

РЕСПУБЛИКАНСКОЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ИНСТИТУТ БИОХИМИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»

Объект авторского права

УДК 612. 118: 577 : 796.01(043.3)

АЛТАНИ
Мершид Сулеман

**БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АДАПТАЦИИ
К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ У ПОДРОСТКОВ 12–18 ЛЕТ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

по специальности 03.01.04 – биохимия

Гродно 2024

Работа выполнена в учреждении образования «Витебский государственный университет имени П. М. Машерова»

**Научный
руководитель**

Степанова Надежда Алексеевна,
кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры химии и естественнонаучного образования учреждения образования «Витебский государственный университет имени П. М. Машерова»

**Официальные
оппоненты:**

Таганович Анатолий Дмитриевич,
доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой биологической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет»

Митюкова Татьяна Алексеевна,
кандидат биологических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории медико-биологических технологий и медицинской реабилитации государственного научного учреждения «Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси»

**Оппонирующая
организация**

учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры»

Защита состоится 27 сентября 2024 года в 13.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 01.30.01 при республиканском научно-исследовательском унитарном предприятии «Институт биохимии биологически активных соединений Национальной академии наук Беларуси» по адресу: 230023, г. Гродно, пл. Антония Тызенгауза, 7, e-mail: office@ibiochemistry.by, тел/факс (0152) 55-87-78.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия «Институт биохимии биологически активных соединений Национальной академии наук Беларуси».

Автореферат разослан 26 августа 2024 года.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
кандидат биологических наук, доцент



И. П. Сутько

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях физическая культура и спорт рассматриваются как фактор, влияющий на жизненное благополучие населения и национальную безопасность страны. Одним из направлений государственной программы «Физическая культура и спорт» на 2021–2025 годы является «создание условий для развития детско-юношеского спорта», а для предотвращения рисков при выполнении госпрограммы в качестве одной из мер их минимизации указано «обеспечение инновационного развития сферы физической культуры и спорта, внедрение результатов научных исследований и разработок в практику спортивной подготовки, использование современных управленческих, информационных и иных технологий» [О Государственной программе «Физическая культура и спорт» на 2021–2025 годы]. Проблема изучения основ состояния обмена веществ в зависимости от возраста при занятиях спортом является актуальной. Если занятия физической культурой в рамках программ здорового образа жизни являются полезными [MacLaren D., 2012; Tiidus P. M., 2012; Muth N. D., 2015], то систематические физические нагрузки, близкие к предельным, накладываясь на возрастные изменения обмена веществ, могут привести к нарушению и истощению биохимических механизмов адаптации [Рыбина И. Л., 2017; Степанова Н. А., 2015; Чиркин А. А., 2017; Камышников В. С., 2018]. В последние годы изучению биохимических показателей сыворотки крови как доступному способу оценки состояния обмена веществ в процессе роста и развития подростков посвящен ряд многоцентровых исследований: AACC-National Children Study в США, CALIPER study в Канаде, KiGGS-программа в Германии, NORICHILD Initiative в Скандинавии, HELENA study в Европе [Karbası K. et al., 2015; Adeli K. et al., 2015]. Анализ таких исследований показал, что существуют региональные границы биохимических показателей у подростков. Так, согласно результатам программы CALIPER, у канадской популяции подростков в процессе полового созревания закономерно снижается в сыворотке крови содержание фосфата, а также активность ЩФ¹, ЛДГ и АсАТ, в то же время закономерно повышается содержание креатинина, ОХС, ХС ЛПНП, триглицеридов, мочевой кислоты и мочевины [Adeli K. et al., 2015]. Подобная возрастная динамика биохимических показателей

¹ Перечень сокращений и условных обозначений:

АлАТ – аланинаминотрансфераза; α-амилаза – альфа-амилаза; АсАТ – аспаратаминотрансфераза; ГГТ – гамма-глутамилтрансфераза; ИА – индекс атерогенности; ИМТ – индекс массы тела; КФК – креатинфосфокиназа; ЛДГ – лактатдегидрогеназа; ОЖСС – общая железосвязывающая способность; ОХС – общий холестерол; ХС ЛПВП – холестерол липопротеинов высокой плотности; ХС ЛПНП – холестерол липопротеинов низкой плотности; ЩФ – щелочная фосфатаза.

сыворотки крови у подростков северо-восточного региона Беларуси была установлена ранее [Чиркин А. А. и др., 2010]: обнаружено снижение активности ЩФ и АсАТ, повышение содержания билирубина, креатинина, мочевой кислоты, общего белка. К настоящему времени такие исследования могут стать платформой для поиска маркеров изменения метаболизма в период полового созревания с использованием методов нецелевого (отбор маркеров из множества определяемых метаболитов и белков) и целевого (отбор маркеров из специфического биохимического процесса) профилирования анализа биологических образцов и прежде всего сыворотки крови [Broecling C. D. et al., 2013; Ribbenstedt A. et al., 2018]. В рамках рассматриваемой проблемы недостаточно изученными являются биохимические изменения, возникающие у детей и подростков при выполнении систематических физических упражнений с целью быстрого достижения высоких спортивных результатов.

Учитывая наличие возрастной, этнической и региональной вариабельности биохимических показателей в период роста и развития, целесообразно оценивать каждый биохимический показатель в зависимости от возраста, пола, массы тела, вида физических нагрузок (в соответствии с видами спорта) и регистрируемой эффективности физических нагрузок (официально подтвержденной спортивной квалификации).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Диссертационная работа выполнена в рамках ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» подпрограммы «Радиация и биологические системы», темы «Оценка состояния водных экосистем Белорусского Поозерья в условиях изменения климата и техногенного воздействия» (№ гос. регистрации 202110475, 2021–2025 гг.), плана НИР УО «Витебский государственный университет имени П. М. Машерова» на 2015–2020 годы: НИР кафедры химии и естественнонаучного образования «Научно-методическое сопровождение подготовки спортсменов высокого класса Витебской области», НИР «Возрастная динамика биохимических показателей сыворотки крови у жителей г. Витебска пубертатного возраста при дозированных физических нагрузках» (договор от 15.11.2021 № 20-Д/21, срок выполнения 03.12.2021–10.01.2022).

Тема диссертации соответствует п. 2 приоритетных направлений научной и научно-технической и инновационной деятельности Республики Беларусь на 2021–2025 гг.: «управление здоровьем и средой обитания человека, его здоровое и безопасное питание, активное долголетие».

Цель и задачи исследования

Цель исследования – установить особенности изменений биохимических показателей сыворотки крови у подростков в возрасте 12–15 и 16–18 лет при систематических и контролируемых физических нагрузках.

Задачи исследования:

1. Выявить возрастные и половые особенности изменения биохимических показателей сыворотки крови у подростков, систематически подвергающихся физическим нагрузкам.
2. Определить изменения биохимических показателей сыворотки крови подростков в процессе выполнения спортивных нормативов юношеских и взрослых разрядов, кандидата в мастера спорта и мастера спорта.
3. Установить влияние физических нагрузок, соответствующих циклическим видам спорта, спортивным играм и единоборствам, на характер изменений биохимических показателей сыворотки крови подростков.
4. На основании проведенных исследований определить возможные биохимические особенности адаптации организма подростков к действию систематических физических нагрузок.

Объект исследования – сыворотка крови.

Предмет исследования – 7 метаболитов и 3 неорганических биорегулятора, 12 циркулирующих в сыворотке белков, 10 расчетных метаболических коэффициентов.

Научная новизна

Выявлено, что у подростков в возрасте 12–15 лет 34,4% изученных биохимических показателей сохраняются на постоянном уровне, а в возрастной группе 16–18 лет при занятиях спортом доля сохраняющихся на постоянном уровне биохимических показателей возрастает в 1,5–2 раза.

Впервые установлен факт более быстрой оптимизации обмена веществ у девушек по сравнению с юношами за счет динамики показателей обмена липидов (содержание триглицеридов и ОХС), состояния прямого и обратного транспорта холестерина (содержание ХС ЛПНП, ХС ЛПВП) и глобулинов.

