

На правах рукописи

Федорова Елена Петровна

**ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ,
НУТРИЕНТНОГО И ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТАТУСА У ЮНОШЕЙ-
СПОРТСМЕНОВ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА И ИХ КОРРЕКЦИЯ**

1.5.5. – физиология человека и животных

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Ханты-Мансийск - 2025

Работа выполнена в Бюджетном учреждении высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа - Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» на кафедре физиологии и спортивной медицины

Научный руководитель: Корчин Владимир Иванович - д.м.н., профессор, профессор кафедры физиологии и спортивной медицины Ханты-Мансийской государственной медицинской академии

Официальные оппоненты:

Павлова Ольга Николаевна - доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой физиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Самарский государственный медицинский университет" Минздрава России

Кострова Галина Николаевна – доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой нормальной физиологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Архангельск)

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России

Защита состоится « ____ » 2026 г. в часов на заседании диссертационного совета 24.1.137.01 Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН» по адресу: 199034 г. Санкт-Петербург, наб. Макарова д. 6

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБУН «Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН» по адресу: 199034 г. Санкт-Петербург, наб. Макарова д. 6 E-mail: ivanovagt@infran.ru, тел.: +7 (812) 328-07-01

Автореферат разослан « ____ » 2025 года
Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
на соискание ученой степени кандидата
наук, доктора наук
кандидат биологических наук _____ Иванова Галина Тажимовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы В современной спортивной физиологии интенсивно осуществляются исследования, направленные на поиск подходов и средств, которые обеспечивают повышение физической работоспособности в условиях максимальных физических нагрузок без снижения их тренировочного эффекта. Известно, что для рационального подхода к сохранению здоровья молодого поколения спортсменов России и обеспечению их оптимальными условиями для поддержки высокой физической работоспособности, следует учитывать воздействие на организм состава пищевого рациона, состояние природно-климатических факторов, экологии среды обитания и психоэмоционального напряжения, которые могут способствовать срыву метаболической адаптации к чрезмерным спортивным нагрузкам (Коденцова, Вржесинская, 2013; Денисова, Березуцкая, 2017; Нагорнев и др., 2019; Антонова и др., 2021; Дудко и др., 2021; Малеев, 2021; Кобелькова и др., 2022; Bonfanti, Jimenez-Saiz, 2016). Установлено, что в условиях урбанизированного Севера наблюдаются изменения деятельности физиологических систем организма, которые обусловлены несбалансированным рационом питания, преобладанием дисбаланса в системе прооксиданты/антиоксиданты, преобразованиями в состоянии витаминно-элементного статуса (Гудков и др., 2017; Солонин, Бойко, 2017; Никифорова, 2018; Корчина, Корчин, 2019; Стародед и др., 2020; Корчин и др., 2024). В исследованиях ряда авторов было продемонстрировано влияние интенсивных физических нагрузок на содержание витаминов и биоэлементов в организме высококвалифицированных спортсменов, дефицит которых способствовал формированию дизадаптации, развитию преждевременного утомления и создавал препятствия для достижения высоких результатов в подготовительном периоде к ответственным соревнованиям (Зайцева и др., 2019; Раджабкадиев и др., 2021; Дорофейков, 2022; Beck et al., 2021). Стала очевидной необходимость донозологической диагностики, направленной на установление степени влияния физической нагрузки на работоспособность и восстановление у спортсменов. В течение тренировочного процесса следует контролировать состояние функциональных систем организма спортсменов, подвергающегося мощным физическим нагрузкам, в частности, выявлять ранние признаки дизадаптации, развитие состояния преждевременного утомления, перетренированности и снижение периода восстановления (Брук и др., 2017; Бойко и др., 2019; Быков и др., 2020; Афраимов, Умаров, 2021; Бахарева, Шибкова, Эрлих, 2022; Головин и др., 2022; Дикунец и др., 2022; Солопов и др., 2024; Lee et al., 2017; Forbes et al., 2020). Для реализации этого важнейшего направления в спорте высоких достижений требуется тщательный отбор корректирующих средств, прежде всего растительного происхождения, которые бы с одной стороны устранили факторы риска, снижающие физическую работоспособность (особенно в условиях Севера), а с другой - поддерживали процессы энергообеспечения мышечной деятельности (Скальный и др., 2018; Калинина и др., 2019; Григорьева, 2020;

Пузыревский и др., 2020; Пушкина, 2022; Андриянова, 2022; Iolascon et al., 2021; Clemente-Suarez, 2023). Исходя из этого, изучение метаболической адаптации, состояния окислительного стресса, фактического питания, витаминного и элементного статуса у молодых людей, определение их изменений в условиях продолжительных тренировок, а также профилактики развития дизадаптационных расстройств, является актуальной проблемой и может быть отнесено к приоритетным фундаментальным исследованиям, проводимым на территории урбанизированного Севера.

Цель исследования: выявить особенности метаболической адаптации, фактического питания, состояния витаминно-элементного статуса и окислительного гомеостаза у юношей спортсменов и студентов, не занимающихся спортом, проживающих в условиях северного региона и обосновать их коррекцию.

Задачи исследования:

- 1) оценить характер изменений показателей метаболической адаптации и работоспособности у юношей с различным уровнем физической подготовленности;
- 2) проанализировать химический состав суточного рациона питания у юношей-спортсменов (лыжные гонки и биатлон) и студентов медицинского вуза;
- 3) определить концентрацию в крови витаминов А, Е, С, D, биоэлементов в образцах волос и выявить ранние изменения показателей состояния окислительного метаболизма у обследуемых юношей, проживающих в условиях Севера;
- 4) выявить корреляционные взаимоотношения между параметрами состояния окислительно-восстановительного баланса, витаминно-элементного статуса и физической работоспособностью у обследуемых юношей;
- 5) изучить эффективность использования биоантиоксиданта дигидрокверцетина для профилактики метаболических сдвигов у юношей-спортсменов, подвергающихся физическим нагрузкам в подготовительном периоде тренировочного процесса.

Научная новизна исследования. Впервые использован комплексный подход к оценке метаболической адаптации, изменений витаминно-элементного статуса, а также состояния окислительного гомеостаза в организме юношей, проживающих в условиях северного региона. Выявлен у обследованных юношей дефицит в крови витамина D и Е, степень выраженности которых превалировала у студентов медицинского вуза. Установлено, что избыточное накопление продуктов ПОЛ в крови обусловлено снижением активности антиоксидантной системы защиты у юношей-спортсменов, что отражает степень ослабления ресурсных метаболических возможностей их организма. Впервые доказано, что при приеме спортсменами дигидрокверцетина в дозе 120 мг/сутки (60 дней) статистически значимо уменьшался коэффициент окислительного стресса

(КОС), увеличивались показатели анаэробной производительности, в то время как аэробной работоспособности изменялись незначительно.

Теоретическая и практическая значимость работы

На основании результатов комплексного исследования функционального состояния юношей с различным уровнем физической подготовленности получены новые данные об адаптационных возможностях физиологических систем организма, подвергающегося интенсивным нагрузкам в условиях Севера. Дано научное обоснование эффективности влияния дигидрокверцетина на показатели физической работоспособности, выносливости, состояние окислительного метаболизма. Продолжительная коррекция данным биоантиоксидантом обеспечивает стабилизацию окислительно-восстановительного равновесия, возрастание анаэробной работоспособности, что позволяет рекомендовать его в качестве средства как для повышения физической работоспособности, так и для ее коррекции.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Уровень дефицита витаминов-антиоксидантов, дисбаланс биоэлементов и компонентов системы ПОЛ/АОС являются факторами риска, влияющими на метаболическую адаптацию и физическую работоспособность юношей, тренирующихся в условиях северного региона.
2. Повышение анаэробного порога производительности в условиях действия интенсивных физических нагрузок и предотвращение преждевременного развития утомления, обусловленного дисбалансом в системе ПОЛ/АОС, может быть достигнуто путем использования профилактического средства дигидрокверцетина, направленного на коррекцию состояния окислительного гомеостаза.

