

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет физической культуры»

УДК 796.01 : 612 + 575.1/2 + 796.91 + 796.012.1

ИЛЬЮТИК
Анна Вячеславовна

ФИЗИОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
РАЗВИТИЯ ВЫНОСЛИВОСТИ И СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ КАЧЕСТВ
КОНЬКОБЕЖЦЕВ

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

по специальности 03.03.01 – физиология

Минск, 2017

Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный университет физической культуры»

Научный руководитель: **Рубчenea Ирина Николаевна**,
кандидат биологических наук, доцент,
заведующий кафедрой физиологии и биохимии
учреждения образования «Белорусский
государственный университет физической
культуры»

Официальные оппоненты: **Калюнов Владимир Николаевич**,
доктор биологических наук, профессор, главный
научный сотрудник лаборатории
нейрофизиологии государственного научного
учреждения «Институт физиологии НАН
Беларуси»

Мельнов Сергей Борисович,
доктор биологических наук, профессор, директор
Республиканского научно-исследовательского
унитарного предприятия «Бел НИЦ “Экология”»

Оппонирующая организация: учреждение образования «Гомельский
государственный медицинский университет»

Защита состоится «28» июня 2017 года в 12.00 на заседании совета по
защите диссертаций Д 23.01.01 при учреждении образования «Белорусский
государственный университет физической культуры» по адресу: 220020,
г. Минск, пр-т Победителей, 105, e-mail: nir@sportedu.by, тел. 369-59-35.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования
«Белорусский государственный университет физической культуры».

Автореферат разослан «26» мая 2017 года

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
кандидат педагогических наук, доцент



Е.В.Фильгина

Общая характеристика работы

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с заданиями Государственной программы развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь на 2007–2010 гг. «Разработать тест-систему для определения полиморфизма гена ангиотензин-конвертирующего фермента (АКФ) и методику отбора спортсменов в циклических и ациклических видах спорта» (№ государственной регистрации 20071693); на 2011–2015 гг. «Разработать и внедрить научно-методическую программу по специализации и индивидуализации тренировочного процесса конькобежцев с использованием молекулярной диагностики» (№ государственной регистрации 20121035).

Тема диссертации соответствует положениям п.п. 3.3, 3.6 и 4.2 «Перечня приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 гг.» (согласно Постановлению Совета Министров РБ от 19.04.2010 № 585), а также положениям п.п. 20, 33 и 45 «Перечня приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2011–2015 гг.» (согласно Указу Президента РБ от 22.07.2010 № 378).

Цель исследования: установить индивидуальные физиолого-генетические особенности функционирования сердечно-сосудистой системы и адаптации метаболизма, биоэнергетические и антропометрические характеристики конькобежцев при развитии выносливости и скоростно-силовых качеств.

Задачи исследования:

1. Оценить функциональный статус сердечно-сосудистой системы, особенности адаптации к физическим нагрузкам и проявление скоростно-силовых качеств и выносливости у конькобежцев в зависимости от индивидуальных генотипических особенностей.

2. В условиях физической нагрузки выяснить характер изменений гематологических и биохимических показателей крови конькобежцев в зависимости от полиморфных вариантов генов, регулирующих углеводный и липидный обмен и синтез стероидных гормонов.

3. Определить биоэнергетические показатели физической работоспособности конькобежцев, описать антропометрические характеристики и провести анализ распределения частот аллелей и генотипов у спортсменов различной специализации и квалификации.

4. На основе установленных физиолого-генетических факторов, способствующих развитию физических качеств и повышению физической

работоспособности, разработать и внедрить метод выбора спортивной специализации в конькобежном спорте.

Научная новизна проявляется в том, что *впервые*:

в проведенных комплексных исследованиях выявлены адаптационные процессы функционирования сердечно-сосудистой системы высококвалифицированных конькобежцев (члены национальной команды по конькобежному спорту Республики Беларусь и ближайший резерв) в покое и при выполнении физических нагрузок с учетом полиморфизма генов вазоактивных веществ (брадикинина, монооксида азота, ангиотензин-конвертирующего фермента);

получены данные, свидетельствующие об особенностях углеводного метаболизма у конькобежцев, проявляющихся в быстрой мобилизации и утилизации глюкозы в процессе гликолиза, что является биохимической основой адаптации к анаэробным нагрузкам скоростно-силового характера (при наличии *ala* аллеля гена *PPARG*);

описаны индивидуальные особенности антропометрических показателей белорусских конькобежцев; показано, что при физических нагрузках скоростно-силового характера у спортсменов наблюдается изменение мышечно-жирового компонента массы тела в сторону увеличения мышечной массы и снижения жировой при наличии *R* аллеля гена *ACTN3* и *ala* аллеля гена *PPARG*;

продемонстрирована взаимосвязь биоэнергетических показателей физической работоспособности высококвалифицированных белорусских конькобежцев с полиморфизмом ряда генов;

с учетом комплексного подхода выявлены физиолого-генетические и фенотипические критерии выбора спортивной специализации спортсменов в конькобежном спорте, способствующие повышению физической работоспособности конькобежцев.

Положения, выносимые на защиту

1. При высоком уровне спортивного мастерства и проявления выносливости адаптация сердечно-сосудистой системы конькобежцев идет по пути оптимизации функционирования, обусловленной индивидуальными генотипическими особенностями носителей -9 аллеля гена *BDKRB2*, I аллеля гена *ACE* и b аллеля гена *NOS3* по сравнению с носителями +9, D и a аллелей соответствующих генов.

2. У высококвалифицированных конькобежцев при выполнении околорекордных анаэробных нагрузок, требующих развития скоростно-силовых качеств, адаптация метаболизма проявляется в быстрой мобилизации и утилизации глюкозы в процессе гликолиза при наличии *ala* аллеля гена *PPARG*. Содержание в крови кортизола на верхней границе нормы и холестерина – на нижней границе нормы является биохимической основой адаптации организма конькобежцев-носителей C аллеля гена *CYP17A1* к продолжительным

физическим нагрузкам на выносливость, за счет усиления клеточного метаболизма и мобилизации энергетических субстратов.

3. В процессе адаптации к физическим нагрузкам скоростно-силовой направленности у высококвалифицированных конькобежцев наблюдается изменение мышечно-жирового компонента массы тела в сторону увеличения мышечной массы и снижения жировой при проявлении R аллеля гена *ACTN3* и ala аллеля гена *PPARG*.

4. Метод выбора спортивной специализации конькобежцев на основе физиологических, антропометрических, биохимических и молекулярно-генетических технологий включает выявление физических качеств, к развитию и проявлению которых имеется наибольшая предрасположенность, и выбор конькобежной специализации (многоборье, спринтерские или стайерские дистанции). Высокий уровень физической работоспособности в аэробной зоне энергообеспечения и развития выносливости у конькобежцев определяется наличием максимального количества аллелей выносливости (I аллеля гена *ACE*, -9 гена *BDKRB2*, b гена *NOS3*, G гена *NOS3*, rro гена *PPARG*). Проявление скоростно-силовых качеств и высокая физическая работоспособность конькобежцев, связанная с развитием анаэробных механизмов энергообеспечения, определяется наличием максимального количества аллелей скорости/силы (D аллеля гена *ACE*, R гена *ACTN3*, ala гена *PPARG*).

Личный вклад соискателя ученой степени

Соискателем лично проведена научно-исследовательская работа, связанная с теоретическим анализом и обобщением литературных источников. Соискателем выполнена экспериментальная работа по определению физической работоспособности, биохимических и гематологических показателей крови конькобежцев, по выделению ДНК из биоматериала. Статистическая обработка полученных данных, анализ и интерпретация результатов, подготовка иллюстративного материала, написание и оформление рукописи диссертационной работы выполнены соискателем самостоятельно.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты диссертационного исследования докладывались на международных научно-практических конференциях: «Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту» (Минск, 2009, 2010, 2011, 2013, 2016), «Генетическая и регенеративная медицина: проблемы и перспективы» (Киев, 2010), «Актуальные проблемы физического воспитания, спорта и туризма» (Мозырь, 2010, 2012), «Научные стремления. Международная молодежная научно-практическая конференция» (Минск, 2010, 2012), «Международная научно-практическая конференция по проблемам физической культуры и спорта государств – участников Содружества Независимых Государств» (Минск, 2012), «Актуальные проблемы регенеративной медицины» (Киев, 2012),

«Физиологические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам» (Казань, 2012), «Фундаментальные науки – медицине» (Минск, 2013), «Молодая спортивная наука Беларуси» (Минск, 2014), «Кровообращение в норме и при патологии – от Гарвея до трансплантации сердца (к 100-летию со дня рождения профессора Н. И. Аринчина)» (Минск, 2014), «Актуальные проблемы современной спортивной медицины» (Киев, 2014), «Университетский спорт в современном образовательном социуме» (Минск, 2015).