Обнаружено, что при достижении квалификации кандидат в мастера спорта обмен веществ в возрасте 12–15 лет характеризуется отсутствием изменений в показателях, присущих для квалификаций взрослых разрядов и мастеров спорта, связанных у подростков мужского пола с метаболизмом триглицеридов, глобулинов, активности альфа-амилазы, а также уровнем кальция, альбуминов и коэффициента альбумин/глобулины, а у подростков женского пола – с метаболизмом глюкозы, триглицеридов, альбуминов, активности АлАТ и АсАТ. Регистрируемый метаболический профиль может тормозить выполнение нормативов квалификации мастера спорта. В возрастной группе подростков 16–18

лет подобный биохимический профиль отсутствует.

Впервые показан эффект действия возрастающих физических нагрузок на динамику изменений биохимических показателей и ее сближение в возрастной группе 16–18 лет между подростками мужского и женского пола.

Впервые на основании проведенных исследований созданы таблицы, позволяющие исходя из биохимических показателей оценить состояние обмена веществ у подростка в зависимости от пола, возраста, соответствующего вида спорта и спортивной квалификации.

Положения, выносимые на защиту

1. Анализ 32 биохимических маркеров сыворотки крови подростков 12–18 лет показал, что возрастные изменения метаболизма у девушек опережают таковые у юношей по характеристикам состояния костной ткани, печени и мышц, а также показателям содержания и транспорта липидов.

2. Процессы адаптации к систематическим физическим нагрузкам у подростков 12–18 лет включают две группы биохимических показателей: 1) поддерживаемые на постоянном уровне с тенденцией к увеличению в процессе полового созревания (34,4–68,7% от всех определяемых показателей); 2) биохимические показатели, изменяющиеся в зависимости от занятий систематическими физическими нагрузками. Соотношение этих показателей лежит в основе развития кратковременных и долговременных процессов адаптации метаболизма у подростков.

3. Преодоление нормативов спортивных квалификаций – взрослые разряды, кандидат в мастера и мастер спорта – сопряжено с увеличением ИМТ у подростков 12–15 лет обоего пола. Развитие адаптации к возрастающим физическим нагрузкам в возрасте 16–18 лет сопряжено с изменениями ХС ЛПНП, активности АлАТ, АсАТ, ЩФ, КФК, отношения глюкоза/ХС ЛПНП. При этом у девушек адаптационные механизмы формируются раньше, чем у юношей.

4. К общим параметрам развития адаптационных процессов, которые не изменяются в возрасте 16–18 лет у юношей и девушек при физических нагрузках в исследованных видах спорта, следует отнести метаболические коэффициенты альбумины/глобулины, глюкоза/ХС ЛПНП и глюкоза/мочевина. У юношей в возрасте 16–18 лет не изменяются при физических нагрузках четыре метаболических коэффициента – индекс атерогенности, АсАТ/АлАТ, глюкоза/ОХС, глюкоза/ХС ЛПНП, тогда как у девушек аналогичного возраста – КФК/АсАТ.

Личный вклад соискателя ученой степени

Соискателем самостоятельно проведены теоретические исследования по теме диссертации, обоснована актуальность изучаемой проблемы, совместно с руководителем определены цели, задачи и методы исследования. Соискатель

проводил лабораторно-биохимическое исследование сыворотки крови спортсменов в лаборатории Витебского областного диагностического центра, антропометрическое обследование спортсменов, сбор материалов на базе Витебского областного диспансера спортивной медицины, создал компьютерную базу данных. Соискателем самостоятельно проведен поиск и выбор статистического метода анализа результатов исследования, осуществлена математико-статистическая обработка, анализ и графическое представление полученных результатов (вклад соискателя 90%), сформулированы выводы, разработаны практические рекомендации. В общем объеме публикаций по теме – 19,48 авторского листа – соискателю принадлежит 11,05 авторского листа, в том числе в публикациях 1, 2 – 48%, 3, 5, 7 – 55%, 4, 15, 16, 20, 28 – 100%, 6, 8, 11–13 – 60%, 9 – 10%, 10, 25–27 – 40%, 14, 17–19, 21–24 – 70%, 29 – 30%.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Материалы диссертации представлены и обсуждены на международных и республиканских конференциях: «Молодость. Интеллект. Инициатива» (Витебск, 21 апреля 2017 г.), «Proceedings of the 13th International Conference on Biology and Medical Sciences» (Vienna, 15 March 2017), «The Youth of the 21st Century: Education, Science, Innovations» (Vitebsk, 12 December 2018), «Физическая культура, спорт, здоровый образ жизни в XXI веке» (Могилев, 10–15 декабря 2018 г.), «Инновационные технологии спортивной медицины и реабилитологии» (Минск, 12–13 апреля 2019 г.), «Инновационные формы и практический опыт физического воспитания детей и учащейся молодежи» (Витебск, 22 ноября 2019 г.), «Современные тенденции образовательного процесса в медицинском университете» (Гродно, 3 июня 2020 г.).

Результаты исследования внедрены в образовательный процесс учреждений высшего образования Республики Беларусь и Российской Федерации (8 актов внедрения), Витебского государственного училища олимпийского резерва Республики Беларусь (2 акта внедрения), а также в учебно-тренировочный процесс Витебского областного центра олимпийского резерва по единоборствам (1 акт внедрения); представлены на двух выставках: «Беларусь интеллектуальная» (Витебская область, 3–5 марта 2023 г.) и в рамках международного форума «Инновации. Инвестиции. Перспективы» (Витебск, 18–19 мая 2023 г.).

Опубликование результатов диссертации

Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 29 научных работах общим объемом 19,48 авт. л. (11,05 авт. л. без соавторов). К ним относятся 2 монографии – 9,35 авт. л. (4,51 авт. л. без соавторов); 6 статей в научных изданиях, соответствующих п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий – 4,71 авт. л. (2,73 авт. л. без

соавторов), 1 статья в базе Scopus – 0,71 авт. л. (0,42 авт. л. без соавторов), 1 статья в международном англоязычном журнале – 0,8 авт. л. (0,5 авт. л. без соавторов), 19 публикаций в материалах международных и республиканских научных конференций – 3,91 авт. л. (2,89 авт. л. без соавторов).

Структура и объем диссертации

Диссертация содержит перечень условных обозначений, оглавление, общую характеристику работы, аналитический обзор литературы, описание материалов и методов исследования, 3 главы результатов исследования, заключение, библиографический список и приложение. Основное содержание работы изложено на 134 страницах, иллюстрировано 42 таблицами, 9 рисунками. Библиографический список размещен на 19 страницах и насчитывает 236 источников, из них 128 источников на иностранных языках, 2 приложения занимают 26 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на базах кафедры химии и естественнонаучного образования ВГУ имени П. М. Машерова, Витебского областного диспансера спортивной медицины и Витебского областного диагностического центра в сертифицированных лабораториях. Исследования одобрены комиссией по биоэтике ВГУ имени П. М. Машерова (протокол от 19.10.2020 № ЭК1-20).

Под наблюдением было 1011 подростков в возрастном диапазоне 12–18 лет, из них 323 – женского пола (55 – контрольная группа и 268 – спортсмены) и 688 – мужского пола (125 – контрольная группа и 563 – спортсмены). В контрольную группу включены лица, приступившие к выполнению систематических физических нагрузок, но не получившие спортивной квалификации, что отвечает формированию более адекватных контрольных групп для сравнения с лицами, выполняющими систематические регулируемые физические нагрузки. С учетом возрастных характеристик полового созревания, а также рекомендаций ученых и специалистов учреждений высшего спортивного образования были сформированы две группы в возрастном диапазоне 12–15 и 16–18 лет.

В сыворотке крови подростков определяли содержание глюкозы (глюкозооксидазный метод), триглицеридов и ОХС (энзиматический фотометрический метод), ХС ЛПВП и ХС ЛПНП (прямой ферментативный метод), мочевины (уреазный кинетический метод), калия (тетрафенилборатный метод с осаждением), кальция (преципитация с карбонатом магния) – данные показатели выражали в ммоль/дм³; общего белка (биуретовый метод), альбумина (колориметрия с бромкрезоловым зеленым) и глобулинов – данные показатели выражали в г/дм³; общего и прямого билирубина (метод Йендрашека-Грофа),

креатинина (реакция Яффе без депротеинизации), мочевой кислоты (уриказный метод), железа сывороточного (колориметрический метод с хромогеном Nitro-RAPS), ОЖСС (арсенатный метод) – данные показатели выражали в мкмоль/дм³; оценивали активность АлАТ и АсАТ (УФ кинетический метод), ЩФ (фотометрический с диэтаноламинным (DEA) буфером), α -амилаза (кинетический метод с хлор-нитрофенол- α -D-мальтотриозидом (CNPГ₃)), ГГТ (метод с 3-карбоксинитроанилидом), КФК (УФ кинетический метод) – данные показатели выражали в Ед/дм³ (единицы международные на дм³). В работе использованы наборы фирмы BioSystems A 15 (Spain) и биохимический анализатор Mindray BS-200 (Китай).

