфизмов гена ADRB 2 (rs 1042714 и rs 1042713) у спортсменов циклических видов спорта // Тиббиет ва спорт. 2021. - №3. - С. 119-122.

105. Рахимова Н.М. Анализ полиморфизма гена ИЛ-15RA T364G у спортсменов Узбекистана // Узбекский биологический журнал. 2021. - №1. - С. 19-24.

106. Рахимова Н.М. Исследование полиморфизма гена MTHFR C677T у спортсменов Узбекистана / XVI международная

научная конференция по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «Спортмед-2021». Москва. 2021.-С.110-111.

107. Рахимова Н.М., Мавлянов И.Р. Обзор генов-кандидатов, ассоциированных с предрасположенностью к развитию выносливости у спортсменов // Тиббиёт ва спорт. 2021. - №4. - С. 19-26.

108. Рахимова Н.М., Курганов С.К. Оценка пограничных значений отдельных биохимических параметров крови у спортсменов циклических видов спорта / Тиббиёт ва Спорт. - 2021. - № 3.- С.170.

109. Рахимова Н.М., Салихова С.А. Оценка биохимических показателей спортсменов в ходе тренировочно-спортивной деятельности // Методическое пособие. -Ташкент. -2021. -С.19.

110. Рахимова Н.М., Солиев А.Б. Генетические маркеры, ассоциированные с предрасположенностью к развитию быстроты и силы у спортсменов циклических видов спорта / Тиббиёт ва Спорт. -2021. - № 3.- С.171.

111. Рахимова Н.М. Характеристика полиморфизма гена IL15RA T364G у спортсменов циклических видов спорта // Спорт и спортивная медицина. Материалы III Международной научно-практической конференции. - Чайковский, 2022. - С. 233-235.

112. Рахимова Н.М., Мавлянов И.Р. Подходы к повышению спортивных результатов на основе выявления и оценки скрытых генетических детерминант физических качеств (на примере циклических видов спорта) // Методические рекомендации. – Ташкент.: 2022. - с.52.

113. Рахимова Н.М., Мавлянов И.Р. Генетически детерминированные клинико-биохимические индикатоы физической работоспособности спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта // Методические рекомендации. – Ташкент.: 2022. - с.52.

114. Рыбина И.Л. Биохимические аспекты оценки адаптации организма высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта к напряженным физическим нагрузкам: автореф. дис. доктора биологических наук / И. Л. Рыбина. - Федер. науч. центр физ. культуры и спорта. – Москва. –

2016.

115. Рыбина И.Л., Ширковец Е.А., Нехвядович А.И., Будко А.Н. Ассоциации генетического полиморфизма с переносимостью тренировочных нагрузок в циклических видах спорта // Вестник спортивной науки. - 2015. - № 2. - С. 36-40.

116. Рыбина И.Л., Ширковец Е.А., Нехвядович А.И., Будко А.Н. Мороз Е.А. Мониторинг активности ферментов в спорте высших достижений // Прикладная спортивная наука. - 2017. - № 2. - С. 63-67.

117. Салахов Д.Я., Коновалов И.Е. Изучение различных факторов успешности в спортивной деятельности: Физиологические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам // Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма. - 2014. - С. 475-477.

118. Семенов М.М., Кобелькова И.В., Сорокина Е.Ю. и др. Спортивная антропогенетика -лимитирующие факторы спортивной успешности (обзор литературы) // Вестник спортивной науки. - 2019. - № 2. - С. 50-55.

119. Семенова Е.А. Выявление полиморфизмов генов, ассоциированных с выносливостью спортсменов / Диссертация канд.биол.наук. Казань.-2020.

120. Семенова Е.А., Миямото-Миками Э., Акимов Е.Б., Аль-Хелаифи Ф., Мураками Х., Земпо Х., Кострюкова Е.С., Кулемин Н.А., Ларин А.К., Мияти М., Оспанова Е.А., Павленко А.В., Любаева Е.В., Попов Д.В., Виноградова О.Л., Булыгина Е.А., Кумагаи Х., Какиги Р., Кобаяши Х., Леонска-Дуниек А. и др. Идентификация маркеров выносливости с помощью полногеномных технологий // В сборнике: Актуальные проблемы в области физической культуры и спорта. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию ФГБУ СПбНИИФК. В 2-х томах. ФГБУ СПбНИИФК. 2018. С. 234-236.