Результаты научного исследования внедрены в учебно-тренировочный процесс республиканских центров по подготовке конькобежцев: ГСУСУ «Могилевская городская ДЮСШ № 4», ГСУСУ «Витебский областной ЦОР по зимним видам спорта», ГСУСУ «Областная школа высшего спортивного мастерства» г. Могилева, ГУ «ГЦОП по ледовым дисциплинам» г. Минска (4 акта внедрения) и в образовательный процесс учреждения образования «Белорусский государственный университет физической культуры» (2 акта внедрения).

Опубликование результатов диссертации

По теме диссертации опубликованы 34 научные работы общим объемом 18,0 авторских листов, в том числе 14 статей в научных журналах и сборниках, включенных в «Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований» и «Перечень научных профессиональных изданий Украины, в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание научных степеней доктора и кандидата наук» (7,4 авторских листа). Опубликовано 17 статей в сборниках материалов международных конференций, 2 статьи в информационно-аналитических бюллетенях, 1 методические рекомендации (общий объем 10,6 авторских листа).

Структура и объем диссертации

Диссертация представлена на 213 страницах компьютерного текста и включает перечень сокращений, введение, общую характеристику работы, основную часть (7 глав), заключение, библиографический список и приложения. Основное содержание работы изложено на 177 страницах и иллюстрировано 35 таблицами на 34 страницах и 29 рисунками на 27 страницах. Библиографический список изложен на 30 страницах и включает 269 источников (105 – на русском языке, 164 – на английском языке) и 34 публикации соискателя. Приложения изложены на 6 страницах.

Основная часть

В **первой главе** представлен аналитический обзор литературы по проблеме исследования. Показано, что функциональный статус сердечно-сосудистой системы (ССС) и особенности метаболизма определяют адаптацию к физическим нагрузкам и проявление скоростно-силовых качеств и выносливости конькобежцев (Н. А. Агаджанян, А. С. Солодков и др.). Дана физиологическая характеристика физических качеств спортсменов в конькобежном спорте, описаны особенности энергообеспечения мышечной деятельности конькобежцев (Н. И. Волков, Я. М. Коц и др.). Проанализированы литературные данные о роли ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС) и каллектриин-кининовой системы (ККС) крови в гуморальной регуляции деятельности ССС (А. А. Лебедев, R. G. Knowels, C. J. Lowenstein, S. Meerson, C. Nathan, Y. Wang и др.). Описана функциональная значимость ряда генов в развитии и проявлении физических качеств конькобежцев посредством регуляции углеводного и липидного метаболизма (И. И. Ахметов, S. S. Deeb, S. Masud, M. Vantinen и др.), влияния на сократительный аппарат скелетных мышц (А. М. Дружевская, N. Eunop, B. Norman, N. Yang и др.), регуляции синтеза стероидных гормонов (Т. А. Сушко, I. Hanukoglu, C. S. Yadav и др.) и деятельности ССС (И. В. Астратенкова, И. Б. Моссэ, T. Kimura, F. J. Neves, D. Vaughan и др.).

Во **второй главе** описаны материалы и методы исследования. Диссертационная работа выполнена на кафедре физиологии и биохимии учреждения образования «Белорусский государственный университет физической культуры» и на базе государственного учреждения «Научно-исследовательский институт физической культуры и спорта Республики Беларусь» (ГУ «НИИ ФКиС»). Генетический анализ проводили в ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси». В исследовании приняли участие 137 спортсменов-конькобежцев (90 мужчин и 47 женщин, возраст от 13 до 30 лет) с квалификацией от III юношеского разряда до мастера спорта международного класса (МСМК): спортсмены с юношескими разрядами – 32 человека; III взрослый разряд – 6; II взрослый разряд – 20; I взрослый разряд – 20; кандидаты в мастера спорта (КМС) – 29; мастера спорта (МС) – 25; МСМК – 5. Спортсмены являлись членами национальной команды по конькобежному спорту Республики Беларусь, входили в число стажеров или резерва национальной команды, были учащимися специализированных центров по подготовке конькобежцев. Контрольную группу составили 424 человека, не занимающиеся спортом. Обследуемые подписывали информированное согласие, исследования были одобрены Комитетом по этике ГУ «НИИ ФКиС».

Методология исследования включала философский, общенаучный, частнонаучный и конкретно-научный уровни. Философскую основу исследования составила материалистическая диалектика, принципы взаимосвязи

и развития процессов и явлений. Общенаучным уровнем методологии являлся системный подход, содержание которого раскрывается в понятиях целостности, структурности, взаимозависимости системы и среды. Частнонаучный уровень методологии исследования представлен общими положениями физиологии, биохимии, общепедагогическими принципами теории и методики физического воспитания. На технологическом уровне применялись инструментальные методы, обеспечивающие получение достоверного эмпирического материала (данные методы представлены в таблице 1), методы математической статистики.

Таблица 1. – Структура и содержание методов исследования

Содержание исследования	Исследуемые показатели	Методы исследования
Изучение центральной гемодинамики	Частота сердечных сокращений. Систолическое и диастолическое артериальное давление. Пульсовое давление, среднее артериальное давление, ударный объем, минутный объем кровообращения, ударный индекс, сердечный индекс, общее периферическое сопротивление сосудов, общий гемодинамический показатель, вегетативный индекс	Пульсометрия. Метод Н.С. Короткова. Метод тетраполярной реографии
Определение биохимических показателей крови	Концентрации лактата в цельной крови. Концентрация глюкозы, триглицеридов, холестерина, общего белка, альбумина, мочевины, активность креатинкиназы, аспаратаминотрансферазы, аланинаминотрансферазы в сыворотке	Энзиматический колориметрический метод и кинетический метод
	Концентрация тестостерона и кортизола	Иммуноферментный метод
Определение физической работоспособности	Биоэнергетические показатели: – максимальное накопление лактата на пике мощности нагрузки, – порог аэробного обмена – мощность нагрузки при концентрации лактата в крови 2 ммоль/л, – порог анаэробного обмена (лактат 4 ммоль/л), – работоспособность в смешанных аэробно-анаэробной (лактат 6 ммоль/л) и анаэробно-аэробной (лактат 8 ммоль/л) зонах, – максимальная работоспособность на пике концентрации лактата в крови, – ЧСС в различных зонах мощности	Субмаксимальный велоэргометрический тест со ступенчатым повышением нагрузки. Тест Physical Work Capacity (PWC ₁₇₀)
Антропометрические измерения	Масса и длина тела, поперечные и обхватные размеры, толщина кожно-жировых складок в восьми позициях	Измерения с использованием калипера, антропометра, весов, сантиметровой ленты
	Показатели мышечной силы	Динамометрия
	Костная, мышечная, жировая масса тела	Расчет по формулам И. Матейки
Выделение ДНК. Определение полиморфизмов генов	ДНК из буккального эпителия со слизистой оболочки ротовой полости или из крови. Полиморфные варианты генов ACE, BDKRB2, NOS3, ACTN3, PPARG, CYP17A1	Метод полимеразной цепной реакции. Метод амплификации полиморфного участка, рестрикции, электрофореза

Статистический анализ полученных данных проводили методами вариационной статистики при помощи пакета программ «Microsoft Office Excel» и «IBM SPSS Statistics 20». В случае нормального распределения количественных признаков вычисляли среднее значение (M) и стандартную ошибку среднего (m), результаты представлены в виде $M \pm m$; значимость различий показателей между группами определялась по t -критерию Стьюдента. В случае отклонения распределения от нормального количественные данные представлены в виде медианы значений (Me) и интерквартильного размаха с описанием значений 25 и 75 перцентилей: $Me (25 \% ; 75 \%)$. Значимость различий определяли с использованием U -критерия Манна – Уитни (при сравнении двух независимых выборок) и H -критерия Краскела – Уоллиса (при сравнении трех групп). Различия для парных наблюдений определяли с использованием W -критерия Уилкоксона. Для оценки соответствия наблюдаемого распределения генотипов и аллелей ожидаемому, исходя из равновесия Харди – Вайнберга, использовали критерий χ^2 Пирсона с учетом поправки Йетса (для малых групп). Значимость различий в частоте признаков между сравниваемыми выборками определяли с помощью многомерного критерия углового преобразования Фишера (ϕ). Для установления взаимосвязи между количественными показателями использовали коэффициент корреляции Пирсона. Критическим значением уровня значимости считали 0,05.

В третьей – седьмой главах представлены основные результаты проведенных исследований, а также анализ и обсуждение полученных данных.

Взаимосвязь функционирования сердечно-сосудистой системы высококвалифицированных конькобежцев с проявлением физических качеств с учетом полиморфизма генов вазоактивных веществ.