Рассчитывали ИА по формуле (ОХС–ХС ЛПВП)/ХС ЛПВП и коэффициенты альбумин/глобулины, АсАТ/АлАТ, КФК/АсАТ, глюкоза/ОХС, глюкоза/ХС ЛПВП, глюкоза/ХСЛПНП, КФК/ЩФ, глюкоза/триглицериды, глюкоза/мочевина, которые выражали в условных единицах, поскольку в числителе и знаменателе отношений были одинаковые размерности (г/дм³, Ед/дм³, ммоль/дм³).

Результаты биохимического анализа вводились в деперсонифицированную базу данных для хранения и анализа информации. База включала 22 биохимических показателя сыворотки крови и 10 коэффициентов на их основе, возраст, пол, рост, массу тела, спортивную квалификацию – 1–3-й юношеский и взрослый разряды (ЮР, ВР), кандидат в мастера спорта (КМС), мастер спорта (МС), виды спорта, объединенные в группы – циклические виды спорта (ЦВС), спортивные единоборства (СпЕ), спортивные игры (СпИ).

Статистическую обработку цифрового материала проводили методами непараметрической статистики (Statistica 10.0, PASW Statistics 18). Множественное сравнение групп выполнялось с помощью критерия Краскела-Уоллиса. При имеющихся различиях между группами выполнялось их попарное сравнение с помощью U-критерия Манна-Уитни. Различия принимались статистически значимыми при $p < 0,05$. Результаты представлены в таблицах в виде медианы и процентилей (Ме (25%–75%)). Для определения границ биохимических показателей у подростков, занимающихся систематическими физическими нагрузками, использовался центильный метод.

Результаты исследования и их обсуждение

Действие спортивных физических нагрузок на возрастные особенности обмена веществ у подростков

У подростков мужского и женского пола контрольных групп из 32 исследованных показателей сохранялись на постоянном уровне 11 биохимических показателей, в том числе из первого комплекса (метаболиты и неорганические биорегуляторы): содержание мочевой кислоты, креатинина и сывороточного

железа; из второго комплекса (циркулирующие белки): содержание общего белка, альбумина, величина ОЖСС, а также активность α -амилазы и ГГТ; из третьего комплекса (коэффициенты): величины ИА, отношения глюкоза/триглицериды и глюкоза/мочевина. При анализе возрастной динамики (таблицы 1, 2) биохимических показателей сыворотки крови у девушек по сравнению с юношами выявлено снижение: 1) содержания кальция и активности щелочной фосфатазы, характеризующих более быстрое созревание скелета; 2) общего билирубина и активности АлАТ, положительно характеризующих функциональное состояние печени и 3) активности КФК и АсАТ, свидетельствующих о положительной возрастной динамике функционального состояния мышц. Особенностью обмена веществ у девушек являются более высокие показатели обмена липидов (содержание триглицеридов и общего холестерина) и состояния прямого и обратного транспорта холестерина (содержание ХС ЛПНП, ХС ЛПВП), а также вследствие повышения содержания глобулинов – сниженный коэффициент альбумин/глобулины. Различия по сравнению с юношами в активности КФК и АлАТ явились причиной снижения соотношения КФК/АсАТ и увеличения соотношения АсАТ/АлАТ у девушек. Значительно позже у юношей (16–18 лет) контрольной группы регистрируются значения биохимических показателей сыворотки крови, аналогичные регистрируемым в группе девушек в возрасте 12–15 лет (содержание триглицеридов, кальция, глобулинов и коэффициент альбумин/глобулины), что свидетельствует о более медленном становлении обмена веществ у лиц мужского пола.

При систематических физических нагрузках независимо от возраста и пола на постоянном уровне сохраняются 4 показателя – содержание креатинина, общего белка, индекс атерогенности и коэффициент КФК/ЩФ.

Постоянные физические нагрузки у юношей 12–15 лет приводят к формированию адаптационных процессов, характеризующихся увеличением концентраций триглицеридов, мочевины, калия и снижением содержания общего кальция. Эти изменения частично соответствуют биохимическим показателям, характерным для девушек контрольной группы, что, следовательно, позволяет утверждать, что регулярные контролируемые физические нагрузки у лиц мужского пола могут ускорять определяющие рост и развитие биохимические процессы.

Кроме того, у юношей 12–15 лет значения ряда показателей статистически достоверно приближаются к таковым у подростков контрольной группы в возрасте 16–18 лет: концентрации мочевины, мочевой кислоты, глобулинов, триглицеридов, калия, железа, активности ЩФ, ГГТ и соотношение альбумин/глобулины (таблица 2). Это позволяет предполагать, что физические нагрузки активируют метаболические процессы.

Таблица 1 – Влияние систематических физических нагрузок (СФН) на биохимические показатели сыворотки крови подростков 12–15 лет (представлены только статистически значимые различия)

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	СФН	Контроль	СФН
	Содержание некоторых метаболитов и неорганических биорегуляторов			
Глюкоза, ммоль/дм ³	4,79 (4,42–5,50)	4,60 (2,34–5,10)	4,90 (4,76–5,10)	4,70 (4,40–5,10) ² ↓
Триглицериды, ммоль/дм ³	0,60 (0,46–0,87)	0,79 (0,56–1,01) ² ↑	0,81 (0,69–1,26) ¹ ↑	0,80 (0,60–1,11)
ОХС, ммоль/дм ³	3,80 (3,40–4,50)	3,90 (3,40–4,40)	4,20 (3,68–5,05) ¹ ↑	4,30 (3,80–4,95)
Мочевина, ммоль/дм ³	4,10 (3,60–4,79)	4,51 (3,80–5,30) ² ↑	4,68 (3,49–5,21)	3,97 (3,35–4,68) ² ↓
Калий, ммоль/дм ³	4,10 (3,67–4,60)	4,43 (3,90–5,00) ² ↑	4,10 (3,61–4,52)	4,20 (3,80–4,58)
Кальций, ммоль/дм ³	2,50 (2,30–2,56)	2,34 (2,22–2,43) ² ↓	2,33 (2,21–2,40) ¹ ↓	2,34 (2,25–2,42)
Содержание некоторых сывороточных белков				
Альбумин, г/дм ³	44,0 (41,0–45,0)	41,0 (39,0–44,0) ² ↓	43,0 (42,0–45,0)	42,0 (40,0–44,0) ² ↓
Глобулины, г/дм ³	26,0 (24,0–31,0)	30,0 (27,0–33,0) ² ↑	30,0 (26,0–33,5) ¹ ↑	30,0 (27,0–33,0)
ХС ЛПВП, ммоль/дм ³	1,18 (1,10–1,34)	1,20 (1,04–1,50)	1,43 (1,40–1,62) ¹ ↑	1,41 (1,23–1,60)
ХС ЛПНП, ммоль/дм ³	2,30 (1,89–2,37)	2,0 (1,53–2,67)	2,93 (2,36–3,49) ¹ ↑	2,38 (1,92–2,80) ² ↓
ОЖСС, мкмоль/дм ³	62,5 (54,7–67,0)	53,0 (49,0–57,0) ² ↓	55,0 (51,2–64,7)	53,0 (47,7–57,0)
АлАТ, Ед/дм ³	19,0 (15,0–23,0)	18,0 (15,0–23,0)	14,0 (11,0–21,0) ¹ ↓	16,0 (13,0–19,0)
АсАТ, Ед/дм ³	25,5 (22,0–32,0)	31,0 (24,8–38,0) ² ↑	25,0 (21,2–27,7)	25,0 (21,0–30,0)
ЩФ, Ед/дм ³	307 (140–484)	342 (176–620)	202 (150–396) ¹ ↓	156,0 (98–310) ² ↓
α-амилаза, Ед/дм ³	58,0 (43,0–78,0)	77,0 (49,0–120) ² ↑	57,5 (46,5–77,5)	56,0 (41,0–88,0)
ГГТ, Ед/дм ³	13,0 (11,0–15,0)	16,0 (12,0–17,0) ² ↑	12,5 (10,0–15,0)	13,0 (10,0–16,0)
КФК, Ед/дм ³	263 (182–376)	241 (167–420)	141 (124–179) ¹ ↓	147 (109–207)
Метаболические коэффициенты				
Альбумин/глобулины	1,70 (1,40–1,90)	1,40 (1,20–1,60) ² ↓	1,46 (1,28–1,58) ¹ ↓	1,40 (1,24–1,57)
АсАТ/АлАТ	1,30 (1,10–1,90)	1,60 (1,30–2,00) ² ↑	1,90 (1,56–2,23) ¹ ↑	1,51 (1,27–1,85) ² ↓
КФК/АсАТ	10,0 (7,40–14,8)	8,30 (6,10–12,4) ² ↓	5,81 (5,25–7,07) ¹ ↓	6,13 (4,71–9,11)
Глюкоза/ХСЛПНП	1,96 (1,60–2,30)	2,16 (1,71–2,67)	1,70 (1,50–1,88)	2,03 (1,63–2,45) ² ↑
Глюкоза/триглицериды	7,59 (5,53–10,26)	6,12 (4,14–8,21) ² ↓	5,64 (3,86–7,17)	5,9 (4,36–8,03)
Глюкоза/мочевина	1,11 (0,98–1,36)	1,02 (0,86–1,18) ² ↓	1,02 (0,98–1,32)	1,21 (1,0–1,42)