Легитимность исследования подтверждена решением независимого локального этического комитета Ханты-Мансийской государственной медицинской академии в соответствии с основополагающими этическими принципами Хельсинской декларации (протокол № 158 от 18.11.2020 г.) и на основании письменного информированного согласия от всех участников. Диссертационная работа отвечает следующим пунктам паспорта специальности 1.5.5 - "Физиология человека и животных":

- п. 3. Закономерности и механизмы нервной и гуморальной регуляции, генетических, молекулярных, биохимических процессов, определяющих динамику и взаимодействие физиологических функций;
- п. 4. Закономерности функционирования основных систем организма при различных состояниях организма;
- п. 9. Физиологические механизмы адаптации к различным формам, видам и условиям деятельности, в том числе экстремальным. Разработка технологий адаптивного управления физиологическими функциями человека в экстремальных природно-климатических условиях;
- п.10. Закономерности и механизмы адаптации организма к факторам внешней среды.

Достоверность и обоснованность результатов, полученных в ходе выполнения комплексного исследования, определяется корректной

постановкой задач, адекватным выбором современных методов для их реализации, использованием соответствующих способов статистической обработки данных.

Апробация работы. Результаты исследования диссертационной работы представлены и обсуждены на следующих научных форумах различного уровня: Всероссийская научно-практическая конференция «Спортивная медицина и реабилитация: традиции, опыт и инновации», 29.04.2022 г. КГУФКСТ, г. Краснодар; XIV Международный симпозиум «Спортивная медицина и реабилитация: традиции, опыт и инновации» под эгидой Первого МГМУ им. И.М. Сеченова 29.04.2022 г., Москва; XXIII Всероссийская научная конференция студентов, молодых ученых и специалистов «Актуальные вопросы теоретической, экспериментальной и клинической медицины», 20.05.2022 г. Ханты-Мансийск; IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Здоровый образ жизни и охрана здоровья» 14-15 октября 2022 г., Сургут; Международная научно-практическая конференция "Наука побеждать... болезнь", Донецк 5-16 декабря 2022 г; Национальная конференция "Физиология экстремальных состояний", X Международный конгресс «Безопасный спорт-2023. Перетренированность в спорте. Междисциплинарный подход» 13-14 июля 2023 г., г. Санкт-Петербург; заседание проблемной комиссии по медико-биологическим наукам БУ "Ханты-Мансийская государственная медицинская академия" (протокол № 6 (57) от 26.12. 2023 г); Междисциплинарная конференция "Научно-практические вопросы спортивной медицины" 28-29 марта 2024 г., г. Ханты-Мансийск; XXX Всероссийская конференция молодых ученых с международным участием «Актуальные проблемы биомедицины – 2024», 21-22 марта 2024г., г. Санкт-Петербург; Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные вопросы физиологической адаптации человека на Севере» 7-11 октября 2024 г., г. Магадан.

Внедрение результатов исследования. Результаты исследования внедрены в систему планирования подготовки спортсменов, специализирующихся в лыжных гонках, биатлоне в подготовительном периоде тренировочного процесса в АПОУ ХМАО-Югры «Югорский колледж-интернат олимпийского резерва» г. Ханты-Мансийска (акт внедрения от 24.01. 2024 г). Материалы диссертации были включены в разработку двух элективных курсов "Витамины и микроэлементы на страже здоровья", "Адаптация человека на Севере" для аспирантов БУ "Ханты-Мансийская государственная медицинская академия" по направлению подготовки 30.06.01 - фундаментальная медицина (акт внедрения № 932 от 13.06. 2024 г).

Личное участие автора. Автором самостоятельно разработана программа и дизайн исследования, проведено анкетирование и оценка суточных рационов питания всех обследуемых участников исследования, при участии спортивного врача проходило тредмил-тестирование, выполнен анализ его результатов. В ходе работы соискателем осуществлен

литературный поиск по теме исследования, написаны оригинальные статьи, опубликованные в различных научных рецензируемых изданиях, сформулированы основные положения, выводы и оформлена диссертационная работа.

Публикации. По материалам диссертационного исследования опубликовано 18 научных работ, из них 9 статей в научных журналах, в рецензируемых из международной базы Scopus и из перечня изданий, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертационное исследование представлено на 155 страницах текста, оформлено в классическом стиле и состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, двух глав, содержащих результаты собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Диссертация проиллюстрирована 11 таблицами и 8 рисунками и имеет в списке литературы 285 источников, среди которых 95 зарубежных.

ОРГАНИЗАЦИЯ, ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование было проведено в течение 2021-2023 гг. на базе БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» и АПОУ ХМАО-Югры «Югорский колледж-интернат олимпийского резерва» г. Ханты-Мансийска, в котором приняли участие 104 юношей, средний возраст которых составил $18,0 \pm 2,1$ лет. Из них были сформированы 2 группы, а именно: в первую (основную) группу вошли 58 спортсменов, обучающихся в колледже-интернате и занимающихся циклическими видами спорта (лыжные гонки, биатлон). Обследуемые спортсмены преимущественно имели высокий уровень квалификации (46,6% - перворазрядники, 37,8% - кандидаты в мастера спорта, 15,6% - мастера спорта) и проходили соответствующее обследование в подготовительном периоде тренировочного процесса. Контрольную группу составили 46 здоровых студентов-добровольцев, не имеющих специальной физической подготовки и обучающихся на 1 курсе Ханты-Мансийской государственной медицинской академии. Объем физической нагрузки в неделю у спортсменов составлял не менее 18-22 часа, а у студентов, занимающихся физкультурой по общей программе медицинского вуза - 4 часа.

Все обследуемые юноши по результатам предварительного углубленного медицинского осмотра не страдали какими-либо заболеваниями и были оценены как практически здоровые.

Критерии включения: учащиеся юноши в возрасте $18,0 \pm 2,1$ лет, проживание на территории северного региона не менее 10 лет, наличие информированного добровольного согласия на участие в комплексном исследовании. Критерии исключения: избыточная масса тела, наличие хронических заболеваний, персональный отказ от исследования.

Для реализации поставленных задач, нами работа выполнялась в 3 этапа. Для осуществления *первого* этапа были отобраны те современные методы, которые являлись более информативными и доступными для выполнения данного комплексного обследования, так как это было важно в ходе

объективного контроля за состоянием организма юношей, занимающихся спортивной деятельностью.

Выявление толерантности системы кровообращения и дыхания к физической нагрузке участников обеих групп, осуществлялось методом тредмил-тестирования с газоанализом на дорожке H/P/Cosmos VY AIRE (Швейцария) с использованием эргоспирометра Master-Screen CPX Jaeger (Германия). Прежде чем приступить к данному тестированию рекомендовали выполнение разминки в виде ходьбы в течение 5 минут по движущейся горизонтально платформе с постепенным увеличением скорости движения от 0,8 до 7,0 км/час.

В ходе проведения теста увеличивали мощность нагрузки и продолжали до тех пор, пока испытуемый не отказывался ее осуществлять. Для каждой ступени соответствующей нагрузки было свойственно постепенное повышение скорости (через каждые 2 мин на 1 км/час) и увеличение угла подъема платформы до 8%. До и после максимальной физической нагрузки определяли у испытуемых артериальное давление с помощью метода Н.С. Короткова, используя прибор AND UA-1200 (Япония).

Результаты исследования, а именно: максимальное потребление кислорода (МПК) в абсолютных (мл/мин) и относительных величинах (мл/мин/кг), кислородный пульс - КП (мл/уд), метаболический эквивалент (metabolic equivalent of task - MET) как отношение уровня метаболизма человека во время физической активности к уровню его метаболизма в состоянии покоя (3,5 мл. О₂ / на кг массы тела / мин.), число сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), артериальное давление систолическое и диастолическое (САД, ДАД, мм.рт.ст), уровень порога анаэробного обмена (ПАНО), время нагрузки (мин), полученные при проведении тредмил-теста, обрабатывались на ПЭВМ с применением пакета прикладных электронных программ. Комплексное обследование юношей проводили утром спустя 1–2 часа после завтрака. В качестве обязательного условия было отсутствие какой-либо интенсивной физической нагрузки на протяжении 24 часов. Все обследуемые лица перед тестированием проходили медицинский осмотр для выявления противопоказаний к осуществлению данного исследования. У всех юношей осуществляли забор крови натощак путем венопункции в вакутейнеры фирмы "Becton Dickinson International" (США) в специализированном кабинете для гематологических и биохимических исследований. Для последующего клинико-лабораторного анализа использовали цельную кровь или сыворотку, которую получали путем центрифугирования в течение 15 мин при 1500g. Образцы сыворотки хранили в пробирках эппendorфа (2,0 мл) в низкотемпературном шкафу при t= - 80°C.