121. Семенова Е.А., Хабибова С.А., Борисов О.В., Генерозов Э.В., Ахметов И.И. Вариабельность структуры днк и состав

мышечных волокон человека // Физиология человека. 2019. Т. 45. № 2. С. 128-136.

122. Семенова Е.А., Борисов О.В., Кострюкова Е.С., Кулемин Н.А., Ларин А.К., Попов Д.В., Аль-Хелаифи Ф., Леонска-Дуниек А., Эльраейс М.А., Чешчик П., Генерозов Э.В., Ахметов И.И. Генетические детерминанты аэробной работоспособности человека // В сборнике: Актуальные проблемы физической культуры, спорта и туризма. Материалы XIV Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. В 2-х томах. Уфа, 2020. С. 372-375.

123. Семенова Е.А., Кулемин Н.А., Ларин А.К., Попов Д.В., Тарасова Г.Р., Черепнев Г.В., Аль-Хелаифи Ф., Георгакопулос К., Юсри Н.А., Дибун И., Альбага О., Сухре К., Эль-Райес М., Генерозов Э.В., Ахметов И.И. Роль геномных предикторов гематологических показателей в видах спорта на выносливость // Наука и спорт: современные тенденции. 2021. Т. 9. № 4. С. 26-34.

124. Симбирцев Г.С. Регулирующее влияние углекислого газа на потребление кислорода у спортсменов, развивающих выносливость в свете математического анализа продукции энергии аэробного окисления // Спортивная медицина: наука и практика. - 2019. - Т. 9. № 3. - С. 12-24.

125. Снигирь О.А., Строзенко Л.А., Лобанов Ю.Ф., Скударнов Е.В. Носительство протромботических полиморфизмов и качество жизни подростков, занимающихся спортом / Современные проблемы науки и образования. - 2018. - № 3. - С. 66.

126. Солиев А.Б., Мавлянов И.Р., Курганов С.К., Рахимова Н.М., Ахмедов Б.Б., Парпиев С.Р. Полиморфизм гена ACTN3 и его частотная характеристика у спортсменов-велосипедистов, легкоатлетов и гребцов // Тиббиёт ва спорт. 2019. - №3-4. - С. 25-28.

127. Солиев А.Б., Мальков А.В., Курганов С.К., Рахимова Н.М. Нутригеномный тест спортсменов. Что это даёт? // Тиббиет ва спорт. 2020. - №2 .-С. 26-30.

128. Солиев А.Б. Рахимова Н.М. Мавлянов И.Р. Курганов С.К.

Ризаев З.Р. Характеристика полиморфизмов некоторых генов среди элитных спортсменов, занимающихся велоспортом // Тиббиёт ва спорт. 2021. - №2. - С. 54-59.

129. Сорокина Е.Ю., Денисова Н.Н., Кешабянц Э.Э. Частота встречаемости генетических полиморфизмов, ассоциированных со спортивной успешностью, у спортсменов игровых видов спорта высших достижений // Спортивная медицина: наука и практика. - 2021. - Т. 11. №1. - С. 5-10.

130. Сорокина Е.Ю., Кешабянц Э.Э., Денисова Н.Н. Изучение ассоциации полиморфизма генов со спортивной успешностью и риском развития алиментарно-зависимых заболеваний у спортсменов, представляющих циклические виды спорта // Спортивная медицина: наука и практика. - 2019. - Т. 9. № 3. - С. 41-48.

131. Спульник П.С., Романов Д.А., Скалозуб А.Г. Генетические основы отбора юных гребцов на этапе начальной подготовки // Актуальные проблемы и современные тенденции спортивной подготовки в циклических видах спорта в России и в мире. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора Г.В. Цыганова. - Казань, 2021. - С. 371-373.

132. Степанова Н.А. Некоторые биохимические показатели у спортсменов с различным источником энергии // Наука - образованию, производству, экономике. материалы XIX(66) Региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов: в 2 томах. - 2014. - С. 110-112.

133. Сулейманов Н.Л., Пономарев А.А. Основные критерии отбора наиболее одаренных и перспективных спортсменов в тяжелой атлетике // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. - 2015. - № 8 (126). - С. 173-178.