Примечание – ¹ – P<0,05 при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – P<0,05 при сравнении групп СФН с соответствующими контрольными группами.

Таблица 2 – Влияние систематических физических нагрузок на биохимические показатели сыворотки крови подростков 16–18 лет (представлены только статистически значимые различия)

Показатели	Юноши		Девушки	
	Контроль	СФН	Контроль	СФН
	Содержание некоторых метаболитов и неорганических биорегуляторов			
Триглицериды, ммоль/дм ³	0,80 (0,50–1,04)	0,76 (0,58–1,00) ² ↓	0,79 (0,65–1,01)	0,70 (0,53–1,00)
ОХС, ммоль/дм ³	3,90 (3,50–4,30)	3,90 (3,50–4,40)	5,04 (5,00–5,30) ¹ ↑	4,10 (3,70–4,70) ² ↓
Мочевая кислота, мкмоль/дм ³	270 (250–310)	310 (270–360) ² ↑	250 (220–208)	240 (190–280)
Мочевина, ммоль/дм ³	4,60 (3,90–5,59)	5,10 (4,20–5,92) ² ↑	5,20 (3,50–6,50)	4,91 (3,70–5,40)
Общий билирубин, мкмоль/дм ³	15,4 (12,6–18,6)	14,0 (10,8–21,5)	11,8 (10,6–13,0) ¹ ↓	14,6 (10,7–21,3) ² ↑
Калий, ммоль/дм ³	4,80 (3,98–5,30)	4,34 (3,95–4,85)	4,55 (4,05–5,13)	4,40 (4,10–4,80)
Кальций, ммоль/дм ³	2,40 (2,32–2,50)	2,40 (2,29–2,59)	2,30 (2,25–2,35) ¹ ↓	2,34 (2,23–2,48)
Железо, мкмоль/дм ³	14,1 (11,0–16,6)	17,5 (12,5–21,3) ² ↑	14,8 (11,1–18,8)	15,9 (12,3–22,0)
Содержание некоторых сывороточных белков				
ХС ЛПВП, ммоль/дм ³	1,27 (1,10–1,43)	1,34 (1,15–1,53)	1,58 (1,28–1,54) ¹ ↑	1,50 (1,23–1,70)
ХС ЛПНП, ммоль/дм ³	2,05 (1,45–2,37)	2,21 (1,80–2,60)	2,90 (2,65–3,10) ¹ ↑	2,40 (1,90–2,60) ² ↓
ОЖСС, мкмоль/дм ³	69,0 (55,0–69,5)	51,0 (48,1–57,2) ² ↓	52,8 (49,6 – 60,1)	51,0 (48,0–58,0)
АлАТ, Ед/дм ³	32,0 (20,0–41,0)	22,0 (18,3–30,1) ² ↓	18,0 (16,0–19,0) ¹ ↓	18,0 (15,0–22,0)
АсАТ, Ед/дм ³	38,0 (27,0–63,0)	31,0 (25,5–41,4) ² ↓	22,0 (19,0–23,0) ¹ ↓	26,0 (22,0–32,0) ² ↑
ЩФ, Ед/дм ³	356 (194–440)	191 (111–321) ² ↓	110 (77,3–140,3) ¹ ↓	203 (143–262) ² ↑
КФК, Ед/дм ³	511 (346–840)	334 (209–581) ² ↓	147 (100–232) ¹ ↓	153 (112–225)
Метаболические коэффициенты				
КФК/АсАТ	15,1 (11,2–29,0)	11,3 (7,51–16,6) ² ↓	6,50 (4,60–8,14) ¹ ↓	5,92 (4,15–8,77)
Глюкоза/ОХС	1,21 (1,10–1,43)	1,21 (1,05–1,39)	0,86 (0,81–0,91) ¹ ↓	1,10 (0,94–1,27) ² ↑
Глюкоза /ХС ЛПВП	3,58 (3,17–4,78)	3,56 (3,03–4,17)	2,96 (2,50–3,18) ¹ ↓	3,01 (2,70–3,83)
Глюкоза/ХС ЛПНП	2,53 (2,05–2,89)	2,18 (1,78–2,80)	1,49 (1,30–1,80)	1,93 (1,74–2,26) ² ↑
Глюкоза/мочевина	0,93 (0,88–1,02)	1,00 (0,93–1,13)	0,84 (0,73–1,17)	1,07 (0,91–1,16) ² ↑

Примечание – ¹ – P<0,05 при сравнении контрольных групп «юноши» и «девушки»; ² – P<0,05 при сравнении групп СФН с соответствующими контрольными группами.

Однако снижение, по сравнению с соответствующей контрольной группой, уровня альбуминов, повышение уровня глобулинов, снижение величины ОЖСС, повышение активности α -амилазы, АсАТ, ГГТ, а также величины отношения

АсАТ/АлАТ могут указывать на существование лимитирующих этапов, вероятно, на уровне транспортных белков и целостности мембран клеток.

У девушек 12–15 лет регулярные контролируемые физические нагрузки приводят к статистически достоверному снижению уровней глюкозы и мочевины, что может сигнализировать о некотором напряжении процессов обезвреживания аммиака в печени.

При регулярных занятиях спортом у юношей 16–18 лет выявлены тенденции к изменению активности АлАТ, АсАТ, ЩФ, КФК до показателей, приближающихся к значениям контрольной группы девушек этого возраста. У юношей в этом возрастном интервале наблюдается снижение уровня триглицеридов и повышение содержания мочевой кислоты, мочевины и сывороточного железа. Такие изменения могут означать привлечение дополнительных резервных триглицеридов для энергетического обеспечения скелетных мышц, а также указывать на возрастную нормализацию скорости обезвреживания аммиака, распада пуринов и образования мочевой кислоты как эндогенного антиоксиданта. Железо (Fe^{2+}) – необходимый компонент окислительно-восстановительных процессов в митохондриях и стимулятор образования активных форм кислорода как сигнальных молекул. У девушек возрастной группы 16–18 лет, подвергающихся систематическим контролируемым физическим нагрузкам, повышены величины коэффициентов глюкоза/ОХС, глюкоза/ХС ЛПНП, глюкоза/мочевина, что можно рассматривать как проявление адаптации, происходящей в координации с изменениями гормонального фона, направленного на энергетическое обеспечение метаболизма.

Особенности обмена веществ у подростков в зависимости от объема систематических контролируемых физических нагрузок

На всех уровнях квалификационных достижений в анализируемых видах спорта у подростков обоего пола достоверно не изменялось содержание калия, общего белка и активность ГГТ.

