

БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ  
«ХАНТЫ-МАНСИЙСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МЕДИЦИНСКАЯ  
АКАДЕМИЯ»

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**

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
Доктор медицинских наук, профессор  
Корчин Владимир Иванович

Ханты-Мансийск – 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....</b>	<b>4</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>ГЛАВА 1. Физиолого-биохимический контроль состояния организма юношей-спортсменов, испытывающих физическую нагрузку в условиях северного региона (обзор литературы) .....</b>	<b>12</b>
1.1. Влияние различных факторов на работоспособность спортсменов, подверженных физической нагрузке во время тренировок.....	12
1.2. Значение оптимального питания для спортсменов северного региона .....	15
1.3. Специфика метаболизма биоэлементов у лыжников и биатлонистов в условиях Севера.....	18
1.4. Действие интенсивной физической нагрузки на окислительно- антиоксидантное равновесие у спортсменов Севера .....	25
<b>ГЛАВА 2. Материалы и методы исследования .....</b>	<b>35</b>
<b>ГЛАВА 3. Изучение физической работоспособности, адаптивной реакции, нутриентного и окислительно-антиоксидантного статуса у юношей с различной физической подготовленностью в северном регионе .....</b>	<b>41</b>
3.1. Оценка толерантности системы кровообращения и дыхания к физической нагрузке у тренированных и нетренированных юношей при проведении нагрузочного тредмилтестирования .....	41
3.2. Биохимические параметры метаболической адаптации к физической нагрузке у лыжников и биатлонистов, тренирующихся на Севере....	44
3.3. Характеристика нутриентного статуса у обследуемых юношей северного региона .....	47
3.4. Особенности элементного статуса у юношей с различным уровнем двигательной активности, проживающих на Севере.....	54
3.5. Состояние процессов свободно-радикального окисления и	

антиоксидантной системы у юношей с различной физической подготовленностью .....	58
<b>4. Комплексная оценка функции кардиореспираторной системы, нутриентного и элементного статуса и параметров окислительного метаболизма у юношей-спортсменов ХМАО-Югры.....</b>	<b>63</b>
4.1. Особенности кардиореспираторной системы, метаболического статуса у юношей спортсменов, тренирующихся в условиях Севера..	63
4.2. Оценка фактических рационов питания у обследуемых лиц, проживающих в северном регионе.....	72
4.3. Анализ элементного статуса у юношей северного региона с различным уровнем физической активности.....	86
4.4. Взаимосвязи между параметрами окислительно-антиоксидантного баланса, элементным статусом и работоспособностью у лыжников и биатлонистов Ханты-Мансийского автономного округа.....	91
4.5. Коррекция дигидрокверцетином окислительно-антиоксидантного баланса и параметров выносливости у лыжников и биатлонистов северного региона.....	96
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>108</b>
<b>ВЫВОДЫ .....</b>	<b>115</b>
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....</b>	<b>117</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>118</b>

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АОС	- антиоксидантная система
АУП	- адекватный уровень потребления
АФК	- активные формы кислорода
ГПл	- гидроперекиси липидов
КОС	- коэффициент окислительного стресса
КП	- кислородный пульс
КФК	- крaтинфосфокиназа
МДА	- малоновый диальдегид
МЕТ	- метаболический эквивалент
МПК	- максимальное потребление кислорода
ПАНО	- порог анаэробного обмена
ПОЛ	- перекисное окисление липидов
ОАА	- общая антиоксидантная активность
ПОЛ	- перекисное окисление липидов
ТС	- тиоловый статус
ФП	- физиологическая потребность
ХМАО	- Ханты-Мансийский автономный округ