134. Федотовская О.Н. Ассоциация полиморфизмов генов AMPD1, CKMM, G6PC2 и MCT1 человека с мышечной деятельностью различной метаболической направленности: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / О.Н. Федотовская. - Федеральный научный центр физ. культуры и спорта. - Москва,

2012.

135. Федотовская О.Н., Данилова А.А., Ахметов И.И. Влияние полиморфизма гена AMPD1 на мышечную деятельность человека // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. - 2012. - Т. 154. № 10. - С. 485-487.

136. Федотовская О.Н., Попов Д.В., Виноградова О.Л., Ахметов И.И. Ассоциация полиморфизмов гена мышечной изоформы креатинфосфокиназы (СКММ) с физической работоспособностью спортсменов // Физиология человека. - 2012. - Т. 38. № 1. - С. 105.

137. Филиппов М.М., Кузьмина Л.М. Генотипические особенности, определяющие адаптацию к гипоксиинагрузки и гиперкапнии, у спортсменов подводного плавания // Ульяновский медико-биологический журнал. - 2012. - № 2. - С. 98-103.

138. Чиркин А.А., Алтани М.С., Степанова Н.А., Чиркина А.А. Изменения биохимических показателей сыворотки крови у подростков женского пола при занятиях спортом // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. - 2022. - Т. 11. № 3. - С. 268-278.

139. Чумаков Б.Н., Мелкадзе О.В., Матвеев Ю.А., Федотова Н.Б.Выбор спортивной специализации в зависимости от психолого-генетической предрасположенности энерготрат у спортсменов // Проблемы совершенствования физического воспитания студентов. Материалы всероссийской научно-методической конференции, посвященной 85-летию РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. - 2015. - С. 133-135.

140. Шепелевич Н.В., Лебедь Т.Л., Мельнов С.Б. Особенности генетического профиля выносливости у спортсменов-гребцов // Экологический вестник. - 2013. - № 4. - С. 20-24.

141. Al-Khelaifi F., Diboun I., Donati F., Botre F., Alsayrafi M., Georgakopoulos C., et al. (2018). A pilot study comparing the metabolic profiles of elite-level athletes from different sporting disciplines. // *Sports Med. Open* 4:2.

142. Al-Khelaifi F, Yousri NA, Diboun I, et al. Genome-Wide Association Study Reveals a Novel Association Between MYBPC3 Gene Polymorphism, Endurance Athlete Status, Aerobic Capacity and

Steroid Metabolism. *Front Genet*. 2020;11:595. Published 2020 Jun 16. doi:10.3389/fgene.2020.00595

143. Ahmetov II, Gavrilov DN, Astratenkova IV, Druzhevskaya AM, Malinin AV, Romanova EE, Rogozkin VA. The association of ACE, ACTN3 and PPARA gene variants with strength phenotypes in middle school-age children. J Physiol Sci. 2013 Jan; 63(1):79-85. doi: 10.1007/s12576-012-0233-8. Epub 2012 Sep 16. PMID: 22983821.

144. Ahmetov II, Fedotovskaya ON. Current Progress in Sports Genomics. Adv Clin Chem. 2015; 70: 247-314. doi: 10.1016/bs.acc.2015.03.003. Epub 2015 Apr 11. PMID: 26231489.

145. Ahmetov I, Kulemin N, Popov D, Naumov V, Akimov E, Bravy Y, Egorova E, Galeeva A, Generozov E, Kostryukova E, Larin A, Lj M, Ospanova E, Pavlenko A, Starnes L, Żmijewski P, Alexeev D, Vinogradova O, Govorun V. Genome-wide association study identifies three novel genetic markers associated with elite endurance performance. *Biol Sport.* 2015;32(1):3–9.

146. Ahmetov I.I., Donnikov A.E., Trofimov D.Y. ACTN3 genotype is associated with testosterone levels of athletes, Biol. Sport 31 (2014) 105–108.

147. Ahmetov I.I., Rogozkin V.A. Genes, athlete status and training—an overview, Med.Sport Sci. 54 (2009) 43–71.

148. Ahmetov I.I., Egorova E.S., Gabdrakhmanova L.J., Fedotovskaya O.N. Genes and athletic performance: an update. *Med Sport Sci* 2016; 61:41-54.