При сравнении показателей центральной гемодинамики у высококвалифицированных спортсменов с разными полиморфными вариантами генов вазоактивных веществ: брадикинина, монооксида азота, ангиотензин-конвертирующего фермента (гены *BDKRB2*, *NOS3*, *ACE*), наибольшее количество значимых различий выявлено в зависимости от +9/-9 полиморфизма гена *BDKRB2*. В состоянии покоя у конькобежцев с генотипом +9/-9 при одинаковой величине систолического артериального давления (САД) отмечены более низкие значения диастолического артериального давления (ДАД), частоты сердечных сокращений (ЧСС), среднего артериального давления (АДср), ударного объема (УО), минутного объема кровообращения (МОК), ударного индекса (УИ), сердечного индекса (СИ) и общегемодинамического показателя (ОГП), чем у носителей генотипов +9/+9 и -9/-9 гена *BDKRB2* ($P < 0,05$). Такие приспособительные реакции указывают на адаптацию сердечно-сосудистой системы носителей гетерозиготного варианта гена *BDKRB2* к физическим нагрузкам, направленным на развитие выносливости.

Наиболее высокие показатели ЧСС, УО, пульсового давления (ПД), МОК и ОГП при значимо более низкой величине общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС) в состоянии покоя наблюдались у спортсменов с

генотипом +9/+9 по сравнению с представителями других генотипов рассматриваемого гена ($P<0,05$). Таким образом, у высококвалифицированных конькобежцев напряжение механизмов регуляции деятельности ССС, неблагоприятное для развития и проявления выносливости, ассоциировалось с носительством генотипа +9/+9 гена *BDKRB2*.

Установлено, что наиболее оптимальным состоянием кровообращения, связанным с развитием выносливости, характеризовались представители ID генотипа гена *ACE*. У спортсменов с генотипом ID в покое отмечены более низкие величины САД, ДАД, ЧСС, АДср и ОГП по сравнению со спортсменами с DD и II генотипами ($P<0,05$).

ОПСС значительно ниже у носителей bb генотипа гена *NOS3*, чем у конькобежцев с ab генотипом ($P<0,05$). Высокая активность NO-синтазы обеспечивает образование NO в эндотелии сосудов и их расширение, поэтому при одинаковых значениях ЧСС и УО у конькобежцев с генотипами ab и bb величина МОК у носителей генотипа bb значительно выше ($P<0,05$). У конькобежцев с bb генотипом гена *NOS3* показатели УО и, соответственно, МОК, УИ и СИ значительно ниже, чем у представительниц генотипа ab при одинаковых значениях АД и более высоком ОПСС ($P<0,05$). Наличие b аллеля гена *NOS3* способствует более экономичному функционированию ССС конькобежцев и является благоприятным фактором развития выносливости.

Изменения гематологических и биохимических показателей крови конькобежцев в условиях физической нагрузки.

Особенности углеводного метаболизма при выполнении физических нагрузок у конькобежцев с разными генотипами гена *PPARG*. У конькобежцев с рго/рго генотипом в покое перед нагрузкой (не натошак) содержание глюкозы в крови составляло $4,6\pm0,52$ ммоль/л, у спортсменов с гетерозиготным вариантом полиморфизма гена *PPARG* – $6,7\pm0,86$ ммоль/л ($P<0,05$). После выполнения велоэргометрической нагрузки у спортсменов с рго/рго генотипом уровень глюкозы увеличился до $5,1\pm0,73$ ммоль/л (значимые различия по сравнению с состоянием покоя, $P<0,05$). У спортсменов с рго/ала генотипом, напротив, после нагрузки отмечено снижение концентрации глюкозы в крови до $5,4\pm0,50$ ммоль/л ($P<0,05$). Увеличение концентрации глюкозы в крови конькобежцев первой группы в ответ на нагрузку указывает на мобилизацию гликогена печени и усиление метаболизма глюкозы по медленному аэробному пути энергообеспечения. Мышцы носителей ala аллеля более чувствительны к инсулину. Снижение концентрации глюкозы в крови носителей генотипа рго/ала свидетельствует о высокой скорости транспорта глюкозы через клеточные мембраны в работающие мышцы в ответ на усилившийся в них энергообмен. При этом окисление глюкозы происходит по гликолитическому механизму. Носители ala аллеля характеризуются большим анаэробным потенциалом, что подтверждают полученные значения максимального уровня лактата в крови при выполнении одинаковых физических нагрузок конькобежцами с разными

генотипами гена *PPARG*. Максимальная концентрация лактата в крови конькобежцев после выполнения велоэргометрической нагрузки в подготовительном периоде годового цикла подготовки не отличалась и составляла $8,8 \pm 2,43$ ммоль/л (pro/pro генотип) и $8,7 \pm 1,15$ ммоль/л (pro/ala генотип). В соревновательном периоде, когда спортсмены совершенствуют специальные физические качества и выходят на высокий уровень их развития, отмечена значимо более высокая концентрация лактата в крови после тестирования у конькобежцев с генотипом pro/ala ($10,6 \pm 1,03$ ммоль/л) по сравнению со спортсменами с pro/pro генотипом ($6,9 \pm 1,34$ ммоль/л, $P < 0,05$). Для конькобежцев, носителей ala аллеля гена *PPARG*, характерна предрасположенность к нагрузкам анаэробного характера, и, соответственно, к развитию скоростно-силовых качеств за счет повышенной утилизации глюкозы по гликолитическому пути энергообеспечения.

Особенности изменения биохимических показателей крови конькобежцев с различными полиморфными вариантами гена *CYP17A1* при выполнении тестирующей нагрузки. Выявлена значимо более высокая концентрация гормона кортизола в крови конькобежцев с ТС генотипом гена *CYP17A1* по сравнению с носителями ТТ генотипа как в покое, так и после выполнения нагрузки. До нагрузки концентрация кортизола составляла 328,0 (301; 369) нмоль/л в группе спортсменов с ТТ генотипом и 428,9 (349; 567) нмоль/л в группе с ТС генотипом ($P < 0,05$). После выполнения нагрузочного теста PWC_{170} – 310,1 (273; 310) нмоль/л в группе с ТТ генотипом и 441,1 (327; 535) нмоль/л у носителей ТС генотипа ($P < 0,05$). Концентрация холестерина, который является предшественником в синтезе кортизола, у конькобежцев с ТТ генотипом значимо выше ($P < 0,05$), чем его концентрация в группе ТС: 3,75 (3,35; 3,84) и 2,66 (2,48; 3,18) ммоль/л соответственно. Кортизол выполняет мобилизационную функцию, направленную на использование липидных и белковых ресурсов для энергетического обеспечения работающих мышц при выполнении физических нагрузок. Более высокий (в пределах нормы) уровень кортизола в крови конькобежцев с ТС генотипом соответствует характеру выполняемых тренировочных нагрузок и свидетельствует о более выраженной ответной реакции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы на физические нагрузки как показателе эффективной адаптации к ним. Это подтверждается значимо более высоким уровнем работоспособности по тесту PWC_{170} у конькобежцев с генотипом ТС по сравнению со спортсменами с генотипом ТТ: 1512 (1411; 1625) и 1320 (1027; 1426) кгм/мин соответственно ($P < 0,05$). Выявлена положительная корреляция между концентрацией кортизола после тестирования и уровнем физической работоспособности конькобежцев ($r = 0,58$, $P < 0,05$), а также показателем максимального потребления кислорода ($r = 0,58$, $P < 0,05$).

Об эффективной адаптации спортсменов с ТС генотипом к физическим нагрузкам и развитию физических качеств можно судить по следующим

биохимическим показателям крови. Активность ферментов аланин- и аспартатаминотрансферазы, креатинфосфокиназы, уровень мочевины у спортсменов с генотипом ТТ значимо выше по сравнению с представителями гетерозиготного варианта гена *CYP17A1* ($P<0,05$) как в состоянии покоя, так и после выполнения тестирующей нагрузки, что указывает на некоторое напряжение нервно-мышечного аппарата и метаболических процессов в клетках печени у спортсменов с генотипом ТТ.

Антропометрические характеристики высококвалифицированных конькобежцев.

Более высокие значения антропометрических, силовых и композиционных показателей отмечены у носителей генотипа RR гена *ACTN3* по сравнению с носителями генотипа RX (как у спортсменов, так и у спортсменок). У конькобежцев с генотипом RR показатели кистевой динамометрии значимо выше, чем у спортсменов с генотипом RX (рисунок 1а, $P<0,05$), что подтверждает взаимосвязь полиморфизма гена *ACTN3* со скоростно-силовыми качествами. С высокими силовыми показателями конькобежцев ассоциируется генотип ala/ala гена *PPARG*: показатели кистевой динамометрии у конькобежцев с генотипом ala/ala выше на 27,7 % (правая кисть) и на 31,6 % (левая кисть, рисунок 1б), чем у спортсменов с генотипом pro/pro. Значения становой силы составляли $149,3\pm18,48$ и $92,6\pm16,89$ кг у конькобежцев с ala/ala и pro/pro генотипами соответственно ($P<0,05$).