Для реализации *второго этапа* осуществляли **биохимические исследования** с использованием коммерческих наборов (DRG Instruments GmbH, Германия) для выявления общего белка, мочевины, мочевой кислоты, креатинина, лактатдегидрогеназы, креатинина, креатинфосфокиназы (КФК), аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ) на

комбинированном автоматическом анализаторе Chem. Well Combo Awareness Technology Inc. 2910 (США).

Для экспресс анализа уровня лактата в крови использовали тест полоски фирмы – BM-Lactate (Россия), с помощью которых его определяли на соответствующем портативном биохимическом анализаторе "Accutrend Plus" фирмы Roche Diagnostics (Германия). Наряду с этим осуществляли также фрагмент исследований состояния окислительного метаболизма и витаминно-элементного статуса у всех обследуемых лиц. С этой целью определяли первичные (гидроперекиси липидов - ГПл) и вторичные (малоновый диальдегид - МДА) продукты перекисного окисления липидов (ПОЛ), общую антиоксидантную активность (ОАА) и тиоловый статус (ТС), а также расчетный интегральный показатель - коэффициент окислительного стресса (КОС) по формуле: КОС=ГПл x МДА / ОАА x ТС [Л.И. Колесникова и др., 2014].

Содержание жирорастворимых витаминов-антиоксидантов А и Е определяли флуориметрическим методом на приборе "Флюорат 02 - АБЛФ" фирмы Люмекс (Россия), а аскорбиновую кислоту - с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с масс-селективным флуоресцентным детектированием на приборе "Agilent 12160 Infinity" фирмы Agilent Technologies Inc. (США). Уровень витамина D [25 (ОН)D] выявляли, используя модульный иммунохимический анализатор "Architect i 2000 SR" фирмы Abbott Laboratories (США). Определение проводили с помощью хемилуминесцентного ИФА с привлечением специальных реагентов к вышеуказанному анализатору, в том числе и для контроля проводимого анализа.

Оценку элементного статуса у обследуемых лиц обеих групп осуществляли в Центре биотической медицины (г.Москва) методами атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии (МС-ИСП) с индуктивно связанный аргоновой плазмой в образцах волос, определяя концентрацию химических элементов: Ca, Mg, Fe, Se, Cu, Zn. Подготовку проб проводили в соответствии с методическими рекомендациями [МР. 4.1.1482-03 и 4.1.1483-03] средние показатели концентраций изучаемых биоэлементов сопоставляли с референтными величинами.

Сравнительный анализ фактического поступления с пищей макро- и микронутриентов у юношей ХМАО-Югры проводили, используя лицензионную программу «АСПОН-питание», которая позволяла оценить суточный рацион питания методом 24-часового его воспроизведения в сочетании с анализом продуктового состава по анкетам, предложенным обследуемым лицам Никитюк (2016). Рацион питания был изучен у представителей обеих групп за 3 дня, из которых один приходился на выходной. Юноши контрольной группы питались преимущественно в условиях общежития (завтрак, ужин) и в столовой медицинской академии (обед). В связи с тем, что обследуемые юноши-спортсмены ежедневно питались в столовой колледжа-интерната в наше распоряжение были предоставлены меню порционных блюд в течение одной недели, из которой

для соблюдения однородности исследования нами учитывались только 3 дня. В индивидуальной анкете каждый испытуемый записывал название продукта питания или блюда, его количество в граммах и способ термической обработки с использованием альбома порций продуктов и блюд (Мартинчик, 1996). С целью подсчета содержания макро – и микронутриентов в потребляемых блюдах и продуктах использовали справочные таблицы (Тутельян, 2012). Полученную медиану ($Мe$) сравнивали с уровнем физиологического потребления ($ФП$) в пищевых веществах, согласно методическим рекомендациям [МР 2.3.1.0253-21].

На завершающем *третьем этапе* исследования из представителей основной группы были сформированы две подгруппы: первая - юноши-спортсмены (28 человек, продемонстрировавшие снижение физической работоспособности в ходе тренировочного цикла с максимальными физическими нагрузками и имевшие более низкий антиоксидантный потенциал), которые в течение 60 дней принимали однократно флавоноид - дигидрокверцетин в дозе 120 мг/сутки (производитель ООО "Кахор-Продукт"); вторая - 30 человек, которые для соблюдения однородности условий при проведении корректирующих мероприятий, получали *placebo* (инкапсулированная лактоза).

Полученные результаты комплексного обследования подвергали статистической обработке с использованием пакета программ MICROSOFT EXCEL и SPSS Statistics 17.0. Для описания количественных данных применяли метод вариационной статистики: вычисление средних арифметических величин ($М$) и стандартное отклонение ($σ$) в случаях нормального распределения или вычисление медианы ($Мe$) и 25%-й и 75%-й перцентилей (Q_1 , Q_3) при его отсутствии. Достоверность различий между средними величинами оценивали с помощью *t*-критерия Стьюдента в случае нормального распределения и критерия Манна-Уитни, Фридмана в случае его отклонения. Для выявления взаимосвязи между изучаемыми показателями применяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Достоверными считали те различия и корреляции, которые не превышали $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка функционального состояния и работоспособности у юношей северного региона. В ходе тренировочного процесса спортсмены испытывают физические нагрузки, сопровождающиеся морффункциональными перестройками организма, изменениями деятельности органов и систем, обмена веществ, особенно в молодом возрасте. Физическая работоспособность представляет собой интегральный показатель функциональных возможностей человека. Все показатели кардиоэргоспирометрии (за исключением ЧСС макс, и САД) после физической нагрузки были статистически значимо выше в группе спортсменов, что указывает на более раннее наступление утомления у юношей с низкой физической подготовленностью в условиях нагрузки до отказа.

Таблица 1. Показатели кардиоэргоспирометрии у обследованных групп юношей после физической нагрузки ($М ± m$)

| Показатели | Обследованные группы | | P |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| | I (основная) n=58 | II (контроль) n=46 | |
| Время нагрузки, мин | 19,2±1,45 | 9,8±0,82 | <0,001 |
| МПК, абсолют., мл/мин | 3662±198,4 | 2198±172,5 | <0,001 |
| МПК, относительн., мл/мин/кг | 49,4±6,70 | 31,7±5,11 | 0,047 |
| МЕТ, у.е. | 18,4±2,63 | 11,3±1,87 | 0,039 |
| ЧСС макс, уд/мин | 196,8±7,37 | 187,5±6,40 | 0,357 |
| ЧСС пано, уд/мин | 178,6±5,52 | 160,5±6,84 | 0,041 |
| Уровень ПАНО, мл/мин/кг | 49,5±3,41 | 24,6±2,13 | 0,001 |
| Время работы на уровне ПАНО, мин | 6,9±9,1 | 3,4±0,57 | 0,001 |
| КП (МПК/ЧСС) мл/уд | 18,6±2,14 | 11,7±1,66 | 0,016 |
| САД, мм.рт.ст. | 179,6±13,70 | 159,8±11,65 | 0,278 |
| ДАД, мм.рт.ст. | 71,2±3,35 | 84,0±4,14 | 0,008 |

Биохимические показатели метаболической адаптации к физической нагрузке у юношей с различной физической подготовленностью в условиях северного региона. В последние годы в исследованиях для выявления уровня подготовки спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, широко используют набор различных биохимических параметров. Отбор тестов обусловлен своеобразием того или иного вида спорта и выражает адаптивные реакции организма, испытывающего влияние различных по объёму, интенсивности и направленности физических нагрузок (Бахарева и др., 2016; Блинова и др., 2019; Зайцева и др., 2019; Балберова и др. 2020; Головин, Айзман, 2022; Гришина и др., 2022). Использование биохимических маркеров позволяет получить информацию о состоянии функциональных систем организма как в условиях воздействия на него физических нагрузок, так и в период восстановления (Бойко и др., 2019; Раджабкадиев, 2019; Сивохин и др., 2020; Степанова и др., 2022; Lee et al., 2017; Cadegiani, Kater, 2019). После тестовой нагрузки происходило возрастание уровня лактата у всех юношей, причем наибольший прирост (в 6,2 раза) отмечен в основной группе, и он значимо отличался от такового в группе студентов-медиков (табл. 2, p=0,023). Средние значения содержания мочевины и мочевой кислоты в крови у обследуемых лиц не претерпевали достоверных изменений в ходе завершения стандартной тестируемой нагрузки. Так, концентрация мочевины и мочевой кислоты в крови у спортсменов после нагрузки увеличилась на 14,0% и 9,2%, а у представителей контрольной группы на 12,9% и 9,9% соответственно.