149. Ahmetov II, Hall ECR, Semenova EA, Pranckevičienė E, Ginevičienė V. Advances in sports genomics. Adv Clin Chem. 2022;107:215-263. doi: 10.1016/bs.acc.2021.07.004. Epub 2021 Aug 23. PMID: 35337603.

150. Barbara KH, Marcin L, Jedrzej A, Wieslaw Z, Elzbieta AD, Malgorzata M, Ewa M, Jacek KJ. The impact of H63D HFE gene carriage on hemoglobin and iron status in children. *Ann Hematol.* 2016;95(12):2043–2048).

151. Bosnya´k E., Tra´jer E., Alsza´szi G.,Mo´ ra A´, Gyore I., Udvardy A., To€ ´ th M., Szmodis M. Lack of association between the GNB3 rs5443, HIF1A rs11549465 polymorphisms, physiological and functional characteristics, Ann. Hum. Genet. 84 (2020) 393–399.

152. Boulygina E.A., Borisov O.V., Valeeva E.V., Semenova E.A.,

Kostryukova E.S., Kulemin N.A., Larin A.K., Nabiullina R.M., Mavliev F.A., Akhatov A.M., Andryushchenko O.N., Andryushchenko L.B., Zmijewski P., Generozov E.V., Ahmetov I.I. Whole genome sequencing of elite athletes, Biol. Sport 37 (2020) 295–304.

153. Cagnin S., Chemello F., Ahmetov I.I. Genes and response to aerobic training, in: D. Barh, I. Ahmetov (Eds.), Sports, Exercise, and Nutritional Genomics: Current Status and Future Directions, Academic Press, USA, 2019, pp. 169–188.

154. Carrier L, Mearini G, Stathopoulou K, Cuello F. Cardiac myosin-binding protein C (MYBPC3) in cardiac pathophysiology. Gene. 2015 Dec 1;573(2):188-197. doi: 10.1016/j.gene.2015.09.008. Epub. 2015 Sep 8. PMID: 26358504; PMCID: PMC6660134.

155. Buxens A, Ruiz JR, Arteta D, Artieda M, Santiago C, González-Freire M, Martínez A, Tejedor D, Lao JI, Gómez-Gallego F, Lucia A. Can we predict top-level sports performance in power vs endurance events? A genetic approach. Scand J Med Sci Sports. 2011 Aug;21(4):570-9. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01079.x. Epub 2010 Mar 10. PMID: 20459474.

156. Chen Y., Wang D., Yan P., Yan S., Chang Q., Cheng Z. Meta-analyses of the association between the PPARGC1A Gly482Ser polymorphism and athletic performance, Biol. Sport 36 (2019) 301–309.

157. Egorova E.S., Borisova A.V., Mustafina L.J., Arkhipova A.A., Gabbasov R.T., Druzhevskaya A.M., Astratenkova I.V., Ahmetov I.I. The polygenic profile of Russian football players, J. Sports Sci. 32 (2014) 1286–1293.

158. Ginevičienė V, Jakaitienė A, Pranculis A, Milašius K, Tubelis L, Utkus A. AMPD1 rs17602729 is associated with physical performance of sprint and power in elite Lithuanian athletes // BMC Genet. 2014 May Vol. -1715. -P. 58.

159. Grealy R, Herruer J, Smith CL, Hiller D, Haseler LJ, Griffiths LR. Evaluation of a 7-Gene Genetic Profile for Athletic Endurance Phenotype in Ironman Championship Triathletes // PLoS One. 2015; 10(12):e0145171.

160. Guilherme J.P.L.F., Bertuzzi R., Lima-Silva A.E., Pereira A.D.C., Junior L.A.H. Analysis of sports-relevant polymorphisms in a large Brazilian cohort of top-level athletes, Ann.Hum. Genet. 82

(2018) 254–264.

161. Guilherme J.P.L.F., Semenova E.A., Zempo H., Martins G.L., Lancha Junior A.H., Miyamoto-Mikami E., Kumagai H., Tobina T., Shiose K., Kakigi R., Tsuzuki T., Ichinoseki-Sekine N., Kobayashi H., Naito H., Borisov O.V., Kostryukova E.S., Kulemin N.A., Larin A.K., Generozov E.V., Fuku N., Ahmetov I.I. Are GWAS-identified SNPs associated with sprint athletic status? A replication study with three different cohorts, Int. J. Sports Physiol. Perform. 16 (2021) 489–495.