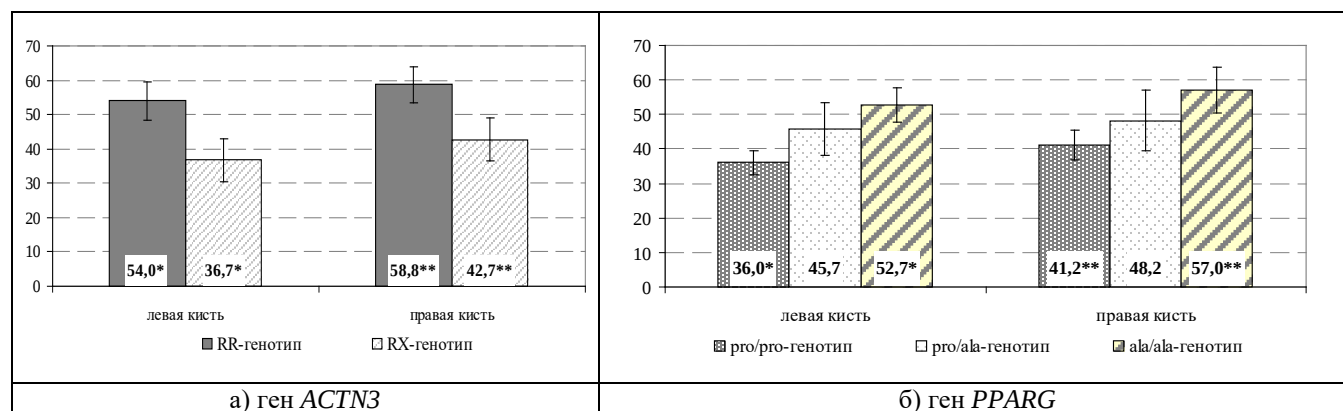


Рисунок 1. – Показатели динамометрии (кг) высококвалифицированных конькобежцев в зависимости от полиморфизмов: а) гена *ACTN3*, б) гена *PPARG*

Определены различия в распределении подкожного жира по поверхности тела спортсменов. Меньшей толщиной кожно-жировых складок (КЖС) во всех восьми позициях характеризуются конькобежцы с генотипом ala/ala гена *PPARG*, спортсмены с генотипом pro/pro имеют наибольшие величины данных показателей. Например, толщина КЖС на бедре у спортсменов с генотипом ala/ala значимо ниже ($7,3\pm0,69$ мм), как по сравнению со спортсменами pro/pro ($10,6\pm1,51$ мм), так и по сравнению со спортсменами pro/ala ($10,8\pm1,44$ мм, $P<0,05$). Толщина КЖС над трицепсом у носителей ala/ala генотипа значимо ниже: $8,1\pm0,72$, $11,8\pm1,49$ и $11,5\pm1,56$ мм у спортсменов с генотипами ala/ala,

pro/ala и pro/pro соответственно ($P < 0,05$). Показатель массы жировой ткани наибольший у представителей генотипа pro/pro ($12,2 \pm 3,3$ кг или $16,7 \pm 3,6$ %), наименьший – у представителей генотипа ala/ala ($9,3 \pm 1,2$ кг или $12,0 \pm 0,9$ %). Самый высокий процент мышечной массы отмечен у спортсменов с генотипом ala/ala. Таким образом, при систематических физических нагрузках скоростно-силового характера у высококвалифицированных конькобежцев наблюдается изменение компонентов массы тела в сторону увеличения мышечной массы и снижения жировой при наличии ala аллеля гена *PPARG*.

Физическая работоспособность и механизмы энергообеспечения как показатели уровня развития физических качеств конькобежцев.

Установлена взаимосвязь биоэнергетических показателей физической работоспособности и уровня развития физических качеств конькобежцев с полиморфизмом изучаемых генов. В таблице 2 представлены данные тестирования физической работоспособности высококвалифицированных конькобежцев в зависимости от полиморфизма генов *BDKRB2* и *ACE*.

Таблица 2. – Показатели физической работоспособности конькобежцев (мужчины) различных генотипов генов *BDKRB2* и *ACE* при велоэргометрическом тестировании, Ме (25 %; 75 %)

Гено- типы	Работоспособность, кгм/мин			Максимальная концентрация лактата, ммоль/л
	Аэробный порог (лактат 2 ммоль/л)	Анаэробный порог (лактат 4 ммоль/л)	Максимальная работоспособность на пике лактата	
полиморфные варианты гена <i>BDKRB2</i>				
+9/+9	682* ³ (449; 744)	1036* ³ (942; 1060)	1500 (1350; 1800)	8,8 (6,4; 11,6)
+9/-9	843 (737; 1002)	1277 (1138; 1476)	1800 (1500; 2100)	8,0 (6,0; 9,4)
-9/-9	932* ¹ (827; 1014)	1375* ¹ (1080; 1542)	1650 (1350; 1950)	8,5 (6,4; 11,1)
полиморфные варианты гена <i>ACE</i>				
DD	693* ⁵ (599; 789)	1218 (1136; 1367)	1800 (1500; 2100)	9,6* ^{5,6} (8,9; 12,3)
ID	948* ⁴ (732; 1165)	1322 (1163; 1615)	1725 (1425; 2100)	8,3* ⁴ (6,8; 9,0)
II	856 (718; 991)	1257 (970; 1496)	1650 (1350; 1950)	7,9* ⁴ (5,3; 9,2)

Примечание:

Значимые различия: *¹ – в сравнении с +9/+9 генотипом, *² – в сравнении с +9/-9 генотипом, *³ – в сравнении с -9/-9 генотипом; *⁴ – в сравнении с DD генотипом, *⁵ – в сравнении с ID генотипом, *⁶ – в сравнении с II генотипом (по U-критерию, $P < 0,05$)

На уровне аэробного порога спортсмены, обладатели аллеля -9 гена *BDKRB2* и I аллеля гена *ACE*, выполняли физическую нагрузку более высокой мощности, чем обладатели генотипа +9/+9 гена *BDKRB2* и генотипа DD гена *ACE* соответственно. У конькобежцев более высокая работоспособность носителей -9 аллеля (-9/-9 и +9/-9 генотипы) по сравнению с носителями +9/+9 генотипа отмечена также на уровне анаэробного порога: 1375 (1080; 1542), 1277 (1138; 1476) и 1036 (942; 1060) кгм/мин – значения порога анаэробного обмена у конькобежцев с -9/-9, +9/-9 и +9/+9 генотипами соответственно ($P < 0,05$). Спортсмены-носители аллеля -9 гена *BDKRB2* и I аллеля гена *ACE* характеризуются лучшей аэробной выносливостью. Значимо более высокая

концентрация лактата после нагрузки у конькобежцев с генотипом DD гена *ACE* по сравнению с носителями генотипов ID и II ($P<0,05$) – показатель низкой мощности аэробной системы энергообеспечения и развития гликолиза как биохимической основы скоростно-силовых качеств.

Отмечен высокий уровень физической работоспособности в сочетании с экономичностью функций сердечно-сосудистой системы при выполнении тестирующей нагрузки у конькобежцев с генотипами bb (ab-полиморфизм) и генотипами TG и GG (TG-полиморфизм) гена *NOS3*. Наименее благоприятным для развития физических качеств и роста спортивного мастерства в конькобежном спорте является наличие полиморфных вариантов aa и TT гена *NOS3*. Тестирование физической работоспособности показало, что с развитием скоростно-силовых качеств и высокой физической работоспособностью в анаэробных зонах энергообеспечения ассоциировано носительство R аллеля гена *ACTN3* и ala аллеля гена *PPARG*.

Метод выбора спортивной специализации конькобежцев на основе физиолого-генетических критериев, способствующих повышению физической работоспособности.

Распределение частот полиморфных вариантов генов ACE, BDKRB2, NOS3, ACTN3, PPARG, CYP17A1 у конькобежцев и у лиц, не занимающихся спортом. Выявлены особенности распределения полиморфных вариантов изучаемых генов у лиц, не занимающихся спортом, и у конькобежцев в зависимости от их квалификации и специализации, то есть с учетом ведущего физического качества. Полученные результаты по распределению частот анализируемых генотипов отражают процесс спортивного отбора: генотипы и аллели, отмеченные у высококвалифицированных конькобежцев с высокой частотой, благоприятны для занятий конькобежным спортом, достижения высоких спортивных результатов и спортивного долголетия. У высококвалифицированных конькобежцев значимо чаще по сравнению с группой контроля ($P<0,05$) встречаются генотип -9/-9 ($\varphi_{\text{эсп.}}=3,48$) гена *BDKRB2*, генотипы bb ($\varphi_{\text{эсп.}}=1,99$) и GG ($\varphi_{\text{эсп.}}=2,03$) гена *NOS3*, а также генотип ala/ala гена *PPARG* ($\varphi_{\text{эсп.}}=1,82$).