Таблица 2. Биохимические показатели метаболической адаптации у обследованных групп юношей после физической нагрузки (M±m)

| Показатели | Физиологически оптимальные значения | Обследованные группы | | P |
|---------------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------|-------|
| | | I (основная) n=58 | II (контроль) n=46 | |
| Лактат, ммоль/л | 0,5-2,2 | 9,39±0,72 | 4,18±0,57 | 0,007 |
| Мочевина, ммоль/л | 2,6-7,5 | 6,96±0,85 | 6,59±0,62 | 0,593 |
| Мочевая кислота, мкмоль/л | 210-410 | 386,2±27,4 | 347,6±23,7 | 0,303 |

| | | | | |
|---------------------------|-----------|------------|-------------|--------------|
| Лактатдегидрогеназа, Ед/л | 140-276 | 258,2±21,6 | 196,5±14,2 | 0,026 |
| Креатинин, мкмоль/л | 62-106 | 134,7±11,9 | 87,8±9,6 | 0,004 |
| Креатинфосфокиназа, Ед/л | 24-195 | 248,9±18,7 | 139,7±16,3 | 0,008 |
| АсАт, Ед/л | 0-37 | 35,71±2,92 | 29,82±2,23 | 0,130 |
| АлАт, Ед/л | 0-42 | 27,42±2,84 | 21,12 ±1,15 | 0,812 |
| Индекс де Ритиса, у.е. | 0,91-1,75 | 1,44±0,07 | 1,23±0,09 | 0,534 |
| Индекс КФК/АСТ, у.е. | 5,3-24 | 6,97±0,64 | 6,61±0,52 | 0,675 |
| Общий белок, г/л | 64-83 | 81,70±5,92 | 72,51±5,86 | 0,279 |
| Глюкоза, ммоль/л | 3,3-5,7 | 4,07±0,39 | 5,64±0,44 | 0,009 |
| ОХС, ммоль/л | 2,5-5,3 | 4,08±0,14 | 4,85±0,28 | 0,020 |
| ТГ, ммоль/л | 0,43-1,68 | 1,22±0,09 | 1,59±0,12 | 0,018 |

Следует отметить, что значения этих эндогенных метаболитов находились в диапазоне физиологически допустимых величин. Уровень внутриклеточного энзима лактатдегидрогеназы у юношей, не занимающихся спортом, после физической нагрузки увеличивался на 12,2%, в то время как у спортсменов на 67,3%, сравнительно с состоянием покоя и отличался между представителями обеих групп (табл. 2, $p=0,026$). Определение конечного продукта белкового метаболизма - креатинина показало, что его содержание увеличилось после интенсивной физической нагрузки у спортсменов на 40,1%, в то время как у нетренированных юношей на 10,8%, что указывало на формирование морфологической адаптации после продолжительных тренировок.

Активность ферментов общей КФК, АсАт, АлАт после осуществления нагрузочного теста претерпевала следующие изменения: у юношей, регулярно занимающихся циклическими видами спорта, увеличилась на 44,1%, 27,8%, 14,6% соответственно. У представителей контрольной группы, испытавших физическую нагрузку, отмечали прирост активности КФК на 24,3%, а трансаминаз АсАт и АлАт на 15,5% и 2,6% сравнительно с таковыми показателями в покое (табл. 2). Расчетные индексы (КФК/АсАт, АсАт/АлАт) у спортсменов после тестируемой нагрузки также превышали на 11,2% и 14% соответственно таковые, определяемые в состоянии покоя, в то время как у юношей контрольной группы они составляли 9,3% и 12%. Анализ данных показателей свидетельствует о том, что воздействие физической нагрузки, по-видимому, влечет за собой возрастание напряжения скелетной мускулатуры, о чем свидетельствует индекс КФК/АсАт. Заслуживает внимания тот факт, что превышение в крови общей КФК у спортсменов даже в период отсутствия нагрузки можно рассматривать как своеобразную особенность энергообеспечения в условиях Севера. Определение концентрации общего белка в крови позволило выявить его незначительное повышение на 9,2% у спортсменов и на 7,4% – у юношей контрольной группы после завершения мышечной нагрузки (табл. 2). Уровень энергетического субстрата - глюкозы в крови у спортсменов после интенсивной физической нагрузки снижался на 13,5% по сравнению с аналогичным показателем в покое и отличался от такового у представителей контрольной группы, которым было даже свойственно его повышение ($p=0,027$, табл. 2). Данные изменения

свидетельствуют о том, что кратковременная максимальная нагрузка вызывала снижение концентрации глюкозы в крови у спортсменов, вероятно, вследствие интенсивного использования глюкозы тканями организма, в то время как у нетренированных юношей обусловлено усиленным распадом гликогена печени.

Показатели липидного обмена также претерпевали специфические изменения у обследуемых лиц, а именно: уровень общего холестерина (ОХС) и триглицеридов (ТГ) у спортсменов после интенсивной нагрузки снизился на 21,3% и 24,5% соответственно при сопоставлении с таковыми показателями в состоянии покоя и значимо отличался от аналогичных показателей у юношей, не занимающихся спортом (табл. 2, $p=0,018$ - $0,020$). Не исключено, что подобное явление связано с усилением активности мышечной и жировой липопротеидлипазы. В контрольной группе наблюдалась совершенно противоположная картина: содержание ОХС и ТГ после стандартной нагрузки возрастало на 13,8% и 17,7% соответственно.

Таким образом, используемые нами биохимические показатели объективно отражают изменения различных функциональных систем, принимающих участие в энергообеспечении организма при обследуемых нагрузках, демонстрируют пределы адаптации и физиологические его резервы.

Изучение фактических рационов питания у обследуемых юношей. В условиях интенсивной физической нагрузки организм спортсмена нуждается в оптимальном поступлении макронутриентов с рационом питания для предоставления адекватного количества энергии (Денисова и др., 2018; Прохоров и др., 2019; Корогодина, 2020; Швецов, 2020; Макоева, 2021; Ткаченко, 2022; Bonfanti, Jimenez-Saiz, 2016; Forbes et al., 2020) и микронутриентами, дефицит которых может повлечь за собой нарушение функциональной деятельности органов и систем, что отразится на снижение работоспособности и выносливости (Калинина и др., 2018; Скальный и др., 2018; Książek et al., 2019; Beck et al., 2021).

Установлено достоверно большее потребление белков, жиров, углеводов ($p<0,001$), витаминов Е ($p=0,030$), D ($p=0,003$), С ($p=0,033$) и биоэлементов Mg ($p=0,036$), Se ($p=0,002$) на фоне общего более высокого поступления с пищей всех изучаемых биоэлементов в группе спортсменов сравнительно с группой студентов. При этом интересно было оценить потребление изучаемых нутриентов относительно физиологически оптимальных уровней потребления (ФП) в обследуемых группах, рассчитанных в зависимости от уровня физической активности (спортсмены – высокой, студенты – низкой). В группе спортсменов при оптимальном поступлении с пищей белков выявлен дефицит энергии (95,1% ФП) и углеводов (82,1% ФП) в сочетании с избыточным потреблением жиров (116,1% ФП). В группе студентов энергетическая ценность рационов и потребление макронутриентов соответствовали различному дефициту (66,4-84,8% ФП). Поступление микронутриентов в обеих группах, помимо витамина А и Fe у спортсменов, отличалось разной степенью недостаточности, особенно

Se (64,7% ФП у спортсменов и 37,3% ФП у студентов) и витамина D (50,7% ФП у спортсменов и 29,3% у студентов).