162. Guth LM, Roth SM. Genetic influence on athletic performance. *Curr Opin Pediatr*. 2013, 25(6) pp. 653-658. doi:10.1097/MOP.0b013e3283659087

163. Hall, E., Semenova E.A., Bondareva E.A., Borisov O.V., Andryushchenko O.N., Andryushchenko L.B., Zmijewski P., Generozov E. V., Ahmetov I.I. Association of muscle fi ber composition with health and exerciserelated traits in athletes and untrained subjects / E. Hall, E.A. Semenova, E.A. Bondareva, O.V. Borisov, O.N. Andryushchenko, L.B. P. Andryushchenko, Zmijewski, E. V. Generozov, I.I. Ahmetov // Biology of sport, 2021. - T. 38, №. 4. – P. 659-666.

164. Hedman K, Tamás É, Bjarnegård N, Brudin L, Nylander E. Cardiac systolic regional function and synchrony in endurance trained and untrained females. BMJ Open Sport Exerc Med. 2015 Sep 14;1(1):e000015. doi: 10.1136 / bmjsem-2015-000015. PMID: 27900120; PMCID: PMC5117015.

165. Leonska-Duniec A., Ahmetov I.I., Zmijewski P. Genetic variants influencing effectiveness of exercise training programmes in obesity—an overview of human studies, Biol. Sport 33 (2016) 207–214.

166. Khurana V, Goswami B. Angiotensin converting enzyme (ACE) // Clin Chim Acta.2022 Jan 1; 524: 113-122. doi: 10.1016/j.cca.2021.10.029. Epub 2021 Oct 30. PMID: 34728179.

167. Kikuchi N., Miyamoto-Mikami E., Murakami H., Nakamura T., Min S.K., Mizuno M., Naito H., Miyachi M., Nakazato K., Fuku N. ACTN3 R577X genotype and athletic performance in a large cohort of Japanese athletes, Eur. J. Sport Sci. 16 (2016) 694–701.

168. Kikuchi N., Honma H., Nakazato K. Effect of gene

polymorphisms on sensitivity to resistance training, in: D. Barh, I. Ahmetov (Eds.), Sports, Exercise, and Nutritional Genomics: Current Status and Future Directions, Academic Press, USA, 2019, pp.189–209.

169. Leonska-Duniec A., Paja B. Chycki ˛k, J., Moska W., Lulinska-Kuklik E., Dornowski M., Maszczyk A., Bradley B., Kana-Ah A., Ci ęszczyk P., Generozov E.V., Ahmetov I.I. A genome-wide association study of sprint performance in elite youth football players, J. Strength Cond. Res. 33 (2019) 2344–2351.

170. Maciejewska-Skrendo A., Sawczuk M., Cięszczyk P., Ahmetov I.I.Genes and power athlete status // Sports, Exercise, and Nutritional Genomics, 2019. – P. 41-72.

171. Maciejewska A., Sawczuk M., Cieszczyk P., Mozhayskaya I.A., Ahmetov I.I. The PPARGC1A gene Gly482Ser in Polish and Russian athletes, J.Sports Sci.30 (2012) 101–113.

172. Malczewska-Lenczowska J, Orysiak J, Majorczyk E, Zdanowicz R, Szczepańska B, Starczewski M, Kaczmarski J, Dybek T, Pokrywka A, Ahmetov II, Sitkowski D. Total hemoglobin mass, aerobic capacity, and HBB gene in Polish road cyclists. *J Strength Cond Res.* 2016;30(12):3512–3519.

173. Massidda M., Calo C.M., Ci ęszczyk P., Kikuchi N., Ahmetov I.I., WilliamsA.G. Genetics of team sports, in: D. Barh, I. Ahmetov (Eds.), Sports, Exercise, and Nutritional Genomics: Current Status and Future Directions, Academic Press, USA,2019, pp.105–128.

174. Mavlyanov I.R., Ashirmetov A.Kh., Rakhimova N.M. *, Yulchiev S.T.. Genetic Polymorphism Can Play a Major Role in Distance Preference by Elite Stayers // Acta Scientific Medical Sciences. Published: July 15, 2022; Volume 6 Issue 8: 71-78.