Определены аллели и генотипы исследуемых генов, ассоциированные с развитием скоростно-силовых качеств и выносливости. Конькобежцы высокой квалификации разделены на группы спринтеров, стайеров и многоборцев. В группе спринтеров (конькобежцев, демонстрирующих высокие результаты на дистанциях 500 и 1000 м) значимо чаще по сравнению с группой контроля ($P<0,05$) встречаются генотип RX гена *ACTN3* ($\varphi_{\text{эсп.}}=2,19$), генотип ala/ala гена *PPARG*, ($\varphi_{\text{эсп.}}=1,73$), генотип -9/-9 гена *BDKRB2* ($\varphi_{\text{эсп.}}=2,19$), а также значимо реже – генотип pro/pro гена *PPARG* ($\varphi_{\text{эсп.}}=2,16$). Среди конькобежцев-стайеров (демонстрирующих высокие результаты на дистанциях 5000 и 10000 м, ведущее качество – выносливость) значимо чаще по сравнению с контролем ($P<0,05$) встречаются генотип -9/-9 гена *BDKRB2* ($\varphi_{\text{эсп.}}=4,75$), генотипы bb ($\varphi_{\text{эсп.}}=1,79$) и GG ($\varphi_{\text{эсп.}}=4,66$) гена *NOS3*,

значимо реже – генотип +9/+9 гена *BDKRB2* ($\phi_{\text{эксп.}}=3,21$). В группе стайеров по сравнению со спринтерами значимо чаще встречаются генотипы GG гена *NOS3*, pro/pro гена *PPARG*, CC гена *CYP17A1*, а также значимо реже – генотипы +9/+9 гена *BDKRB2*, ala/ala и pro/ala гена *PPARG* ($P<0,05$). В группе многоборцев, характеризующихся высоким уровнем развития как скоростно-силовых качеств, так и выносливости, отмечена высокая частота гетерозиготных вариантов: генотип ID гена *ACE* (53,4 %), генотип +9/-9 гена *BDKRB2* (53,4 %), генотип RX гена *ACTN3* (55,6 %), генотип TC гена *CYP17A1* (47,0 %), генотипов ab (30,0 %) и TG (26,7 %) гена *NOS3*.

В общей выборке конькобежцев не отмечены носители aa и TT генотипов гена *NOS3* и с низкой частотой встречались высококвалифицированные спортсмены с генотипами ab и TG данного гена.

Метод выбора спортивной специализации конькобежцев. На основе выявленных физиолого-генетических особенностей разработан и внедрен метод выбора спортивной специализации в конькобежном спорте, способствующий повышению физической работоспособности (рисунок 2).

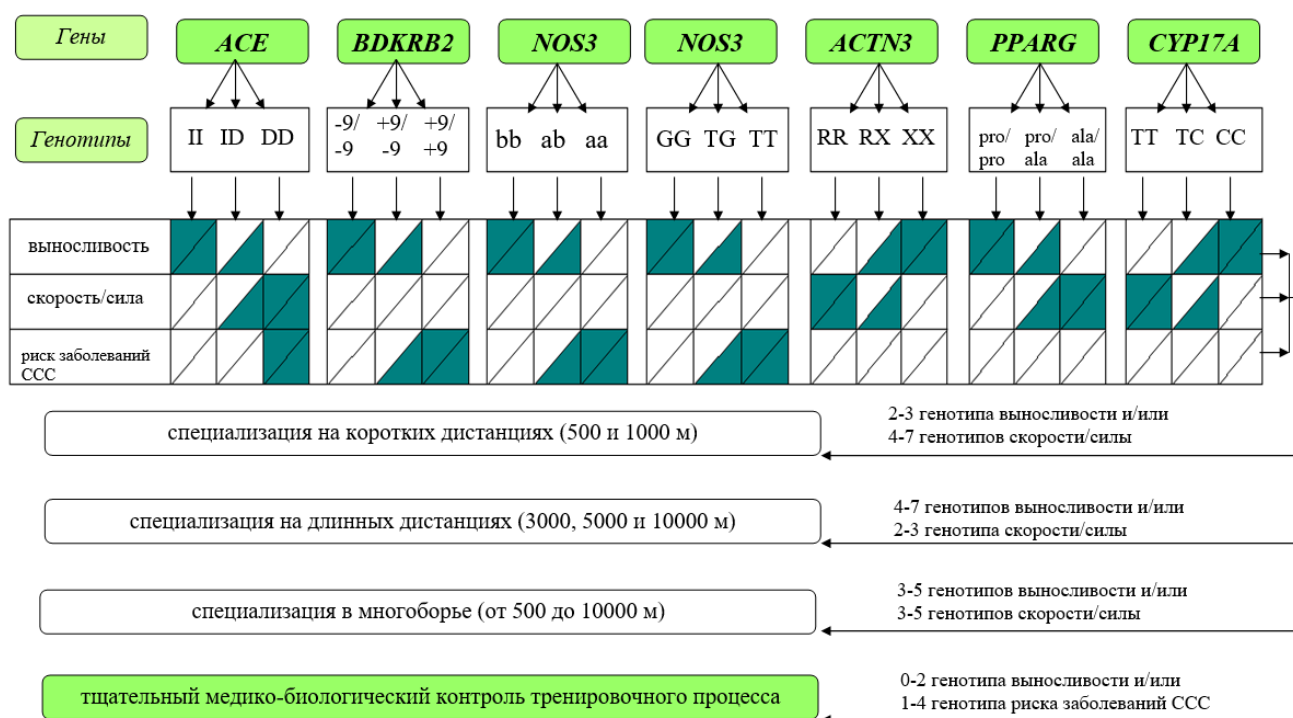


Рисунок 2. – Метод выбора спортивной специализации конькобежцев

Метод включает определение полиморфизма генов, физиологических, антропометрических, биохимических показателей, выявление физических качеств, к проявлению которых имеется наибольшая предрасположенность, и выбора конькобежной специализации (многоборье, спринтерские или стайерские дистанции). Экономизация функционирования сердечно-сосудистой системы и особенности метаболизма, обусловленные наличием I аллеля гена *ACE*, -9 аллеля гена *BDKRB2*, bb генотипа гена *NOS3* (ab-полиморфизм), GG генотипа гена *NOS3*

(TG-полиморфизм), pro/pro генотипа гена *PPARG*, С аллеля гена *CYP17A1*, являются благоприятными для специализации на длинных конькобежных дистанциях (5000 и 10000 м). Индивидуальные особенности носителей генотипов DD (*ACE*), RR и RX (*ACTN3*), ala/ala и pro/ala (*PPARG*) определяют предпочтительность специализации в спринте (дистанции 500 м и 1000 м), а также в многоборье.

Наличие генотипов aa и TT гена *NOS3* наименее благоприятно для конькобежцев и предполагает тщательный медико-биологический контроль тренировочного и соревновательного процесса.

Заключение

Основные научные результаты диссертации

1. В проведенных впервые комплексных исследованиях выявлены адаптационные процессы функционирования сердечно-сосудистой системы высококвалифицированных конькобежцев (члены национальной команды по конькобежному спорту Республики Беларусь и ближайший резерв) в покое и при выполнении физических нагрузок с учетом полиморфизма генов вазоактивных веществ. Установлено, что гемодинамическое обеспечение организма конькобежцев происходит в условиях оптимизации деятельности сердечно-сосудистой системы и повышенной активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы ($P < 0,05$), что связано с развитием выносливости (при наличии генотипа +9/-9 гена *BDKRB2*, генотипа II гена *ACE* и генотипа bb гена *NOS3*) [1, 3, 4, 6, 14, 19, 20, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34].

2. У высококвалифицированных конькобежцев адаптация к околوماксимальным анаэробным нагрузкам, и, соответственно, к развитию скоростно-силовых качеств, определяется быстрой мобилизацией и утилизацией глюкозы в процессе гликолиза (при наличии ala аллеля гена *PPARG*). Максимальная концентрация лактата в крови после выполнения физической нагрузки в соревновательном периоде подготовки у спортсменов-носителей ala аллеля значимо выше, чем у конькобежцев с pro/pro генотипом ($P < 0,05$), как показатель развития гликолитического механизма ресинтеза АТФ, являющегося одной из биохимических основ скоростно-силовых качеств [6, 12, 22, 23, 24, 33].

Впервые установлено, что содержание в крови кортизола на верхней границе нормы и холестерина – на нижней границе нормы является биохимической основой адаптации организма конькобежцев – носителей С аллеля гена *CYP17A1* к продолжительным физическим нагрузкам на выносливость, за счет усиления клеточного метаболизма и мобилизации энергетических субстратов [6, 9, 13, 33].