Таким образом, анализ фактических рационов питания юношей г. Ханты-Мансийска незначительный дефицит энергии на фоне оптимального потребления белков, избыточного – жиров и недостаточного – углеводов в группе спортсменов и дефицит различной степени выраженности поступающих с продуктами питания энергии и всех макронутриентов в группе студентов. Помимо железа и витамина А, потребляемых спортсменами в избыточных количествах, все остальные биоэлементы и витамины поступали в организм обследованных лиц в недостаточных количествах, значимо больший дефицит которых был отмечен среди студентов медицинской академии.

Изучение элементного состава волос у юношей спортсменов и студентов медицинского вуза, проживающих в условиях Севера. Оптимальная концентрация и соотношение химических элементов в организме человека – одно из наиважнейших условий его адекватной жизнедеятельности и поддержания здоровья. Ряд биоэлементов входят в состав металлоферментов, тем самым обеспечивая их функционирование (Оберлиз и др., 2015; Скальный, 2018; Зайцева, 2019; Minich, 2022). С учетом прямой связи активности ферментов с функциональной деятельностью клеток, концентрация микроэлементов в организме человека сопряжена с уровнем физической активности (Скальный и др., 2018; 2023).

В таблице 3 представлена обеспеченность биоэлементами организма юношей с различным уровнем физической подготовленности.

Таблица 3. Содержание химических элементов в волосах у юношей г. Ханты-Мансийска (мкг/г)

| Химический элемент | Юноши г. Ханты-Мансийска (n=104) | | | | p | |
|--------------------|----------------------------------|-------------|-----------------|-------------|--------------|--|
| | спортсмены (n=58) | | студенты (n=46) | | | |
| | Ме | 25↔75 | Ме | 25↔75 | | |
| Ca | 479 | 356,3↔984,6 | 344,3 | 245,9↔728,2 | 0,009 | |
| Mg | 69,5 | 49,7↔123,5 | 48,1 | 32,1↔93,8 | 0,147 | |
| Fe | 10,7 | 9,2↔12,4 | 7,9 | 6,4↔10,6 | 0,164 | |
| Se | 0,47 | 0,34↔0,96 | 0,75 | 0,41↔1,23 | 0,008 | |
| Zn | 186 | 125,8↔496,5 | 200,4 | 142,4↔589,1 | 0,327 | |
| Cu | 11,83 | 9,7↔18,6 | 12,42 | 10,1↔20,3 | 0,459 | |

У спортсменов обнаружено более высокое содержание Ca (p=0,009), Mg и Fe в сочетании с более низкими концентрациями биоэлементов, входящих в структуру ферментов антиоксидантной защиты человека: Se (p=0,008), Zn и Cu. Подобный дисбаланс биоэлементов свидетельствует о том, что происходит истощение ресурсов в антиоксидантной системе у спортсменов, которые расходуются на обезвреживание продуктов ПОЛ, образующихся при выполнении нагрузочных тестов.

Исследование показателей ПОЛ и АОС у юношей с различной физической подготовленностью.

Доказано, что интенсивная тренировочная деятельность спортсмена влияет на окислительно-восстановительное равновесие, вызывая его сдвиги в сторону преобладания интермедиаторов ПОЛ (Величко, 2015; Алиев, 2020; Еликов, Коростелёва, 2021; Powers et al., 2011; Gunina et al., 2021), что подтверждается результатами нашего исследования (табл. 4).

Таблица 4. Показатели перекисного окисления липидов и активности антиоксидантной системы у юношей ХМАО-Югры

| Показатель | Физиол. оптималь. значения | Юноши северного региона (n= 104) | | | | p | |
|--|----------------------------|----------------------------------|-----------|-----------------|-----------|--------------|--|
| | | спортсмены (n=58) | | студенты (n=46) | | | |
| | | M±σ | min↔max | M±σ | min↔max | | |
| Показатели перекисного окисления липидов (ПОЛ, мкмоль/л) | | | | | | | |
| ГПл, мкмоль/л | 225-450 | 453,7±31,8 | 382↔517 | 356,9±23,5 | 315↔402 | 0,021 | |
| МДА, мкмоль/л | 2,2-4,8 | 4,97±0,34 | 4,70↔5,16 | 3,85±0,31 | 3,16↔4,53 | 0,049 | |
| Показатели антиоксидантной системы (АОС) | | | | | | | |
| ОАА, ммоль/л | 0,5-2,0 | 0,58±0,04 | 0,49↔0,67 | 0,91±0,17 | 0,82↔1,01 | 0,039 | |
| ТС, мкмоль/л | 430-660 | 397,9±34,5 | 356↔445 | 512,6±42,2 | 476↔551 | 0,006 | |
| КОС, у.е. | 1,6-2,3 | 9,7±0,81 | 6,8↔12,7 | 2,9±0,32 | 2,4↔3,6 | 0,001 | |
| Вит. А, мкг/мл | 0,3-0,8 | 0,52±0,04 | 0,28↔0,77 | 0,36±0,02 | 0,31↔0,43 | 0,002 | |
| Вит. Е, мкг/мл | 5-18 | 4,6±0,22 | 3,6↔5,6 | 4,3±0,21 | 3,3↔5,3 | 0,475 | |
| Вит. D, нг/мл | 30-100 | 22,3±1,8 | 14,3↔32,2 | 15,6±1,2 | 10,2↔21,5 | 0,004 | |
| Вит.С, мкг/мл | 4-20 | 4,2±0,37 | 3,4↔5,1 | 3,8±0,29 | 2,9↔4,6 | 0,416 | |

Установлено, что у спортсменов показатели первичных (ГПл) и вторичных (МДА) продуктов ПОЛ были достоверно выше, а ОАА – ниже сравнительно с таковыми в группе студентов. При этом повышенный уровень параметров ПОЛ в группе спортсменов встречался в 2,7 (ГПл) и 2,5(МДА), а пониженные значения АОС – в 3,5 (ОАА) и 4,7 (ТС) раз чаще, чем в группе контроля. Важно отметить превышение средних показателей КОС относительно физиологической нормы в обеих группах юношей ХМАО-Югры, при этом у спортсменов этот показатель оказался выше аналогичного у студентов в 3,34 раза. Фактически завышенный показатель КОС был выявлен у 74,2% спортсменов и только у 13,1% студентов.

Вразрез с вышеописанными параметрами окислительного метаболизма идет выявленная концентрация витаминов-антиоксидантов в сыворотке крови: установлено превышение их содержания у юношей основной группы над группой контроля: витамина А в 1,44, Е в 1,1, D в 1,43 (p=0,004) и С в 1,1 раза (табл. 4). Это можно объяснить значимо лучшим питанием спортсменов и приемом витаминов в составе биологически активных добавок к пище.

Таким образом, изучение параметров ПОЛ/АОС у юношей ХМАО-Югры позволило установить дисбаланс в системе окислительного метаболизма у обследованных лиц обеих групп, но более выраженный характер был присущ спортсменам как результат расхода резервов антиоксидантной защиты в ответ на воздействие максимальных физических нагрузок.

С учетом непосредственного участия витаминов-антиоксидантов и биоэлементов, входящих с активный центр ферментов АОЗ, были изучены корреляционные связи между показателями ПОЛ/АОЗ и микронутриентами у спортсменов лыжников и биатлонистов северного региона. Установлена превентивная роль в антиоксидантной защите мембран клеток витаминов Е и С: в процессе обезвреживания активных форм кислорода α -токоферол утрачивает собственные антиоксидантные свойства, способные к восстановлению с участием витамина С (Ших и др., 2015). Но витамину Е отведена роль главного антиоксиданта клеточных мембран, который обладает более выраженными протективными свойствами, нежели витамин С (Канаровский и др., 2017; Кочнева, 2018; Бикбулатова и др., 2021; Корчин и др., 2021; Traber, 2014; Schmolz, 2016). Это характеризуется наличием обратных взаимосвязей между витамином Е и параметрами ПОЛ: ГПл \leftrightarrow витамин Е ($r = -0,648$), МДА \leftrightarrow витамин Е ($r = -0,509$). Исследованиями доказана эффективная синергическая связь между Se и витамином Е (Корчина и др., 2014; Minich, 2022), что подтверждено сильной прямой взаимосвязью: α -токоферол – Se: $r = 0,773$.