## ВВЕДЕНИЕ

**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 психо-эмоционального напряжения, которые могут способствовать срыву метаболической адаптации к чрезмерным спортивным нагрузкам (Герасименко, Позняковский, Челнакова, 2017; Денисова, Березуцкая, 2017; Гизатулин, Мутаева, Мутаев, 2019; Нагорнев и др., 2019; Прохоров, Путилин, Фролов, 2019; Ширковец, Митусова, Титлов, 2020; Малеев, 2021; Кобелькова, Коростелева, Никитюк, 2022). Установлено, что в условиях урбанизированного Севера наблюдаются отклонения в функционировании организма, обусловленные разбалансированным пищевым рационом, дисбалансом в системе прооксиданты/антиоксиданты, преобразованиями в состоянии витаминно-элементного статуса (Корчина, Корчин, 2014; Никифорова, Карапетян, Доршакова, 2018; Скальный, Зайцева, Тиньков, 2018; Бойко и др., 2019; Лямина, 2019; Стародед, Майдан, Цветков, 2020; Гилеп и др., 2021; Pialoux et al., 2009; Canals-Garzon et al., 2022). В исследованиях ряда авторов было продемонстрировано влияние физических нагрузок на содержание витаминов и биоэлементов в организме высококвалифицированных спортсменов, дефицит которых способствовал формированию дезадаптации, развитию преждевременного утомления и создавал препятствия для достижения высоких результатов в подготовительном периоде к ответственным соревнованиям (Коденцова,

Вржесинская, Мазо, 2013; Калинин и др., 2014; Величко, 2015; Львовская, Буторина, Унжаков, 2015; Рахманов, Чумаков, Блинова, 2015; Гунина, 2016; Горбачев, 2018; Гунина, Дмитриев, 2018; Блинова, Страхова, Колесов, 2019; Грушин и др., 2019; Зайцева, 2019; Алиев, 2020; Корнякова, Балтиева, Конвай, 2020; Скальный, 2020; Еликов, Коростелева, 2021; Головин, Айзман, 2022; Minoz et al., 2017; Beck, von Hurst, O'Brien, 2021). В последние годы в спортивной медицине предлагается множество различных мероприятий, рекомендаций, ориентированных на восстановительный процесс у спортсменов, однако данная проблема изыскания новых более совершенных способов восстановления продолжает оставаться актуальной и нуждается в дальнейших исследованиях (Бахарева, Исаев, Савиных, 2016; Корнякова, Ашвиц, Муратов, 2016; Алиев и др., 2017; Еликов, Галстян, 2017; Быков, 2018; Григорьева, 2020; Шераш, Будко, 2020; Исаев и др., 2021; Галкина и др., 2022; Кулемзина, Криволап, Красножин, 2022). Стала очевидной необходимость донозологической диагностики, направленной на установление степени влияния физической нагрузки на работоспособность и восстановление у спортсменов. В течение тренировочного процесса необходимо контролировать состояние функциональных систем организма спортсменов, подвергающегося мощным физическим нагрузкам, в частности, выявлять ранние признаки дезадаптации, развитие состояния преждевременного утомления, перетренированности и снижение периода восстановления (Быков, 2018; Гарнов и др., 2018; Дикунец и др., 2019; Бичев, 2020; Никулина, 2020; Андриянова, 2022; Сарайкин и др., 2022; Lee, Fragala, Kavouzas, 2017). Для реализация этого важнейшего направления в спорте высоких достижений требуется тщательный отбор корректирующих средств, прежде всего растительного происхождения, которые бы с одной стороны устраняли факторы риска, снижающие физическую работоспособность (особенно в условиях Севера), а с другой - поддерживали процессы энергообеспечения мышечной деятельности (Вировец, 2009; Коденцова, Вржесинская, 2013; Митчел, Лин, Аквароне, 2014; Симонова и др., 2014;

Харченко, Дмитриев, 2016; Яшин, Веденин, Яшин, 2016; Мойсеёнок и др., 2017; Самбукова и др., 2017; Калинина и др., 2018-2019; Мартусевич, Карузин, Самойлов, 2018; Бонько, Ницина, 2019; Намазов, Шамрай, Намазов, 2019; Штерман и др., 2019; Коростелёва, Кобелькова, Ханферьян, 2020; Пушкина, 2020; Мартусевич, Карузин, 2021; Gomez-Cabrera et al., 2009; Dias, Pinto, Silva, 2021; Clemente-Suarez et al., 2023). Исходя из этого, изучение состояния метаболического профиля, фактического питания, витаминного и элементного статуса у молодых людей, стремящихся к спортивным достижениям, определение их изменений в условиях продолжительных тренировок, а также разработка научно обоснованных корректирующих мероприятий, направленных на предотвращение развития дезадаптационных расстройств, является актуальной проблемой и может быть отнесено к приоритетным фундаментальным медико-биологическим исследованиям, проводимым в северных регионах.