В возрастной группе 12–15 лет, несмотря на увеличение объема физической нагрузки, оставались постоянными (независимо от пола) содержание мочевой кислоты, ОХС, билирубина общего, железа, активность КФК, величины коэффициентов глюкоза/ХС ЛПВП, глюкоза/триглицериды. В возрастной группе 16–18 лет не отличалось от значений контрольной группы содержание глюкозы, креатинина, альбуминов, глобулинов, кальция, ОЖСС, ХС ЛПВП, активность α -амилазы и величины коэффициентов альбумин/глобулины, АсАТ/АлАТ, глюкоза/мочевина. Одновременно установлено, что подростки женского пола в большей степени адаптируются к физическим нагрузкам по сравнению с подростками мужского пола. У юношей и девушек в возрасте 12–15 лет при выполнении возрастающих по интенсивности и сложности физических нагрузок

выявлены два кластера однонаправленно измененных биохимических показателей – при достижении спортивной квалификации на уровне взрослых разрядов и при достижении квалификации мастера спорта. У юношей в данных группах повышены содержание мочевины, глобулинов, триглицеридов, активность α -амилазы; снижены содержание кальция, альбуминов, величины ОЖСС и соотношение альбумины/глобулины. У девушек в этих группах совпали следующие изменения: снижение содержания глюкозы, триглицеридов и альбуминов, а также повышение активности АлАТ и АсАТ. Однако по ряду этих показателей (таблица 3) общая тенденция к изменению отдельных биохимических показателей по мере преодоления более высоких спортивных нормативов нарушается на этапе выполнения нормативов спортивной квалификации кандидат в мастера спорта: у спортсменов мужского пола тормозится динамика изменений содержания триглицеридов, альбуминов, глобулинов, уровня кальция, активности α -амилазы и коэффициента альбумины/глобулины; у девушек – содержание глюкозы, триглицеридов, альбуминов, активность АлАТ и АсАТ, что может быть признаком отсутствия метаболических резервов для выполнения нормативов мастера спорта.

Таблица 3 – Нарушение динамики однонаправленных изменений биохимических показателей подростков на этапе спортивной квалификации КМС

Показатели	Возрастная группа 12–15 лет (юноши)			
	Контроль	1–3 ВР	КМС	МС
Триглицериды, ммоль/дм ³	0,60 (0,46–0,87)	0,74 (0,53–1,00) ↑	0,68 (0,50–1,00)	0,81 (0,71–1,24) ↑
Кальций, ммоль/дм ³	2,50 (2,30–2,56)	2,35 (2,25–2,44) ↓	2,44 (2,72–2,57)	2,13 (2,72–2,53) ↓
Альбумин, г/дм ³	44,0 (41,0–45,0)	41,0 (38,0–44,0) ↓	43,0 (41,0–45,0)	40,0 (40,0–43,0) ↓
Глобулины, г/дм ³	26,0 (24,0–31,0)	30,0 (28,0–33,0) ↑	29,0 (26,5–31,5)	32,0 (29,0–36,5) ↑
α -амилаза, Ед/дм ³	58,0 (43,0–78,0)	89,2 (51,6–130) ↑	54,7 (41,8–64,5)	141 (102–146) ↑
Альбумин/глобулины	1,70 (1,40–1,90)	1,34 (1,19–1,56) ↓	1,76 (1,30–1,76)	1,29 (1,06–1,56) ↓
Показатели	Возрастная группа 12–15 лет (девушки)			
	Контроль	1–3 ВР	КМС	МС
Глюкоза, ммоль/дм ³	4,90 (4,76–5,10)	4,64 (4,83–4,79) ↓	4,79 (4,25–5,72)	4,35 (4,61–4,78) ↓
Триглицериды, ммоль/дм ³	0,81 (0,69–1,26)	0,70 (0,60–0,83) ↓	0,77 (0,52–1,23)	0,66 (0,43–1,53) ↓
Альбумин, г/дм ³	43,0 (42,0–45,0)	42,0 (40,0–44,0) ↓	43,0 (40,5–45,0)	41,5 (38,5–43,0) ↓
АлАТ, Ед/дм ³	14,0 (11,0–21,0)	18,3 (15,6–22,7) ↑	15,7 (13,2–18,7)	18,3 (14,8–29,3) ↑
АсАТ, Ед/дм ³	25,0 (21,2–27,7)	28,7 (22,4–32,7) ↑	25,3 (22,8–27,8)	32,2 (25,4–39,3) ↑

Примечание – ¹ – различия статистически значимы по отношению к контрольной группе.

Возрастные особенности обмена веществ у подростков в зависимости от вида физических нагрузок

В двух возрастных группах выявлены биохимические показатели, которые не изменяются по сравнению с контрольной группой при систематических физических нагрузках во всех трех изучаемых видах спорта. Можно предположить, что они в наибольшей степени участвуют в биохимической адаптации. У подростков мужского пола к ним относятся 7 биохимических параметров – содержание триглицеридов, ОХС, общего билирубина, ХС ЛПВП и индекс атерогенности, соотношения глюкоза/ОХС, глюкоза/ХС ЛПВП. Это означает, что при воздействии трех видов физических нагрузок наиболее эффективно поддерживаются контрольные точки гомеостаза показателей углеводного и липидного обменов. У девушек-спортсменок обнаружено 9 подобных биохимических параметров, включая содержание неорганических биорегуляторов – калия, кальция, сывороточного железа, содержание циркулирующих белков сыворотки крови – общего белка, глобулинов, ХС ЛПВП, ГГТ и метаболические коэффициенты – глюкоза/ХС ЛПВП, глюкоза/мочевина. Вероятно, организм девушек адаптируется к трем видам физических нагрузок в большей степени за счет поддержания минерального, липидного и белкового гомеостаза.

Специфические возрастные изменения биохимических показателей при действии различных видов физических нагрузок представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Однонаправленные изменения биохимических показателей у подростков при действии трех видов физических нагрузок

Показатель	Контроль	ЦВС	СпЕ	СпИ
	Юноши 12–15 лет			
Мочевина, ммоль/дм ³	4,13 3,60–4,79	4,52 3,81–5,15 ↑	4,63 3,82–5,66 ↑	4,78 3,82–5,33 ↑
Калий, ммоль/дм ³	4,14 3,67–4,60	4,44 3,81–5,50 ↑	4,72 4,10–5,34 ↑	4,93 4,10–5,59 ↑
Кальций, ммоль/дм ³	2,50 2,30–2,56	2,31 2,23–2,48 ↓	2,32 2,23–2,48 ↓	2,35 2,21–2,47 ↓
Глобулины, г/дм ³	26,7 24,0–31,0	29,0 25,5–34,0 ↑	29,0 27,0–32,0 ↑	31,0 29,0–33,0 ↑
ОЖСС, мкмоль/дм ³	62,5 54,7–67,0	55,5 50,5–59,8 ↓	52,3 48,3–56,1 ↓	51,5 45,7–55,6 ↓
АсАТ, Ед/дм ³	25,5 22,0–32,0	29,3 24,2–37,6 ↑	33,1 25,3–41,7 ↑	32,5 28,7–39,3 ↑
АсАТ/АлАТ	1,3 1,10–1,90	1,62 1,31–1,96 ↑	1,56 1,34–1,94 ↑	1,94 1,48–2,29 ↑
Альбумин/глобулины	1,73 1,40–1,90	1,43 1,18–1,70 ↓	1,41 1,21–1,60 ↓	1,29 1,19–1,38 ↓
КФК/АсАТ	10,0 7,40–14,8	8,7 6,07–12,4 ↓	8,23 6,19–11,6 ↓	7,94 5,42–12,5 ↓

Продолжение таблицы 4

	Юноши 16–18 лет			
Мочевая кислота, мкмоль/дм ³	270 (250–310)	300 (260–340) ↑	310 (277–340) ↑	330 (280–370) ↑
АлАТ, Ед/дм ³	32,5 (20,0–41,0)	20,0 (17,3–26,6) ↓	21,3 (17,2–30,4) ↓	25,3 (18,2–33,7) ↓
ЩФ, Ед/дм ³	356 194–440	179 109–302 ↓	227 (138–359) ↓	180 (104–316) ↓
КФК, Ед/дм ³	511 (346–840)	293 183–472) ↓	213 (124–396) ↓	304 (231–530) ↓
КФК/АсАТ	15,1 (11,2–29,0)	10,4 (6,7–14,2) ↓	10,7 (8,1–14,3) ↓	12,4 (8,21–18,5) ↓
	Девушки 12–15 лет			
ОЖСС, мкмоль/дм ³	55,0 51,2–64,7	52,3 50,1–57,3 ↓	43,1 39,3–53,7 ↓	50,1 48,2–59,1 ↓
АлАТ, Ед/дм ³	14,0 11,0–21,0	18,7 14,6–20,83 ↑	19,0 17,0–2,75 ↑	15,3 12,7–18,5 ↑
	Девушки 16–18 лет			
ОХС, ммоль/дм ³	5,07 5,00–5,30	4,15 3,82–4,97 ↓	3,62 3,31–4,90 ↓	4,10 3,35–4,91 ↓
Глюкоза/ОХС	0,86 0,81–0,91	1,08 0,94–1,23 ↑	1,42 1,23–1,45 ↑	1,10 1,02–1,30 ↑

Примечание – Стрелками указано направление изменения биохимического показателя: ↑ – повышение, ↓ – понижение.