Репутация мощнейшего антиокислителя подтверждена и в нашем исследовании прямыми сильной и значительной взаимосвязями между Se \leftrightarrow ОАА – $r = 0,768$ и Se \leftrightarrow ТС – $r = 0,571$. И, в свою очередь, сильными корреляционными связями: витамин Е \leftrightarrow ОАА ($r = 0,749$) и витамин Е \leftrightarrow ТС ($r = 0,725$). Также были выявлены значимые обратные взаимосвязи между показателями ПОЛ в крови и содержанием Se волосах: Se \leftrightarrow ГПл ($r = -0,656$), Se \leftrightarrow МДА ($r = -0,473$).

Таким образом, выявленные в нашем исследовании значимые взаимосвязи между показателями окислительного метаболизма и микронутриентами указывают на снижение активности системы антиоксидантной защиты и активизацию окислительного стресса у юношей-спортсменов зимних видов спорта, проживающих на Севере, а также на возможность коррекции данных нарушений при помощи экзогенных антиоксидантов.

Исходя из зависимости физической работоспособности от параметров окислительно-восстановительного равновесия и физиологических показателей нами были изучены взаимосвязи между параметрами ПОЛ/АОЗ, с одной стороны, и показателями, характеризующими физическую работоспособность, с другой стороны. Установлены умеренные обратные взаимосвязи между показателем максимального потребления кислорода (МПК) и первичными и вторичными продуктами ПОЛ: МПК \leftrightarrow ГПл ($r = -0,547$); МПК \leftrightarrow МДА ($r = -0,522$, рис. 1). Выявлены еще более тесные взаимосвязи между параметрами, характеризующими окислительный стресс, и уровнем порога анаэробного обмена: ПАНО \leftrightarrow ГПл ($r = -0,734$); ПАНО \leftrightarrow МДА ($r = -0,706$).

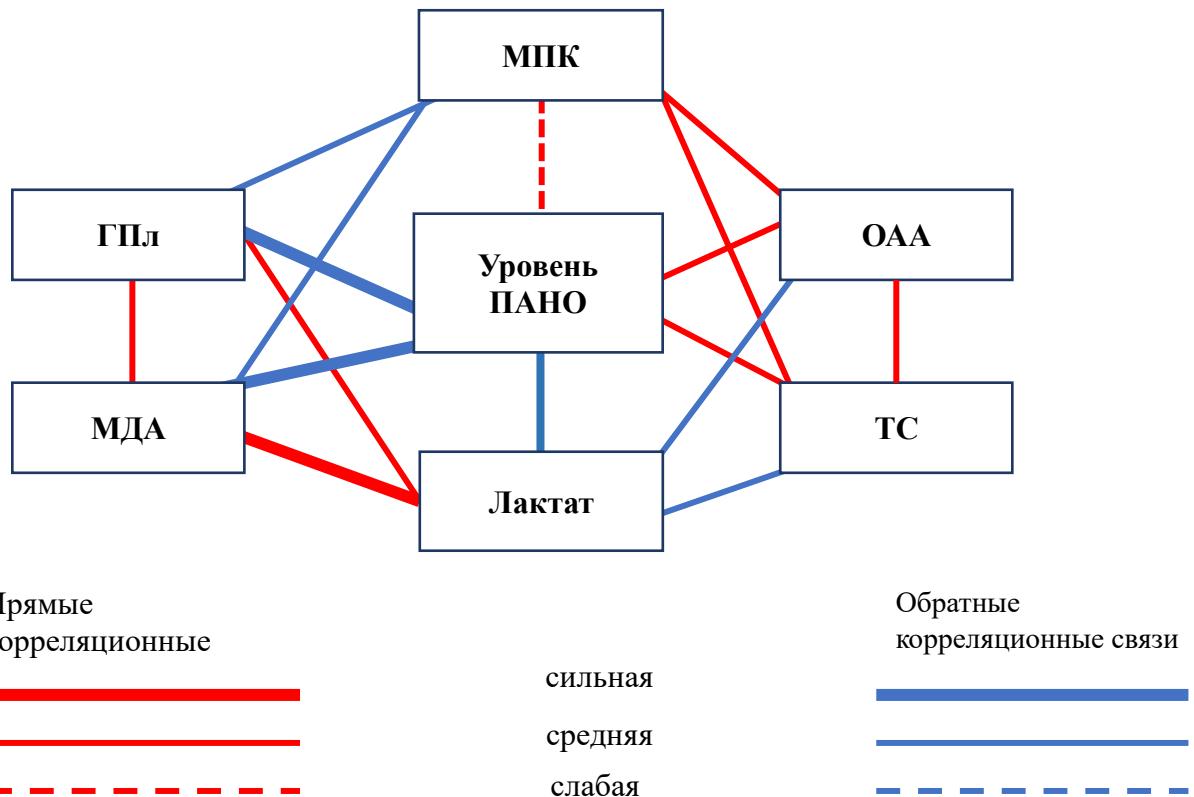


Рис. 1. Корреляционные связи между показателями окислительного метаболизма и физической работоспособностью.

Соответственно, сильные прямые взаимосвязи характеризовали уровень накопления лактата в крови и параметры ПОЛ: лактат \leftrightarrow ГПл ($r = 0,741$); лактат \leftrightarrow МДА ($r = 0,723$). Также установлены прямые значимые взаимосвязи между величинами, характеризующими антиоксидантную активность и параметрами физической работоспособности: МПК \leftrightarrow ОАА ($r = 0,609$); МПК \leftrightarrow ТС ($r = 0,518$); ПАНО \leftrightarrow ОАА ($r = 0,579$); ПАНО \leftrightarrow ТС ($r = 0,497$) в сочетании с обратной значительной взаимосвязью между накоплением молочной кислоты в мышцах и восстановительным компонентом антирадикальной защиты организма: лактат \leftrightarrow ОАА ($r = - 0,591$). Закономерными представляются установленные прямые значительные взаимосвязи между концентрацией лактата в крови (биохимический маркер физического утомления) и показателем порога анаэробного обмена: лактат \leftrightarrow ПАНО ($r = - 0,507$).

Таким образом, установленные значимые взаимосвязи между параметрами окислительного метаболизма и функциональными и биохимическими показателями физической работоспособности подтверждают активизацию ПОЛ при наращивании физической нагрузки.

Корrigирующее влияние ДГК на состояние окислительного метаболизма и параметры физической работоспособности у спортсменов.

Любая физическая нагрузка приводит к кратному росту потребления кислорода организмом человека, зависит от ее напряженности и продолжительности, а также сочетается с интенсификацией развития окислительных процессов в организме человека (Блинова и др., 2019; Грушин и др., 2019; Григорьева, 2020; Шлапакова и др., 2020; Bjørklund et al., 2017;

Clemente-Suárez et al., 2023; Sawada et al., 2023). Это способно отрицательно повлиять на функциональное состояние, рост спортивных результатов и спровоцировать состояние перетренированности (Корнякова, 2020).