175. Meeusen R., Nederhof E., Buyse L., Roelands B., de Schutter G., Piacentini M.F. Diagnosing overtraining in athletes using the two-bout exercise protocol // Br J Sports Med. 2010. No44. P. 642-648.

176. Miyamoto-Mikami, E. Heritability estimates of endurance-related phenotypes: A systematic review and meta-analysis / E. Miyamoto-Mikami, H. Zempo, N. Fuku, N. Kikuchi, M. Miyachi, and H. Murakami // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2018. – Vol. 28 (Pt. 3). – P. 834-845.

177. Miyamoto-Mikami E., Zempo H., Fuku N., Kikuchi N., Miyachi M., MurakamiH. Heritability estimates of endurance-related phenotypes: a systematicreviewandmeta-analysis, Scand. J. Med. Sci. Sports 28 (2018) 834–845.

178. Montgomery H. E, Marshall R, Hemingway H. Human gene for physical performance. // Nature. – 1998. –Vol. 393. – P. 221–222.

179. Myerson S., Hemingway H., Budget R., Martin J., Humphries S., Montgomery H. Human angiotensin I-converting enzyme gene and endurance performance // J. Appl. Physiol. – 1999. – Vol. 87. – P. 1313–1316.

180. Naureen Z, Perrone. M, Paolacci S, Maltese PE, Dhuli K, Kurti D, Dautaj A, Miotto R, Casadei A, Fioretti B, Beccari T, Romeo F, Bertelli M. Genetic test for the personalization of sport training. Acta Biomed. 2020; 91(Suppl 13): e2020012. Epub 2020 Nov 9. doi: 10.23750/abm.v91i13-S.10593, PMID: 33170162.;

181. Petibois C., Cazorla G., Poortmans J.R., Déléris G. Biochemical aspects of overtraining in endurance sports: a review // Sports Med. 2002. Vol.32, No13. P. 867-878.

182. Rakhimova N. Genetic markers associated with predisposition to development of endurance in athletes // American Journal of Medicine and Medical Sciences 2022, 12(3): DOI: 10.5923/j.ajmms.2022.12.03.17 P. 314-321.

183. Sato K., Iemitsu M., Aizawa K., Ajisaka R. (2008). Testosterone and DHEA activate the glucose metabolism-related signaling pathway in skeletal muscle. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 294 E961–E968.

184. Semenova E.A., Fuku N., Ahmetov I.I. Genetic profile of elite endurance athletes // Sports, Exercise, and Nutritional Genomics, 2019– P. 73-104.

185. Semenova EA, Miyamoto-Mikami E, Akimov EB, Al-Khelaifi F, Murakami H, Zempo H, Kostryukova ES, Kulemin NA, Larin AK, Borisov OV, Miyachi M, Popov DV, Boulygina EA, Takaragawa M, Kumagai H, Naito H, Pushkarev VP, Dyatlov DA, Lekontsev EV, Pushkareva YE, Andryushchenko LB, Elrayess MA, Generozov EV, Fuku N, Ahmetov II. The association of HFE gene H63D polymorphism with endurance athlete status and aerobic capacity: novel findings and a meta-analysis. Eur J Appl Physiol. 2020

Mar;120(3):665-673.

186. Shang X., Li Z., Cao X., Xie C., Gu M., Chen P., Yang X., Cai J. The association between the ACTN3 R577X polymorphism and noncontact acute ankle sprains, J. Sports Sci. 33 (2015) 1775–1779.

187. Snyder EM, Hulsebus ML, Turner ST, Joyner MJ, Johnson BD. Genotype related differences in beta2 adrenergic receptor density and cardiac function. Med Sci Sports Exerc. 2006 May;38(5):882-6. doi: 10.1249/01.mss.0000218144.02831.f6. PMID: 16672841

188. Stranger BE, Stahl EA, Raj T. Progress and promise of genome-wide association studies for human complex trait genetics // Genetics - 2011 Feb; Vol.187(2). P. 367-383.