У юношей большее количество однонаправленных изменений отмечено в 12–15 лет. У девушек в обеих возрастных группах оказалось по два одинаково направленных изменения. При этом все показатели в возрастных группах различные.

Специфичность метаболизма, определяемая по изменению показателей, характерных только для данного вида спорта, имеет гендерные отличия. Наибольшая специфичность у лиц мужского пола отмечена в 12–15 лет при занятии спортивными играми, а в 16–18 лет – при физических нагрузках циклических видов спорта. У лиц женского пола наибольшая специфичность проявляется в 12–15 лет при занятии циклическими видами спорта, а в 16–18 лет – спортивными играми.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. У подростков обоего пола в возрасте 12–18 лет на постоянном уровне сохраняется содержание мочевой кислоты, креатинина, сывороточного железа, общего белка, альбуминов, величина ОЖСС, активность α -амилазы и ГГТ, величина индекса атерогенности и соотношения глюкоза/триглицериды, глюкоза/мочевина. Метаболизм у девушек-подростков в данном возрастном

периоде включает более динамичные изменения уровней триглицеридов, ОХС, ХС ЛПВП и ХС ЛПНП, а также содержания кальция, общего билирубина и соотношения альбумины/глобулины, коэффициенты КФК/АсАТ и де Ритиса. У юношей биохимические показатели сыворотки крови только к 16–18 годам достигают уровней, регистрируемых у девушек 12–15 лет по содержанию триглицеридов, кальция, глобулинов и коэффициента альбумины/глобулины [1, 2, 3, 6, 20, 21, 22, 24, 26, 29].

2. Систематические контролируемые физические нагрузки у подростков обоего пола в возрасте 12–15 лет не влияют на содержание общего билирубина, креатинина, сывороточного железа, общего белка, отношения содержания глюкозы и ОХС, а также глюкозы и ХС ЛПВП, индекс атерогенности и соотношение КФК/ЩФ. Одновременно у подростков мужского пола на фоне динамических изменений содержания триглицеридов, мочевины, калия и кальция выявлены биохимические признаки напряжения обмена веществ, проявляющиеся снижением уровня альбуминов и величины ОЖСС. При систематических физических нагрузках в возрасте 16–18 лет, независимо от пола, поддерживается на постоянном уровне содержание глюкозы, креатинина, калия, общего белка, альбуминов, глобулинов, активности α -амилазы и ГГТ, метаболические индексы – индекс атерогенности, альбумины/глобулины, коэффициент де Ритиса, соотношение КФК/ЩФ и глюкоза/триглицериды. Однако в 16–18 лет систематические физические нагрузки приводят у юношей к снижению содержания триглицеридов и повышению концентрации мочевой кислоты, мочевины и сывороточного железа. У девушек этой группы статистически достоверно снижаются уровни ОХС и ХС ЛПНП. Одновременно регистрируются повышенные уровни общего билирубина, соотношения глюкоза/ОХС, глюкоза/ХС ЛПНП, глюкоза/мочевина [1, 5, 9, 10, 11, 19, 22, 25].

3. Систематические физические нагрузки в группе 12–15 лет, обеспечившие выполнение нормативов спортивной квалификации («Юношеский разряд» у юношей и «Взрослый разряд» у девушек) сопряжены с напряжением обмена веществ, связанных у юношей с недостаточностью отдельных биохимических процессов (снижение величины ОЖСС), у девушек – энергетического обмена. В возрастном периоде 16–18 лет у юношей и девушек выявлено увеличение количества биохимических показателей, поддерживаемых на постоянном уровне, а также тенденция к сближению величин ряда показателей: ХС ЛПНП, активность аминотрансфераз, ЩФ, КФК, отношение глюкоза/ХС ЛПНП, что свидетельствует о процессах адаптации метаболизма спортсменов обоего пола к возрастающим физическим нагрузкам. При этом у девушек к этому возрасту адаптационные механизмы уже сформированы, тогда как у юношей они формируются в динамике выполнения возрастающих физических нагрузок [2, 3, 5, 15, 16, 18, 23, 28].

4. У подростков в возрасте 12–15 лет при возрастающих по интенсивности и сложности физических нагрузках определяются два близких кластера однонаправленно измененных биохимических показателей – при достижении спортивной квалификации взрослых разрядов и при выполнении нормативов мастера спорта. При этом у подростков при выполнении нормативов кандидат в мастера спорта выявлены особенности обмена веществ, проявляющиеся в отсутствии изменений у лиц мужского пола количества триглицеридов, глобулинов, активности α -амилазы, а также уровня кальция, альбуминов и альбумин-глобулинового коэффициента, а у подростков женского пола – активности аминотрансфераз, количества глюкозы, триглицеридов, альбуминов, что может стать препятствием для выполнения нормативов квалификации мастер спорта [2, 4, 7, 8, 12, 13, 17, 27].

5. Адаптация к действию всех трех видов физических нагрузок у спортсменов мужского пола обеспечивается поддержанием на постоянном уровне показателей, в большей степени характеризующих углеводный и липидный обмены – триглицериды, ОХС, общий билирубин, ХС ЛПВП и величины трех коэффициентов – ИА, глюкоза/ОХС, глюкоза/ХС ЛПВП, а у лиц женского пола – показателей минерального, белкового и липидного обменов – калия, кальция, сывороточного железа, общего белка, глобулинов, ХС ЛПВП, ГГТ и метаболических коэффициентов – глюкоза/ХС ЛПВП, глюкоза/мочевина. При этом физические нагрузки во всех трех видах спорта оказывают более избирательное воздействие на изменения в метаболизме девушек [1, 2, 6, 12, 14].

Рекомендации по практическому использованию

С целью выявления биохимических маркеров ответа организма подростков в возрасте 12–18 лет на систематические контролируемые физические нагрузки и целевого протеомного и метаболомного профилирования сыворотки крови рекомендуется определять 7 метаболитов, 3 неорганических биорегулятора, 12 сывороточных белков и 10 расчетных показателей.

Установленные пределы изменений биохимических показателей сыворотки крови подростков при контролируемых системных физических нагрузках по программам трех групп видов спорта в форме разработанных и представленных нами 67 таблиц позволяют по биохимическим параметрам оценить состояние обмена веществ подростка в зависимости от пола, возраста, спортивной квалификации и соответствующего вида спорта.

Рекомендуется при решении вопроса о продолжении тренировочного процесса учитывать у подростков 12–15 лет изменение динамики биохимических показателей, особенно при выполнении нормативов кандидата в мастера спорта.

Результаты исследования внедрены в образовательный процесс высших учебных заведений г. Витебска (2 акта внедрения, 2020 г.), Витебского училища

олимпийского резерва (2 акта внедрения, 2020 и 2023 гг.), высших спортивных учебных заведений России (Калининград – 1 акт внедрения, 2020 г., Воронеж – 2 акта внедрения, 2020 и 2023 гг., Санкт-Петербург – 1 акт внедрения, 2020 г., Смоленск – 2 акта внедрения, 2020 и 2023 гг.), а также в медико-лабораторный контроль учебно-тренировочного процесса Витебского областного центра олимпийского резерва по единоборствам (акт внедрения, 2020 г.).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Монографии

1. Антропометрические и биохимические показатели спортсменов пубертатного возраста : монография / Н. А. Степанова, **М. С. Алтани**, А. А. Чиркина, А. А. Чиркин ; под ред. проф. А. А. Чиркина. – Чебоксары : ИД «Среда», 2020. – 112 с.

2. **Алтани, М. С.** Обмен веществ и физические нагрузки в пубертатном возрасте : монография / **М. С. Алтани**, Н. А. Степанова, А. А. Чиркин ; под ред. проф. А. А. Чиркина. – Чебоксары : ИД «Среда», 2023. – 148 с.