Среди множества антиоксидантов, используемых в спортивной медицине (Потупчик и др., 2019), один из наилучших результатов получен после профилактического приема спортсменами дигидрокверцетина (ДГК, витамин Р, биофлавоноид) с целью снижения риска развития окислительного стресса (Харченко и др., 2016; Фомичев и др., 2017; Калинина и др., 2019; Potoroko et al., 2018). Этот флавоноид является антиоксидантом прямого действия, который нейтрализует свободные радикалы путем разрыва цепей окисления, активизирует ферменты АОС, восстанавливает антирадикальную активность сульфогидрильных соединений, витаминов С и Е, связывает металлы с переменной валентностью (Зверев, 2017; Бабенкова и др., 2018; Мартусевич и др., 2018; Миняйло и др., 2020). Экспериментально была доказана более высокая антиоксидантная активность ДГК по сравнению с витаминами-антиоксидантами (Зверев, 2017). Учитывая доказанный положительный эффект использования антиоксидантов для защиты организма от разрушительного воздействия свободных радикалов, обусловленных интенсивными физическими нагрузками, мы сочли целесообразным оценить корrigирующее влияние дигидрокверцетина на показатели физической работоспособности, окислительного метаболизма и содержание витаминов-антиоксидантов у юношей спортсменов в условиях нагрузочного тестирования. Установлено положительное влияние дигидрокверцетина на средние значения интегрального показателя физической работоспособности, а именно: значимое увеличение МПК как абсолютного, так и относительного на 22,3% и 28,1%, снижение ЧСС (макс.) на 12,4% и уровня лактата (в 1,4 раза) в крови. Заслуживает внимания тот факт, что профилактический прием дигидрокверцетина способствовал достоверному снижению (в 1,15 раза) первичных (гидроперекиси липидов – ГПл, $p=0,012$) и вторичных (продукты, реагирующие с 2-тиобарбитуровой кислотой – МДА, $p=0,021$) показателей ПОЛ в сочетании с увеличением показателей антиоксидантной системы защиты организма: ОАА ($p=0,006$) и ТС ($p=0,037$, рис.2). Тем не менее величина КОС хотя достоверно снизилась в 2,8 раза по сравнению с исходной, но все же в 1,5 раза оказалась больше верхнего предела физиологически оптимальных значений.

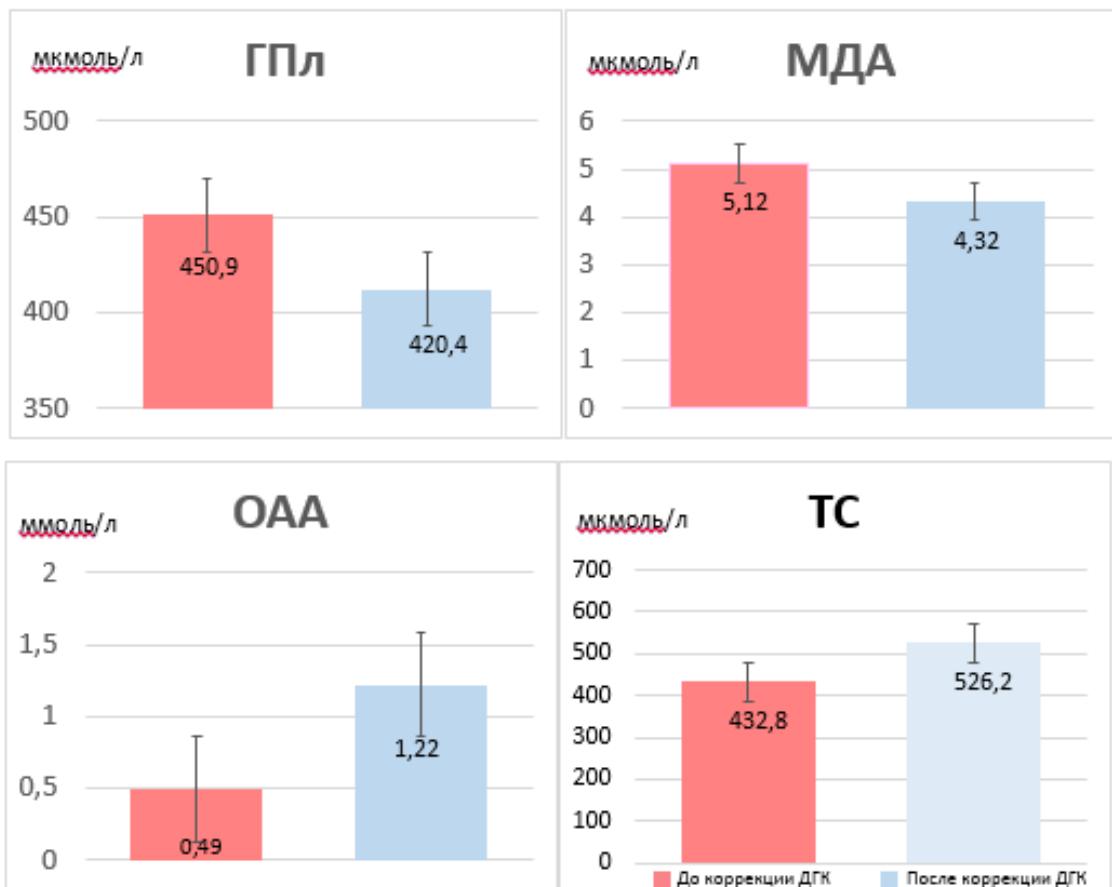


Рис. 2. Сравнительные показатели окислительного метаболизма до и после двухмесячного приема дигидрокверцетина юношами-спортсменами северного региона

Средний уровень витаминов-антиоксидантов значимо не изменился, хотя наблюдалась тенденция к незначительному его увеличению. Вероятно, это обусловлено тем, что прием ДГК способствовал не только прямому воздействию на уровень свободных радикалов, но и меньшему расходованию собственного резерва антиоксидантов на предотвращение сдвига равновесия в сторону прооксидантов.

Таким образом, метаболическая коррекция состояния системы ПОЛ/АОС при помощи дигидрокверцетина у юношей-спортсменов зимних видов спорта, проживающих и тренирующихся в северном регионе, привела к нормализации в системе ПОЛ/АОС: статистически значимому снижению показателей липопероксидации на фоне увеличения антиоксидантных параметров.

ВЫВОДЫ

1. У спортсменов (лыжные гонки, биатлон) уровень физической работоспособности повышается в условиях тренировочной нагрузки, что обусловлено возрастанием абсолютных значений максимального потребления кислорода в 1,7 раза ($p<0,001$), уровня порога анаэробного обмена в 2 раза ($p=0,001$) и кислородного пульса в 1,6 раза ($p=0,016$) при сравнении с аналогичными показателями у нетренированных юношей.

2. Сравнительный анализ биохимических показателей позволил выявить следующие изменения в метаболическом статусе у спортсменов, которые испытывали максимальные нагрузки: увеличение уровня лактата, лактатдегидрогеназы, креатинина, креатинфосфокиназы, на фоне снижения содержания глюкозы, общего холестерина и триглицеридов при сопоставлении с таковыми у нетренированных юношей ($p=0,007-0,027$).

3. Анализ фактического рациона питания юношей-спортсменов северного региона (ХМАО-ЮГра) позволил выявить несбалансированность по нутриентному составу, а именно: преобладание насыщенных жиров (на 16,1%), недостаточность углеводов (на 17,6%), эссенциальных химических элементов (Ca, Mg, Se, Zn) и витаминов-антиоксидантов (E, D, C) наряду с избыточной концентрацией Fe и витамина A. Рацион питания студентов медицинского вуза, имеющих низкую физическую подготовку, не согласуется с рекомендуемыми нормативами и отличается по своей энергетической ценности (80,5% от ФП), содержанию белков (66,4% от ФП), жиров (84,8% от ФП), углеводов (72,2% от ФП), потреблению витаминов (A, E, D, C) и концентрации химических элементов (Ca, Mg, Se, Zn, Fe) от нормативных показателей.

4. Установлена низкая обеспеченность организма по следующим витаминам: E (81%), D (94,8%), C (43,1%) у юношей-спортсменов, в то время как у студентов-медиков наблюдался более выраженный их дефицит, в частности, A (71,7%), C (73,9%), E (82,6%) и D (100%), что обусловлено влиянием факторов риска на организм (природно-климатические условия, несбалансированное питание, снижение ресурсов метаболической адаптации, формирование оксидативного стресса). Сравнительная оценка содержания биоэлементов в образцах волос позволила выявить их дисбаланс у всех обследуемых лиц, а именно: избыток Fe, умеренный дефицит Ca, Mg, Cu, Zn и Se, обусловленных особенностями рациона питания и физическими нагрузками.