**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 E, 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 (60 дней) спортсменами дигидрокверцетина в дозе 120 мг/сутки статистически значимо уменьшался коэффициент окислительного стресса, 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 параметры физической работоспособности, выносливости и окислительно-антиоксидантного баланса. Длительный прием



дигидрокверцетина стабилизировал окислительно-антиоксидантный баланс, обеспечил повышение выносливости, что позволило использовать его в виде препарата как для наращивания работоспособности и выносливости, так и для их 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, возможно достигнуть применением антиоксиданта дигидрокверцетина.

**Легитимность исследования** подтверждена независимым локальным этическим комитетом Ханты-Мансийской государственной медицинской академии в соответствии с основополагающими этическими принципами Хельсинской декларации (протокол № 158 от 18.11. 2020 г.) с предоставлением, подписанного обследуемыми лицами, добровольного информированного согласия. Диссертационная работа отвечает следующим пунктам паспорта специальности 1.5.5 - "Физиология человека и животных":

- п. 2. Анализ механизмов нервной и гуморальной регуляции, генетических, молекулярных, биохимических процессов, определяющих динамику и взаимодействие физиологических функций;
- п. 6. Закономерности функционирования основных систем организма при различных состояниях организма.
- п. 8. 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.

**Достоверность и обоснованность результатов**, полученных в ходе выполнения комплексного исследования, определяется корректной постановкой задач, адекватным выбором современных методов для их реализации, использования соответствующих способов статистической обработки данных.

**Апробация работы.** Фрагменты 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); XXX Всероссийская конференция молодых ученых с международным участием «Актуальные проблемы биомедицины – 2024», 21-22 марта 2024г., г. Санкт-Петербург; Междисциплинарная конференция "Научно-практические вопросы спортивной медицины" 28-29 марта 2024 г., г. Ханты-Мансийск; 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 лыжников и биатлонистов в АПОУ ХМАО-Югры «Югорский колледж-интернат олимпийского резерва» г. Ханты-Мансийска (акт внедрения от 12.06. 2024 г). Материалы диссертации были включены в разработку двух элективных курсов для аспирантов БУ "Ханты-Мансийская государственная медицинская академия" по направлению подготовки 30.06.01 - фундаментальная медицина, а именно: "Витамины и микроэлементы на страже здоровья", "Адаптация человека на Севере" (акт внедрения № 932 от 13.06. 2024 г).

**Личное участие автора.** Соискатель лично разработал план и дизайн исследования, провел анкетирование и оценку пищевых рационов у находящихся под наблюдением лиц, при содействии спортивного врача было проведено тредмил-тестирование и оценены его результаты. Автор выполнил обзор литературных источников по теме диссертации, написал научные статьи, разработал основные положения, выводы и оформил диссертационную работу.

**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.

## ГЛАВА 1

### **ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЮНОШЕЙ СПОРТСМЕНОВ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА**

#### **1.1. Влияние различных факторов на работоспособность спортсменов, подверженных физической нагрузке во время тренировок**

Процесс тренировки предусматривает развитие долговременной адаптации функциональных систем организма к воздействию интенсивных физических нагрузок. Вместе с тем повышение нагрузки может со временем способствовать истощению адаптационных ресурсов организма на действие силового фактора и ослаблению реакции на физическую нагрузку (Балберова, Быков, Чипышев, 2020; Ширковец, Митусова, Титлов, 2020; Кобелькова, Коростелёва, Никитюк, 2022; Андриянова, 2022; Beck, von Hurst, O'Brien, 2021). Существуют различные методы и средства, которые могут повлиять на расширение адаптационных способностей у спортсменов в тренировочном цикле. Так, ряд авторов использовали методику дыхательной гипоксии (искусственно вызванной), которая обеспечивала заметный подъем как аэробной, так и анаэробной продуктивной работоспособности и способствовала улучшению спортивных достижений (Любимов и др., 2018; Бонько, Ницина, 2019).

Не вызывает сомнений важность развития технического мастерства спортсменов в сочетании с повышением общей физической работоспособности и выносливости. Известно, что физическая работоспособность обусловлена возможностью человека совершать заданную работу, которая требует наименьшие физиологические затраты и демонстрирует наивысшие результаты (Спасский и др., 2019). Рассматривают две её разновидности: общую и специальную. Под первой подразумевают, прежде всего, выносливость, которая является своеобразным плацдармом для добротного развития специальной работоспособности. Специальной

физической работоспособности свойственны такие элементы физического воспитания как состояние адаптационных возможностей соответствующих функциональных систем, избирательно влияющих на достижение результата в циклических видах спорта и развитие физических качеств. Для того чтобы судить о физической работоспособности следует оценить физические возможности спортсмена, принимая во внимание комплекс показателей, характеризующих его функциональное состояние органов и систем, эмоциональный статус, тип высшей нервной деятельности.