Статьи в научных рецензируемых журналах

3. Зависимость биохимических маркеров здоровья от возраста и пола при занятиях спортом в пубертатном периоде / А. А. Чиркин, **М. С. Алтани**, Н. А. Степанова, А. А. Чиркина // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. – 2019. – Т. 8, № 3. – С. 420–429.

4. **Алтани, М. С.** Оценка физического развития подростков при занятии спортом / **М. С. Алтани** // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2019. – № 4 (105). – С. 72–80.

5. Зависимость биохимических маркеров здоровья от уровня спортивного мастерства в пубертатном периоде / А. А. Чиркин, **М. С. Алтани**, Н. С. Степанова, А. А. Чиркина // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. – 2020. – Т. 9, № 1–2. – С. 87–97.

6. Characterization of biochemical health markers during athletic activity in puberty / A. Chirkin, **M. S. Altani**, N. Stepanova, A. Chirkina // Malaysian Journal of Biochemistry and Molecular Biology. – 2020. – Vol. 1. – P. 69–76.

7. Изменения биохимических маркеров здоровья при занятиях олимпийскими видами спорта в пубертатном периоде жизни / А. А. Чиркин, **М. С. Алтани**, Н. А. Степанова, А. А. Чиркина // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. – 2020. – Т. 9, № 3. – С. 302–313.

8. Dependence of biochemical blood markers and sports skills level in puberty period / A. Chirkin, **M. S. Altani**, N. Stepanova, A. Chirkina // Annals of the Romanian Society for Cell Biology. – 2021. – Vol. 25. – P. 47–56.

9. Біохімічні пркмети вигарання ў спартсменаў у пубертатным перыядзе жыцця / А. А. Чыркін, Н. А. Сцяпанова, Г. А. Чырка, **М. А. Сулеман (Алтани)**, Т. А. Талкачова, Г. К. Семянькова, А. Г. Цецераў, Н. М. Гаршкова, А. А. Марчанка // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2021. – № 1 (110). – С. 56–63.

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

Материалы научных конференций и тезисы докладов

11. Алтани, М. С. Биохимические показатели в выявлении метаболического синдрома у спортсменов / **М. С. Алтани**, М. Н. Дауб // Молодость. Интеллект. Инициатива : материалы V междунар. науч.-практ. конф., студентов и магистрантов, Витебск, 21 апр. 2017 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2017. – С. 61–62.

12. Чиркин, А. А. Активность аминотрансфераз сыворотки крови в зависимости от пола, возраста и уровня спортивного мастерства спортсменов / А. А. Чиркин, **М. С. Алтани**, В. П. Ясенюк-Журанкова // Молодость. Интеллект. Инициатива : материалы V междунар. науч.-практ. конф., студентов и магистрантов, Витебск, 21 апр. 2017 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2017. – С. 62–63.

13. Biochemical and anthropometric characteristics developed metabolic syndrome in athletes / A. Chirkin, N. Stepanova, M. Doaoub, **M. Altani** // Proceedings of the 13th International Conference on Biology and Medical Sciences, Vienna, 15 March 2017 / «East West» Association for Advanced Studies and Hinger Education GmbH ; ed.: M. B. Todorov (ch. Ed.) [et al.]. – Vienna, 2017. – P. 79–86.

14. Степанова, Н. А. Биохимические и антропометрические особенности высококвалифицированных спортсменов-мужчин скоростно-силовых видов спорта и единоборств / Н. А. Степанова, **М. С. Алтани** / Наука – образованию, производству, экономике : материалы XXIII (70) Региональной науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 15 фев. 2018 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2018. – С. 100–103.

15. Алтани, М. С. Корреляционные зависимости между индексом массы тела и количеством жира в теле спортсменов высокой квалификации / **М. С. Алтани** // XII Машеровские чтения : материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных, Витебск, 19 окт. 2018 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.:

И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2018. – С. 311–312.

16. **Altani, M. C.** Relation of sustainable and labile indicators of body composition sportsman high qualifications cyclic species sport / **M. C. Altani** // The youth of the 21st century : education, science, innovations : Proceedings of V International Conference for students, postgraduates and young scientists, Vitebsk, December 12, 2018 / Vitebsk. State Un-t ; Editorial Board: I. M. Prishchepa (ch. Ed.) [et al.]. – Vitebsk State University named after P. M. Masherov, 2018. – P. 267–278.

17. Степанова, Н. А. Особенности биохимических показателей сыворотки крови спортсменов-мужчин в зависимости от уровня адаптации к физической нагрузке / Н. А. Степанова, А. А. Чиркин, **М. С. Алтани** // Физическая культура, спорт, здоровый образ жизни в XXI веке : сборник научных статей междунар. науч.-практ. конф., Могилев, 10–15 дек. 2018 г. / под ред. Д. А. Лавщука. – Могилев : МГУ имени А. А. Кулешова, 2020. – С. 57–60.

18. Степанова, Н. А. Метаболические особенности спортсменов с разным уровнем адаптации к физической нагрузке в зависимости от пола / Н. А. Степанова, **М. С. Алтани** // Наука – образованию, производству, экономике : материалы XXIV(71) Региональной науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 14 фев. 2019 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2019. – С. 296–297.

19. Степанова, Н. А. Зависимости показателей состава тела и углеводно-липидного обмена у спортсменок / Н. А. Степанова, **М. С. Алтани** // Инновационные технологии спортивной медицины и реабилитологии : материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12–13 апр. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры ; редкол.: С. Б. Репкин (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУФК, 2019. – С. 10–15.

20. **Алтани, М. С.** Проблемы оценки гармоничности физического развития спортсменов в позднем пубертатном периоде / **М. С. Алтани** // XXIII Машеровские чтения : материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных, Витебск, 18 окт. 2019 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2019. – С. 455–457.

21. Чиркин, А. А. Динамика биохимических маркеров здоровья при занятиях спортом в пубертатном периоде / А. А. Чиркин, **М. С. Алтани** // Инновационные формы и практический опыт физического воспитания детей и учащейся молодежи : материалы VII междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 22 нояб. 2019 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: П. И. Новицкий (отв. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2019. – С. 104–106.

22. Степанова, Н. А. Использование метода центильных величин в анализе биохимических показателей спортсменов в пубертатном периоде / Н. А. Степанова, **М. С. Алтани** // Инновационные формы и практический опыт физического

воспитания детей и учащейся молодежи : материалы VII междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 22 нояб. 2019 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: П. И. Новицкий (отв. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2019. – С. 232–235.

23. Степанова, Н. А. Особенности биохимических показателей спортсменов пубертатного возраста с различным уровнем физического состояния / Н. А. Степанова, **М. С. Алтани** // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 72-й Региональной науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 20 фев. 2020 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2020. – С. 326–329.

24. Использование обезличенных баз данных при изучении биохимии спорта [Электронный ресурс] / А. А. Чиркин, Н. А. Степанова, **М. С. Алтани**, А. А. Чиркина, А. И. Гурская // Современные тенденции образовательного процесса в медицинском университете : сборник материалов научно-практической конференции с международным участием / ГрГМУ ; отв. ред. В. В. Лелевич [и др.]. – Гродно, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 163–166.

25. Биохимические показатели сыворотки крови при занятиях спортом в пубертатном возраст [Электронный ресурс] / А. А. Чиркин, Н. А. Степанова, А. А. Чиркина, **М. С. Алтани** // Современные проблемы медицинской биохимии : сборник материалов международной научной конференции, посвященной 85-летию со дня рождения профессора В. К. Кухты, Республика Беларусь, г. Минск, 25 янв. 2022 г. / под ред. А. Д. Тагановича [и др.]. – Минск : БГМУ, 2022. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 318–323.

26. Биохимический контроль дозированных физических нагрузок при занятиях спортом в пубертатном возрасте / А. А. Чиркин, Н. А. Степанова, **М. С. Алтани**, А. А. Чиркина // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 74-й Региональной науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 18 фев. 2022 г. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Е. Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2022. – С. 435–437.

27. Молекулярно-структурные особенности адаптации при занятиях спортом в пубертатном периоде жизни / А. А. Чиркин, **М. С. Алтани**, Н. А. Степанова, А. А. Чиркина // Инновационные формы и практический опыт физического воспитания детей и учащейся молодежи : сб. науч. ст. / Витеб. гос. ун-т ; редкол.: Е. Я. Аршанский (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2023. – С. 403–410.