5. У спортсменов определены критерии утомления в условиях выполнения максимальных физических нагрузок, которые указывают на развитие метаболических изменений, сопровождающихся значимым повышением (в 1,3 раза) в крови продуктов ПОЛ ($p=0,021-0,049$) и снижением уровня общей антиоксидантной активности и тиолового статуса в 1,6 и 1,3 раза соответственно ($p=0,039-0,006$).

6. Установлено, что пероральный прием дигидрокверцетина в дозе 120 мг/сутки спортсменами в течение двух месяцев приводил к возрастанию уровня ОАА и ТС в 2,5 и 1,2 раза соответственно, а также к уменьшению в 3,4 раза интегрального показателя КОС, что демонстрирует целесообразность его использования для профилактики нарушений состояния окислительного гомеостаза.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Всем спортсменам, занимающимся циклическими видами спорта (лыжные гонки, биатлон), следует оптимизировать рацион питания (особенно в условиях северного региона), определять содержание витаминов-

антиоксидантов и биоэлементов, а также состояние антиоксидантного статуса при проведении углубленного медицинского обследования.

2. С целью повышения адаптационных возможностей организма, подвергающегося интенсивным физическим нагрузкам, а также для повышения выносливости и предотвращении преждевременного утомления рекомендуется проводить профилактические мероприятия, направленные на восполнение дефицита витаминов-антиоксидантов и коррекцию дисбаланса микроэлементов с использованием сбалансированного по нутриентам адекватного питания и БАДов.

3. При выявленном нарушении окислительного метаболизма, сопровождающегося избыточном накоплением агрессивных продуктов ПОЛ и снижением активности системы АОЗ, необходимо осуществлять коррекцию природными антиоксидантами, в частности, флавоноидом - дигидрокверцетином в дозе 120 мг ежедневно на протяжении не менее двух месяцев.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК:

1. Терникова Е.М., **Федорова Е.П.**, Лапенко В.В., Корчина Т.Я., Корчин В.И., Нехорошева А.В., Нехорошев С.В. Опыт использования дигидрокверцетина в метаболической коррекции у населения урбанизированного Севера // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 1(115). – С. 118-123.
2. **Федорова Е.П.** Характеристика поступления нутриентов с пищей у юношей студентов Ханты-Мансийской государственной медицинской академии // Медицинская наука и образование Урала. – 2022. – № 4. – С.112-116.
3. **Федорова Е.П.**, Миняйло Л.А., Корчина Т.Я., Корчин В.И. Оценка поступления микронутриентов с пищей у спортсменов циклических видов спорта, проживающих на Севере // Вопросы диетологии. – 2023. – Т. 13, №1. – С. 5–10.
4. Корчина Т.Я., **Федорова Е.П.**, Корчин В.И., Миняйло Л.А. Сравнительная оценка обеспеченности микронутриентами с антиоксидантным спектром действия у юношей северного региона с различным уровнем двигательной активности // Микроэлементы в медицине. – 2023. – Т. 24, Вып.1. – С. 30-38.
5. Корчин В.И., **Федорова Е.П.**, Корчина Т.Я., Нехорошева А.В., Нехорошев С.В. Корrigирующее влияние дигидрокверцетина на состояние окислительного метаболизма у юношей-спортсменов зимних видов спорта в условиях северного региона // Экология человека. – 2023. – Т. 30, №5. – С. 341-352.
6. Корчин В.И. **Федорова Е.П.**, Корчина Т.Я., А.В. Ратиев Сравнительная оценка показателей кислородтранспортной системы крови и метаболической адаптации у юношей с разной физической активностью, проживающих на территории урбанизированного Севера // Человек. Спорт. Медицина. – 2024. – Т. – 24, № 2. – С. 41–50.

7. Корчин В.И., **Федорова Е.П.**, Корчина Т.Я. Оценка состояния окислительного метаболизма у юношей-спортсменов зимних видов спорта, проживающих на Севере // Современные вопросы биомедицины. - 2024 – Т. 8, № 3. – С. 85-95.
8. **Федорова Е.П.**, Корчин В.И. Корчина Т.Я. Влияние флавоноида дигидрокверцетина на состояние окислительного метаболизма у юношей спортсменов, тренирующихся в условиях Севера // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2024. – Т. 10 (76), № 2. – С. 213–222.
9. Корчина Т.Я., Корчин В.И., **Федорова Е.П.**, Дьячков В.В. и др. Обеспеченность витамином D населения г. Ханты-Мансийска // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т.12, № 4. – С. 466-474.

Иные издания:

10. **Федорова Е.П.** Роль микронутриентов в формировании метаболической адаптации у профессиональных спортсменов на Севере // Научный медицинский вестник Югры. – 2021. - № 4 (30). – С. 21-29.
11. **Федорова Е.П.**, Степанов А.С., Дыдымов Н.А. Оценка обеспеченности витамином D юных спортсменов-биатлонистов и студентов медицинского вуза, постоянно проживающих на территории северного региона (ХМАО-Югра) // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Спортивная медицина и реабилитация: традиции, опыт и инновации», 29 апреля 2022 г., г. Краснодар. – С. 271-276.
12. **Фёдорова Е.П.**, Корчин В.И. Физиологические особенности состояния окислительного метаболизма у юношей при различной физической нагрузке в условиях северного региона // Материалы Международного медицинского форума Донбасса «Наука побеждать болезнь», 5-16 декабря 2022, г. Донецк. – С. 358-359.
13. **Федорова Е.П.** Показатели содержания витаминов-антиоксидантов в сыворотке крови у юношей-студентов Ханты-Мансийской государственной медицинской академии // Научный медицинский вестник Югры. – 2022. - № 4 (34). – С. 55-57.
14. Дыдымов Н.А., Степанов А.С., **Федорова Е.П.** Оценка состояния базового метаболизма у спортсменов циклических видов спорта в зимний предсоревновательный период на Севере // Научный медицинский вестник Югры. – 2022. – №2 (32). – С. 144-146.
15. **Федорова Е.П.** И.А. Евдокимова, М.Т. Бегова Сравнительная обеспеченность витаминами А, Е, С юных спортсменов-биатлонистов и студентов медицинского вуза, постоянно проживающих на территории северного региона (ХМАО-Югра) // Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Здоровый образ жизни и охрана здоровья», Сургут, 14–15 октября 2022 года. – С. 92-93.
16. Степанов А.С., Койносов А.П., Дыдымов Н.А., **Федорова Е.П.**, Губина А.Е., Мусабаев К.Ж. Динамика показателей работоспособности спортсменов-лыжников и биатлонистов Среднего Приобья в процессе сезонной адаптации // В книге: Физиология экстремальных состояний. Сборник тезисов

- национальной конференции имени заслуженного деятеля науки Российской Федерации, доктора биологических наук, профессора А. П. Кузнецова. Курган.: Изд-во Курганского государственного университета, 2023. – С. 54-55.
17. Степанов А.С., Дыдымов Н.А., Койносов А.П., **Федорова Е.П.**, Губина А.Е. Специфика показателей работоспособности спортсменов-лыжников и биатлонистов Среднего Приобья в процессе сезонной адаптации //Материалы X международного конгресса «Безопасный спорт-2023. Перетренированность в спорте. Междисциплинарный подход». — СПб.: Изд-во ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2023. — С. 491-495.
18. **Федорова Е.П.** Физиологические особенности окислительного метаболизма у юношей - спортсменов, тренирующихся в условиях северного региона. – Сборник материалов Всесоюзной научно-практической конференции «Актуальные вопросы физиологической адаптации человека на Севере». Магадан, 7-11 октября 2024 г. – С. 144-147.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АО - антиоксиданты; АОЗ - антиоксидантная защита; АОС - антиоксидантная система; АУП - адекватный уровень потребления; АФК - активные формы кислорода; ГПл - гидроперекиси липидов; КОС - коэффициент окислительного стресса; КП - кислородный пульс; МДА - малоновый диальдегид; МЕТ- метаболический эквивалент труда; МПК - максимальное потребление кислорода; ОАА - общая антиоксидантная активность; ПАНО-порог анаэробного обмена; ПОЛ - перекисное окисление липидов; СРО - свободно-радикальное окисление; ТС - тиоловый статус; ФП - физиологическая потребность.