3. Впервые описаны индивидуальные особенности антропометрических показателей белорусских конькобежцев, демонстрирующие фенотипическое проявление полиморфизма генов *ACTN3* и *PPARG*. При систематических физических нагрузках скоростно-силового характера у высококвалифицированных конькобежцев наблюдается изменение мышечно-жирового компонента массы тела в сторону увеличения мышечной массы и снижения жировой при наличии R аллеля гена *ACTN3* и ala аллеля гена *PPARG* [6, 10, 22, 23, 25, 31, 33, 34].

4. Продемонстрировано, что проявление выносливости и высокий уровень физической работоспособности конькобежцев в аэробной зоне энергообеспечения определяется наличием максимального количества аллелей выносливости (I аллеля гена *ACE*, -9 гена *BDKRB2*, b гена *NOS3*, G гена *NOS3*, pro гена *PPARG*). Проявление скоростно-силовых качеств и высокая физическая работоспособность конькобежцев, связанная с развитием анаэробных механизмов энергообеспечения, определяется наличием максимального количества аллелей скорости/силы (D аллеля гена *ACE*, R гена *ACTN3*, ala гена *PPARG*). Генотипы aa и TT (ген *NOS3*) ассоциированы с низкой физической работоспособностью (в общей выборке конькобежцев не встречались носители данных генотипов). Оптимальное функционирование сердечно-сосудистой системы и протекание обменных процессов, проявление физических качеств и достижение высоких спортивных результатов в конькобежном спорте предполагают наличие определенных полиморфных вариантов генов. Это генотипы, отмеченные у высококвалифицированных конькобежцев (МСМК, МС, КМС) со значительно большей частотой по сравнению с лицами, не занимающимися спортом: генотипы bb (ab-полиморфизм) и GG (TG-полиморфизм) гена *NOS3*, генотип -9/-9 гена *BDKRB2*, генотип RX гена *ACTN3*, генотип ala/ala гена *PPARG* ($P < 0,05$) [1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 26, 32, 33, 34].

5. На основании выявленных комплексных физиолого-генетических особенностей, способствующих повышению физической работоспособности, разработан и внедрен метод выбора спортивной специализации конькобежцев [2, 5, 6, 7]. Благоприятным для проявления выносливости и специализации на длинных дистанциях (5000 и 10000 м) в конькобежном спорте является наличие I аллеля гена *ACE* (генотипы II и ID), -9 аллеля гена *BDKRB2* (генотип -9/-9), bb и GG генотипов гена *NOS3*, pro/pro генотипа гена *PPARG*, CC генотипа гена *CYP17A1*. Благоприятным для проявления скоростно-силовых качеств и специализации в спринте (дистанции 500 м и 1000 м), а также в конькобежном многоборье является

носительство D аллеля гена *ACE* (генотип DD), R аллеля гена *ACTN3* (генотипы RR и RX), ala аллеля гена *PPARG*. (генотипы ala/ala и pro/ala) [5, 6, 7, 33, 34].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Выявление фактов оптимизации функционирования сердечно-сосудистой системы при наличии максимального количества аллелей выносливости в генотипе, а также особенности метаболизма и антропометрические показатели, определяемые индивидуальными генотипическими характеристиками, необходимо учитывать при выборе спортивной специализации конькобежцев.

2. Критерием для специализации на стайерских дистанциях в конькобежном спорте (5000 и 10000 м) является наличие I аллеля гена *ACE* (генотипы II и ID), -9 аллеля гена *BDKRB2* (генотип -9/-9), bb генотипа гена *NOS3* (ab-полиморфизм), GG генотипа гена *NOS3* (TG-полиморфизм), pro аллеля гена *PPARG* (pro/pro генотип), C аллеля гена *CYP17A1*.

3. Критерием для специализации в конькобежном спринте (дистанции 500 м и 1000 м) является наличие D аллеля гена *ACE* (генотип DD), R аллеля гена *ACTN3* (генотипы RR и RX), ala аллеля гена *PPARG*. (генотипы ala/ala и pro/ala).

4. Для специализации в конькобежном многоборье (дистанции от 500 и 10000 м), требующем проявления и скоростно-силовых качеств, и выносливости, благоприятно носительство гетерозиготных генотипов (ID гена *ACE*, +9/-9 гена *BDKRB2*, ab и TG гена *NOS3*, RX гена *ACTN3*, pro/ala гена *PPARG*, TC гена *CYP17A1*).

5. При наличии генотипов aa и TT гена *NOS3* спортсмены нуждаются в тщательном медико-биологическом контроле тренировочного процесса.

Список публикаций соискателя ученой степени

Статьи в научных журналах

1. Ильютик, А. В. Распределение полиморфизма генов, определяющих показатели работы сердечно-сосудистой системы, у конькобежцев / А. В. Ильютик, В. А. Синелев, И. Л. Гилеп // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2012. – № 1. – С. 38–44.
2. Комплексный анализ полиморфизма генов *BDKRB2* и *NOS3* у белорусских конькобежцев / **А. В. Ильютик**, И. Н. Рубчентя, И. Л. Гилеп, В. А. Синелев // Фізична активність, здоров'я і спорт. – 2013. – № 2. – С. 34–42.
3. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы высококвалифицированных конькобежцев в зависимости от полиморфизма генов *BDKRB2*, *ACE*, *NOS3* / **А. В. Ильютик**, Н. В. Иванова, И. Н. Рубчентя, И. Л. Гилеп // Новости медико-биологических наук (News of Biomedical Sciences). – 2014. – Т. 9, № 2. – С. 85–91.
4. Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы высококвалифицированных конькобежцев в зависимости от полиморфизма генов *BDKRB2*, *ACE*, *NOS3* / **А. В. Ильютик**, Н. В. Иванова, И. Н. Рубчентя, И. Л. Гилеп, Н. В. Шераш // Вестник ВДУ ім'я П. М. Машєрава. – 2014. – № 3. – С. 35–41.
5. Определение благоприятных комбинаций генотипов для конькобежцев различных специализаций / **А. В. Ильютик**, И. В. Гайдукевич, И. Л. Гилеп, И. Н. Рубчентя // Мир спорта. – 2014. – № 2. – С. 49–54.
6. Алгоритм определения спортивной специализации конькобежцев на основе результатов анализа полиморфизма генов *ACE*, *NOS3*, *BDKRB2*, *ACTN3*, *PPARG*, *CYP17A1* / **А. В. Ильютик**, И. Н. Рубчентя, И. Л. Гилеп, И. В. Гайдукевич // Мир спорта. – 2015. – № 4. – С. 49–55.

7. Ильютик, А. В. Анализ соревновательной деятельности спортсменов в конькобежном спорте в зависимости от полиморфизма гена АКФ / **А. В. Ильютик**, И. Л. Гилеп // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Респ. Беларусь : сб. рец. науч. трудов / Науч.-исслед. ин-т физ. культуры и спорта Респ. Беларусь ; редкол.: Н. Г. Кручинский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2010. – Вып. 9. – С. 116–121.

8. Ильютик, А. В. Показатели физической работоспособности конькобежцев в годичном цикле подготовки в зависимости от полиморфизма гена АКФ / **А. В. Ильютик**, И. Л. Гилеп // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Респ. Беларусь : сб. рец. науч. трудов / Науч.-исслед. ин-т физ. культуры и спорта Респ. Беларусь ; редкол.: Н. Г. Кручинский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2010. – Вып. 9. – С. 121–126.

9. Гилеп, И. Л. Комплексный анализ полиморфизма генов *CYP17A1* и *ACE* у спортсменов / И. Л. Гилеп, **А. В. Ильютик**, И. Л. Рыбина // Ученые записки : сб. рец. науч. трудов / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: М. Е. Кобринский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2010. – Вып. 13. – С. 213–221.

10. Взаимосвязь pro/ala-полиморфизма гена *PPARG* с морфологическими показателями конькобежцев / **А. В. Ильютик**, Л. А. Черемисина, И. В. Гайдукевич, И. Л. Гилеп // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Респ. Беларусь : сб. рец. науч. трудов / Науч.-исслед. ин-т физ. культуры и спорта Респ. Беларусь ; редкол.: Н. Г. Кручинский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – Вып. 11. – С. 235–243.

11. Гилеп, И. Л. Оценка физической работоспособности высококвалифицированных конькобежцев с различными полиморфными вариантами генов *BDKRB2* и *NOS3* / И. Л. Гилеп, **А. В. Ильютик**, В. А. Синелев // Ученые записки БГУФК : сб. рец. науч. трудов: посвящ. 75-летию университета / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: Т. Д. Полякова (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – Вып. 15. – С. 307–317.