28. **Алтани, М. С.** Влияние систематических физических нагрузок на обмен веществ в пубертатном возрасте / **М. С. Алтани**, Н. А. Степанова, А. А. Чиркин // Труды международной научной конференции «Фундаментальные и прикладные науки – медицине» ; редкол.: В. А. Кульчицкий [и др.]. – Минск : Новости медико-биологических наук, 2023. – Т. 22, № 3. – С. 7–8.

29. Организация биохимического мониторинга состояния здоровья некоторых групп населения на кафедре химии и естественнонаучного образования не медицинского профиля / А. А. Чиркин, Е. О. Данченко, Н. А. Степанова, А. А. Чиркина, **М. С. Алтани** // Биохимические исследования в медицине: сборник материалов международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедры биологической химии БГМУ, г. Минск, 6 окт. 2023 г. / под ред. А. Д. Тагановича [и др.]. – Минск : БГМУ, 2023. – С. 278–283.

РЭЗІЮМЭ

Алтані Мершыд Сулеман

Біяхімічная ацэнка адаптацыі да фізічных нагрузак у падлеткаў 12–18 гадоў

Ключавыя словы: сыватка крыві, біяхімічныя паказчыкі, палавое паспяванне, падлеткавы ўзрост, адаптацыя, сістэматычныя фізічныя нагрузкі, спартыўная кваліфікацыя, групы відаў спорту.

Мэта работы: выявіць асаблівасці змен біяхімічных паказчыкаў сываткі крыві ў падлеткаў ва ўзросце 12–15 і 16–18 гадоў пры сістэматычных і кантралюемых фізічных нагрузках.

Метады даследавання: тэарэтычныя, эксперыментальныя метады вызначэння 22-х біяхімічных параметраў сываткі крыві з выкарыстаннем набору фірмы BioSystems і біяхімічнага аналізатара Mindray, метады матэматычнай статыстыкі.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Працэсы адаптацыі да сістэматычных фізічных нагрузак у падлеткаў 12–18 гадоў уключаюць дзве групы біяхімічных паказчыкаў: якія падтрымліваюцца на пастаянным узроўні (34,4–68,7% ад усіх вызначаных паказчыкаў) з тэндэнцыяй да павелічэння ў працэсе палавога паспявання; біяхімічныя паказчыкі, якія змяняюцца ў залежнасці ад заняткаў сістэматычнымі фізічнымі нагрузкамі. Суадносіны гэтых паказчыкаў ляжаць у аснове развіцця кароткачасовых і доўгачасовых працэсаў адаптацыі метабалізму ў падлеткаў. Адаптацыя да фізічных нагрузак падлеткаў 12–15 гадоў – кандыдатаў у майстры спорту – характарызуецца адсутнасцю змяненняў у паказчыках, уласцівых для кваліфікацый спартсменаў з дарослымі разрадамі і майстроў спорту. Выяўлены эфект уздзеяння нарастаючых фізічных нагрузак на дынаміку змен біяхімічных паказчыкаў і яе збліжэнне ва ўзроставай групе 16–18 гадоў паміж падлеткамі мужчынскага і жаночага полу. Устаноўлены межы змяненняў біяхімічных паказчыкаў, прадстаўленыя ў форме 67 табліц.

Рэкамендацыі па выкарыстанні. Устаноўленыя межы змяненняў біяхімічных паказчыкаў сываткі крыві падлеткаў пры кантралюемых сістэматычных фізічных нагрузках па праграмах трох груп відаў спорту ў форме распрацаваных і прадстаўленых 67 табліц дазваляюць па біяхімічных параметрах ацаніць стан абмену рэчываў падлетка ў залежнасці ад полу, узросту, спартыўнай кваліфікацыі і адпаведнага віду спорту. Рэкамендуецца пры вырашэнні пытання аб працягу трэніровачнага працэсу ўлічваць у падлеткаў 12–15 гадоў змяненне дынамікі біяхімічных паказчыкаў, асабліва пры выкананні нарматываў кандыдата ў майстры спорту.

Галіна прымянення: біяхімія, фізічная культура і спорт, медыцына.

РЕЗЮМЕ

Алтани Мершид Сулеман

Биохимическая оценка адаптации к физическим нагрузкам у подростков 12–18 лет

Ключевые слова: сыворотка крови, биохимические показатели, половое созревание, подростковый возраст, адаптация, систематические физические нагрузки, спортивная квалификация, группы видов спорта.

Цель работы: установить особенности изменений биохимических показателей сыворотки крови у подростков в возрасте 12–15 и 16–18 лет при систематических и контролируемых физических нагрузках.

Методы исследования: теоретические, экспериментальные методы определения 22-х биохимических параметров сыворотки крови с использованием наборов фирмы BioSystems и биохимического анализатора Mindray, методы математической статистики.

Полученные результаты и их новизна. Процессы адаптации к систематическим физическим нагрузкам у подростков 12–18 лет включают две группы биохимических показателей: поддерживаемые на постоянном уровне (34,4–68,7% от всех определяемых показателей) с тенденцией к увеличению в процессе полового созревания; биохимические показатели, изменяющиеся в зависимости от занятий систематическими физическими нагрузками. Соотношение этих показателей лежит в основе развития кратковременных и долговременных процессов адаптации метаболизма у подростков. Адаптация к физическим нагрузкам подростков 12–15 лет – кандидатов в мастера спорта – характеризуется отсутствием изменений в показателях, присущих для квалификаций спортсменов со взрослыми разрядами и мастеров спорта. Выявлен эффект действия возрастающих физических нагрузок на динамику изменений биохимических показателей и ее сближение в возрастной группе 16–18 лет между подростками мужского и женского пола. Установлены пределы изменений биохимических показателей, представленные в форме 67 таблиц.

Рекомендации по использованию. Установленные пределы изменений биохимических показателей сыворотки крови подростков при контролируемых систематических физических нагрузках по программам трех групп видов спорта в форме разработанных и представленных 67 таблиц позволяют по биохимическим параметрам оценить состояние обмена веществ подростка в зависимости от пола, возраста, спортивной квалификации и соответствующего вида спорта. Рекомендуется при решении вопроса о продолжении тренировочного процесса учитывать у подростков 12–15 лет изменение динамики биохимических показателей, особенно при выполнении нормативов кандидата в мастера спорта.

Область применения: биохимия, физическая культура и спорт, медицина.

SUMMARY

Mershed Suleman AL Tani

Biochemical Adaptive Assessment of Physical Activity in Adolescents 12–18 years old

Key words: blood serum, biochemical parameters, puberty, adolescence, adaptation, systematic physical activity, sports qualifications, groups of sports.

The aim of the study: to determine the characteristics of alterations in biochemical parameters of blood serum in adolescents between the ages of 12–15 and 16–18 who engage in regular, supervised physical exercise.

Research methods: theoretical, experimental methods for determining 22 biochemical parameters of blood serum using kits from BioSystems and a biochemical analyzer Mindray, and methods of mathematical statistics.

The results obtained and their novelty. Two categories of biochemical indicators are involved in the processes of adaptation to systematic physical activity in adolescents aged 12 to 18 years: those that are maintained at a constant level (34.4–68.7% of all determined indicators) and have a tendency to increase during puberty, and those that vary based on systematic physical activity. The ratio of these indicators underlies the development of short-term and long-term processes of metabolic adaptation in adolescents. Adaptation to physical activity of adolescents aged 12–15 years of candidates for sport master is characterized by the absence of changes in the indicators inherent in the qualifications of athletes with adult categories and sport masters. The influence of increased physical activity on the kinetics of changes in biochemical parameters and their convergence in male and female adolescents aged 16 to 18 years was revealed. Limits of changes in biochemical parameters have been established and laid out in the form of 67 tables.

Recommendations for use. A teen's metabolic state can be evaluated based on biochemical parameters based on gender, age, sports qualifications, and the corresponding sport thanks to the established limits of changes in the blood serum's biochemical parameters during controlled systematic physical activity, as per the programs of three groups of sports. These programs are presented and developed in the form of 67 tables. When deciding whether to continue the training process, it is recommended to take into account changes in the dynamics of biochemical parameters in adolescents aged 12–15 years, especially when meeting the “candidate master of sports” standards.

Field of application: biochemistry, physical culture and sports, medicine.