189. Tanisawa K., Wang G., Seto J., Verdouka I., Twycross-Lewis R., Karanikolou A.,Tanaka M., Borjesson M., Di Luigi L., Dohi M., Wolfarth B., Swart J., Bilzon J.L.J., Badtieva V., Papadopoulou T., Casasco M., Geistlinger M.,BachlN., Pigozzi F., Pitsiladis Y. Sport and exercise genomics: the FIMS 2019 consensusstatement update, Br. J. Sports Med. 54 (2020) 969–975.

190. Tural E., Kara N., Agaoglu S.A., Elbistan M., Tasmektepligil M.Y., Imamoglu O. PPAR- α and PPARGC1A gene variants have strong effects on aerobic performance of Turkish elite endurance athletes, Mol. Biol. Rep. 41 (2014) 5799–5804.

191. Valeeva E.V., Ahmetov I.I., Rees T., Psychogenetics and sport, in: D. Barh. I. Ahmetov (Eds.), Sports, Exercise, and Nutritional Genomics: Current Status and Future Directions, Academic Press, USA, 2019, pp. 147–165.

192. Wang G., Tanaka M., Eynon N., North K.N., Williams A.G., Collins M., Moran C.N., Britton S.L., Fuku N., Ashley E.A., Klissouras V., Lucia A., Ahmetov I.I., Geus E., Alsayrafi M., Pitsiladis Y.P. The future of genomic research in athletic performance and adaptation to training, Med. Sport Sci. 61 (2016) 55–67.

193. Wang G, Padmanabhan S, Wolfarth B, Fuku N, Lucia A, Ahmetov II, Cieszczyk P, Collins M, Eynon N, Klissouras V, Williams A, Pitsiladis Y. Genomics of elite sporting performance: what little we know and necessary advances // Adv Genet. – 2013. - Vol. 84:P. 123-149.

194. Wang W, Li P, Chen Y, Yang J. Association between β2-

Adrenergic Receptor-16Arg/Gly Gene Polymorphism and Chronic Obstructive Pulmonary Disease Risk:Systematic Review and Meta-Analysis. Iran J Public Health. 2014 Jul;43(7):877-878. PMID: 25909056; PMCID: PMC4401053.

195. Williams C.J., Williams M.G., Eynon N., Ashton K.J., Little J.P., Wisloff U., Coombes J.S. Genes to predict VO2 max trainability: a systematic review, BMCGenomics 18 (2017) 831.

196. Yusof A., Aziz A.R., Muhamed A.M.C. The influence of angiotensin I-converting enzyme (ACE) I/D gene polymorphism on cardiovascular and muscular adaptations following 8 weeks of isometric handgrip training (IHG) in untrain ednormotensive males, Biol. Sport 36 (2019) 81–94.

197. Znazen H., Mejri A., Touhami I., Chtara M., Siala H., Le Gallais D., Ahmetov I.I., Messaoud T., Chamari K., Soussi N. Genetic advantageous predisposition of angiotensin converting enzyme id polymorphism in Tunisian athletes/ J. Sports Med. Phys. Fitness 56 (2016) 724–730.

198. Zmijewski P., Ci ęszczyk P., Ahmetov I.I., Gronek P., Lulinska-Kuklik E.,Dornowski M., Rzeszutko A., Chycki J., Moska W., Sawczuk M. The NOS3 G894T (rs1799983) and -786T/C (rs2070744) polymorphisms are associated with elite swimmer status, Biol. Sport 35 (2018) 313–319.

Рахимова Н.М., Мавлянов И.Р.

СПОРТИВНАЯ ОДАРЁННОСТЬ, ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНАНТ

(монография)

Редактор: Д.Эсанова
Карректор: С.Юлдашева
Технический редактор: А.Абдуллаев
Верска -дизайнер: Д.Равшанова

Лицензия издательства AI № 169, 23.12.2009 г.
Подписано в печать 28.02.2025 г. Издательство “Ziyo nashr-matbaa”,
120100, г. Гулистан. ул. Узбекистан-8. Тел.: +998 (97) 565-71-21

Лицензия типографии:

9338

Размер: 84x60 $^{1}/_{16}$. Гарнитура Cambria.
Отпечатано в цифровой печати.
Условная печатная форма: 6,75. Количество 100 шт. Заказ № 35/25.

Сертификат № 851684.
Отпечатано в типографии ООО «Tipograff».
Адрес типографии: 100011, г. Ташкент, ул. Беруния, 83.