12. Особенности изменения биохимических показателей крови конькобежцев при выполнении тестирующей нагрузки в зависимости от pro/ala-полиморфизма гена *PPARG* / **А. В. Ильютик**, И. Л. Гилеп, И. В. Гайдукевич, И. Н. Рубчеля // Научные труды НИИ физической культуры и спорта Респ. Беларусь : сб. рец. науч. трудов / Науч.-исслед. ин-т физ. культуры и спорта Респ. Беларусь ; редкол.: А. А. Михеев (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – Вып. 12. – С. 32–39.

13. Гилеп, И. Л. Ассоциация полиморфизма (с/т-34) гена *CYP17A1* с биохимическими показателями крови конькобежцев / И. Л. Гилеп, **А. В. Ильютик** // Ученые записки : сб. рец. науч. трудов / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: Т. Д. Полякова (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – Вып. 16. – С. 239–245.

14. Ильютик, А. В. Исследование +9/-9-полиморфизма гена *BDKRB2* у конькобежцев / А. В. Ильютик // Ученые записки : сб. рец. науч. трудов / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: Т. Д. Полякова (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2014. – Вып. 17. – С. 283–294.

Материалы конференций

15. Ильютик, А. В. Динамика биоэнергетических показателей общей и специальной работоспособности в различных зонах энергообеспечения в годичном цикле подготовки конькобежцев / А. В. Ильютик // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 8–10 апр. 2009 г. : в 4 т. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: М. Е. Кобринский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2009. – Т. 2 : Молодежь – науке. Актуальные проблемы теории и методики физической культуры и спорта. – С. 388–392.

16. Ильютик, А. В. Взаимосвязь полиморфизма гена АКФ с показателями физической работоспособности конькобежцев на разных этапах годичной подготовки / А. В. Ильютик, И. Л. Гилеп, И. Н. Рубченя // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре, спорту и туризму : материалы XI Междунар. науч. сессии по итогам НИР за 2009 год : Молодежь – науке, Минск, 15–16 апр. 2010 г. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: М. Е. Кобринский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2010. – С. 150–154.

17. Ильютик, А. В. Анализ взаимосвязи гематологических и биохимических показателей крови конькобежцев с полиморфизмом гена АКФ / А. В. Ильютик, И. Л. Гилеп, И. Н. Рубченя // Актуальные проблемы физического воспитания, спорта и туризма : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Мозырь, 13–15 окт. 2010 г. / УО МГПУ им. И.П. Шамякина ; редкол.: В. В. Валетов (пред.) [и др.]. – Мозырь, 2010. – С. 215–217.

18. Ильютик, А. В. Взаимосвязь полиморфизма гена АКФ с показателями физической работоспособности конькобежцев / А. В. Ильютик, И. Л. Гилеп, И. Н. Рубченя // Журнал Академии медицинских наук Украины ; Генетическая и регенеративная медицина: проблемы и перспективы : материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием, Киев, 14–15 окт. 2010 г. / НУФВиС Украины ; редкол.: О. Ф. Возянов (гл. ред.) [и др.]. – Киев, 2010. – Т. 16, дополнение. – С. 70–71.

19. Ильютик, А. В. Особенности энергетических и физиологических показателей конькобежцев с различными полиморфными вариантами гена *ACE* / **А. В. Ильютик**, И. Л. Гилеп // Научные стремления – 2010 : сб. материалов Респ. науч.-практ. молодеж. конф. с междунар. участием, Минск, 1–3 нояб. 2010 г. : в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых ученых НАН Беларуси ; редкол.: В. В. Казбанов [и др.]. – Минск, 2010. – Ч. 2. – С. 468–471.

20. Ильютик, А. В. Распределение полиморфизма генов, определяющих показатели работы сердечно-сосудистой системы, у конькобежцев / **А. В. Ильютик**, В. А. Синелев, И. Л. Гилеп // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре, спорту и туризму : материалы XII Междунар. сессии по итогам НИР за 2010 год, Минск, 12–20 апр. 2011 г. : в 3 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: М. Е. Кобринский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2011. – Ч. 2. – С. 158–161.

21. Гилеп, И. Л. Оценка физической работоспособности высококвалифицированных конькобежцев с различными полиморфными вариантами гена *BDKRB2* / И. Л. Гилеп, **А. В. Ильютик**, В. А. Синелев // Международная научно-практическая конференция по проблемам физической культуры и спорта государств-участников содружества независимых государств : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 мая 2012 г. : в 3 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: Т. Д. Полякова (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – Ч. 3. – С. 241–244.

22. Исследование pro/ala-полиморфизма гена *PPARG* у конькобежцев / **А. В. Ильютик**, И. Л. Гилеп, И. Л. Рыбина, И. В. Гайдукевич, И. Н. Рубчеля // Журнал Академии медицинских наук Украины ; Актуальные проблемы регенеративной медицины : материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием, Киев, 4–5 окт. 2012 г. / НУФВиС Украины ; редкол.: Г. М. Бутенко (гл. ред.) [и др.]. – Киев, 2012. – Т. 18, дополнение. – С. 59–60.

23. Ассоциация pro/ala-полиморфизма гена *PPARG* с морфологическими и биохимическими характеристиками высококвалифицированных конькобежцев / **А. В. Ильютик**, И. Л. Гилеп, И. В. Гайдукевич, Л. А. Черемисина, И. Л. Рыбина // Актуальные проблемы физического воспитания, спорта и туризма : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Мозырь, 11–13 окт. 2012 г. / УО МГПУ им. И. П. Шамякина ; редкол.: С. М. Блоцкий (пред.) [и др.]. – Мозырь, 2012. – С. 206–208.

24. Ильютик, А. В. Изменение показателей углеводного обмена в крови конькобежцев с различными генотипами гена *PPARG* / **А. В. Ильютик**, И. В. Гайдукевич, И. Л. Гилеп // Научные стремления – 2012 : сб. материалов Междунар. молодеж. науч.-практ. конф., Минск, 6–9 нояб. 2012 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых ученых НАН Беларуси ; редкол.: В. В. Казбанов [и др.]. – Минск, 2012. – С. 245–248.

25. Ильютик, А. В. Взаимосвязь R577X полиморфизма гена *ACTN3* с морфологическими показателями белорусских конькобежцев / А. В. Ильютик, Л. А. Черемисина, И. Л. Гилеп // Физиологические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Казань, 29–30 нояб. 2012 г. : в 2 т. / ФГБОУ ВПО «Поволжская ГАФКСиТ» ; редкол.: Ф. Р. Зотова [и др.]. – Казань, 2012. – Т. I. – С. 18–21.

26. Ильютик, А. В. Распределение комбинаций полиморфных вариантов генов *BDKRB2* и *NOS3* у конькобежцев / А. В. Ильютик, В. А. Синелев, И. Л. Гилеп // Молодежь – науке. Актуальные проблемы теории и методики физической культуры и спорта : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 16 мая 2013 г. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: Т. Д. Полякова (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – С. 238–240.

27. Функциональное состояние системы кровообращения и устойчивость к гипоксии у конькобежцев в зависимости от полиморфизма гена *BDKRB2* / А. В. Ильютик, И. Н. Рубчеля, И. Л. Гилеп, Т. В. Лойко, В. А. Синелев // Фундаментальные науки – медицине : материалы Междунар. науч. конф., Минск, 17 мая 2013 г. : в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т физиологии ; редкол.: И. В. Залуцкий [и др.]. – Минск, 2013. – Ч. 1. – С. 295–300.

28. Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы высококвалифицированных конькобежцев в зависимости от полиморфизма гена *BDKRB2* / А. В. Ильютик, Н. В. Иванова, И. Н. Рубчеля, И. Л. Гилеп // Молодая спортивная наука Беларуси : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 8–10 апр. 2014 г. : в 3 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: Т. Д. Полякова (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2014. – Ч. 3. – С. 36–39.

29. Особенности кровообращения у высококвалифицированных конькобежцев с разными полиморфными вариантами гена *BDKRB2* / А. В. Ильютик, И. Н. Рубчеля, Н. В. Иванова, И. Л. Гилеп / Кровообращение в норме и при патологии – от Гарвея до трансплантации сердца : материалы Междунар. научн. конф., Минск, 16–17 окт. 2014 г. // Ин-т физиологии Нац. акад. наук Беларуси, Новости мед.-биол. наук (News of Biomedical Sciences). – Минск, 2014. – Т. 10, № 3. – С. 31–32.

30. Взаимосвязь полиморфизма генов *BDKRB2*, *ACE*, *NOS3* с функциональным состоянием сердечно-сосудистой системы высококвалифицированных конькобежек / А. В. Ильютик, И. Л. Гилеп, Н. В. Иванова / Университетский спорт в современном образовательном социуме : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 апр. 2015 г. : в 4 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: Т. Д. Полякова (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – Ч. 3 : Молодежь – науке. – С. 147–151.

31. Антропометрические характеристики высококвалифицированных конькобежцев в зависимости от pro/ala-полиморфизма гена *PPARG* / **А. В. Ильютик**, Е. В. Хроменкова, И. Л. Гилеп, И. В. Гайдукевич // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре, спорту и туризму : материалы XIV Междунар. науч. сессии по итогам НИР за 2015 год, Минск, 12–14 апр. 2016 г. : в 3 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол. : Т. Д. Полякова (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – Ч. 3. – С 77–80.

Статьи в информационно-аналитических бюллетенях

32. Гилеп, И. Л. Оценка физической работоспособности высококвалифицированных конькобежцев с различными полиморфными вариантами генов *BDKRB2* и *NOS3* / И. Л. Гилеп, **А. В. Ильютик**, В. А. Синелев // Информационно-аналитический бюллетень по актуальным проблемам физической культуры и спорта. – Минск, 2013. – Вып. 16. Зимние виды спорта. – С. 183–193.

33. Гилеп, И. Л. Молекулярно-генетическое исследование физической работоспособности и функционального состояния конькобежцев / И. Л. Гилеп, **А. В. Ильютик**, И. Н. Рубчеля // Информационно-аналитический бюллетень по актуальным проблемам физической культуры и спорта. – Минск, 2014. – Вып. 18. – С. 138–169.

Методические рекомендации

34. Гилеп, И. Л. Использование данных молекулярной диагностики для специализации и индивидуализации тренировочного процесса конькобежцев : методические рекомендации / И. Л. Гилеп, **А. В. Ильютик**, И. Н. Рубчеля. – Минск, 2014. – 68 с.

РЭЗІЮМЭ
ІЛЮЦІК Ганна Вячаславаўна

ФІЗІОЛАГА-ГЕНЕТЫЧНЫЯ АСАБЛІВАСЦІ
РАЗВІЦЦА ВЫНОСЛІВАСЦІ І ХУТКАСНА-СІЛАВЫХ ЯКАСЦЯЎ
КАНЬКАБЕЖЦАЎ

Ключавыя словы: фізічныя якасці, функцыянальны стан, цэнтральная гемадынаміка, метабалізм, адаптацыя, полімарфізм генаў, фізічная працаздольнасць, канькабежцы.

Мэта даследавання: вызначыць індывідуальныя фізіялагічныя асаблівасці функцыянавання сардэчна-сасудзістай сістэмы і адаптацыі метабалізму, біяэнергетычныя і антрапаметрычныя характарыстыкі канькабежцаў пры развіцці вынослівасці і хуткасна-сілавых якасцяў.

Метады даследавання: фізіялагічныя, малекулярна-біялагічныя, біяхімічныя, антрапаметрычныя, статыстычныя.

Выкарыстаная апаратура: спектрафатометр Shimadzu UV 3000, ампліфікатар PTC-200 “BIO-RAD”, кампутарны рэаграф «Імпекард-М», пульсометр «Polar S610», лактометр «BIOSEN 5040» EKF, аўтаматычны гематалагічны аналізатар «SYSMEX XT-2000i», спектрафатометр «SOLAR PM 2111», плашачны імунаферментны аналізатар «SUNRISE».

Атрыманыя вынікі і іх навізна: выяўлены асацыяцыі паміж паказчыкамі функцыянальнага стану арганізма высокакваліфіцыраваных канькабежцаў, што вызначаюць развіццё вынослівасці і хуткасна-сілавых якасцяў, і індывідуальнымі генетычнымі асаблівасцямі. Распрацаваны метады выбару спартыўнай спецыялізацыі канькабежцаў на аснове фізіялагічных, антрапаметрычных, біяхімічных і малекулярна-генетычных тэхналогій.

Рэкамендацыі па выкарыстанню: аналіз функцыянальнага статусу сардэчна-сасудзістай сістэмы, антрапаметрычных, біяхімічных паказчыкаў, полімарфізма рада генаў дазваляе ацаніць схільнасць канькабежцаў да развіцця і праяўлення вынослівасці і хуткасна-сілавых якасцяў, можа выкарыстоўвацца для індывідуалізацыі трэніровачнага працэсу, для падвышэння яго эфектыўнасці і якасці, для папярэджання развіцця прафесійных захворванняў спартсменаў.

Галіна выкарыстання: навукова-даследніцкія лабараторыі медыка-біялагічнага і спартыўнага профілю, вучэбныя курсы па фізіялогіі і фізіялогіі спорту ў установах адукацыі, спартыўная педагогіка і трэнерская практыка.

РЕЗЮМЕ
ИЛЬЮТИК Анна Вячеславовна

**ФИЗИОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
РАЗВИТИЯ ВЫНОСЛИВОСТИ И СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ КАЧЕСТВ
КОНЬКОБЕЖЦЕВ**

Ключевые слова: физические качества, функциональное состояние, центральная гемодинамика, метаболизм, адаптация, полиморфизм генов, физическая работоспособность, конькобежцы.

Цель исследования: установить индивидуальные физиолого-генетические особенности функционирования сердечно-сосудистой системы и адаптации метаболизма, биоэнергетические и антропометрические характеристики конькобежцев при развитии выносливости и скоростно-силовых качеств.

Методы исследования: физиологические, молекулярно-биологические, биохимические, антропометрические, статистические.

Использованная аппаратура: спектрофотометр Shimadzu UV 3000, амплификатор PTC-200 “BIO-RAD”, компьютерный реограф «Импекард-М», пульсометр «Polar S610», лактометр «BIOSEN 5040» EKF, автоматический гематологический анализатор «SYSMEX XT-2000i», спектрофотометр «SOLAR PM 2111», плащечный иммуноферментный анализатор «SUNRISE».

Полученные результаты и их новизна: выявлены ассоциации между показателями функционального состояния организма высококвалифицированных конькобежцев, определяющими развитие выносливости и скоростно-силовых качеств, и индивидуальными генетическими особенностями. Разработан метод выбора спортивной специализации конькобежцев на основе физиологических, антропометрических, биохимических и молекулярно-генетических технологий.

Рекомендации по использованию: анализ функционального статуса сердечно-сосудистой системы, антропометрических, биохимических показателей, полиморфизма ряда генов позволяет оценить предрасположенность конькобежцев к развитию и проявлению выносливости и скоростно-силовых качеств, может использоваться для выбора спортивной специализации с целью повышения эффективности и качества тренировочного процесса, для предупреждения развития профессиональных заболеваний спортсменов.

Область применения: научно-исследовательские лаборатории медико-биологического и спортивного профиля, учебные курсы по физиологии и физиологии спорта в учреждениях образования, спортивная педагогика и тренерская практика.

SUMMARY
ILYUTSIK Hanna

**PHYSIOLOGICAL AND GENETIC FEATURES
OF THE DEVELOPMENT OF ENDURANCE AND SPEED-POWER
QUALITIES OF SKATERS**

Keywords: physical qualities, functional state, central haemodynamics, metabolism, adaptation, polymorphism of genes, physical working capacity, skaters.

Aim of study: to define the individual physiological and genetic features of functioning of the cardiovascular system and adaptation of metabolism, bioenergetic and anthropometric characteristics of skaters through development of endurance and speed-power qualities

Methods: physiological, molecular and biological, biochemical, anthropometrical, statistics.

Equipment: Shimadzu UV 3000 spectrophotometer, amplifikator PTC-200 "BIO-RAD", computer reograf "Impekard-M", pulsator "Polar S610", lactometer "BIOSEN 5040" EKF, automatic hematologic analyzer "SYSMEX XT-2000i", spectrophotometer SOLAR PM 2111, immunofermental analyzer SUNRISE.

Results and novelty: connection between the indicators of a functional condition of a body of skaters, that determine development of endurance and high-speed and power qualities, and individual genetic features is defined. The method of determination of sport specialization of skaters is developed on the basis of physiological, anthropometric, biochemical and molecular-genetic technologies.

Recommended application: the analysis of functional status of the cardiovascular system, anthropometric, biochemical indicators, polymorphism of a number of genes makes it possible to estimate predisposition of skaters to development, endurance and high-speed and power qualities. The analysis can be used for an individualization of training process, for increase of its efficiency and quality and the prevention of work-related diseases of athletes.

Scope: research institutions biological, medical and sport profile, a theoretical course of physiology and sport physiology in educational institutions, sports pedagogic and trainer's practice.



Подписано в печать 25.05.2017. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 1,45. Уч.-изд. л. 1,53. Тираж 60 экз. Заказ 44.

Отпечатано с готового оригинал-макета в редакционно-издательском отделе
учреждения образования
«Белорусский государственный университет физической культуры».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/153 от 24.01.2014.
Пр. Победителей, 105, 220020, Минск.