В ходе выполнения тренировочных упражнений необходим контроль за соответствующими изменениями со стороны физиологических систем спортсмена на действие физических нагрузок, показатели которых предоставят возможность оценить не только уровень и динамику физической работоспособности, но и степень утомления (Корнякова, Бадтиева, Конвай, 2020; Дикунец и др., 2022). Это может служить сигналом для анализа создавшейся ситуации и внедрения комплекса мероприятий, направленных на систему восстановления организма и формирование выносливости (Салова, 2018). В ходе воздействия физической нагрузки в организме спортсмена формируются как адаптационные, так и восстановительные реакции. Развитие устойчивости организма к интенсивным нагрузкам находится в зависимости от течения процесса восстановления, а именно: при быстротечном - создаются условия для увеличения не только объема и интенсивности, но и частоты спортивных занятий. В то же время при неполном восстановлении и той же физической нагрузке неминуемо развивается переутомление, обусловленное срывом адаптации. В организме спортсмена, испытывающего в течение тренировочного занятия максимальные нагрузки, восстановительные процессы формируются неустойчиво, в частности, наибольшая их интенсивность обнаруживается сразу после завершения работы. Рациональное применение средств, направленных на восстановление физической работоспособности, оправдано при реализации таких задач как выявление ведущего компонента

функциональной системы организма, испытывающего большую часть нагрузки и ограничивающего работоспособность (Балберова, Быков, Чипышев, 2020). Наряду с этим необходимо учитывать возможную неустойчивость прохождения восстановительных процессов в условиях действия максимальной нагрузки.

Выделяют следующие факторы, которые обуславливают использование различных средств и методов по восстановлению физической работоспособности: характер, объём и интенсивность применяемых нагрузок влияет на достижение эффекта от использования тех или иных средств восстановления; поиск оптимального сочетания различных средств будет способствовать наибольшей эффективности реабилитации; увеличение адаптационных возможностей функциональных систем организма находится в зависимости от выбранной тактики и очередности использования средств восстановления (Корнякова, Ашвиц, Муратов, 2016; Коденцова и др., 2018). Необходимо также указать на то, что включение комплекса средств, обеспечивающих своевременное восстановление организма, способствует не только повышению уровня развития физической подготовки, но и преодолению чрезмерных нагрузок, а также предотвращению спортивного травматизма (Солопов, 2019).

Реабилитация спортсменов включает в себя как использование коррекции физических нагрузок, так и профилактические мероприятия, направленных на оптимизацию функционального состояния организма. С этой целью используют следующие методы: соблюдение режима труда и отдыха, организация сбалансированного питания, приём биологически активных добавок (БАДы), физиотерапевтические процедуры, психологическая релаксация и др., которые препятствуют накоплению утомления (Вировец, 2009; Коденцова, Вржесинская, 2013; Гунина, 2016; Калинина и др., 2018; Бонько, Ницина, 2020; Габитов, Цибизова, Ясеновская, 2020; Григорьева, 2020; Коростелёва, Кобелькова, Ханферьян, 2020). В настоящее время предлагается множество различных рекомендаций,

ориентированных на восстановительный процесс у спортсменов, однако данная проблема изыскания новых более совершенных способов восстановления продолжает оставаться актуальной и ещё нуждается в дальнейших исследованиях.

## **1.2. Значение оптимального питания для спортсменов северного региона**

Питание в максимальной степени влияет на состояние здоровья населения, будучи одним из наиболее постоянных и мощных факторов окружающей среды. Здоровое, рациональное, сбалансированное питание – определяющий фактор физического, психического, социального развития индивида, а также залог долговременной активной жизни, его энергичности и трудоспособности. Высокий уровень адаптивности детерминирован оптимальным количественным и качественным питанием с необходимым набором белков, жиров, углеводов, витаминов и биоэлементов (Орджоникидзе, Громова, Скальный, 2014; Коденцова, Рисник, 2020; Корогодина, 2020). Именно эти условия обеспечивают эффективное функционирование всех органов и систем организма человека (Блинова и др., 2018; Козлов, Вершубская, 2019; Быков, Балберова, Чипышев, Сидоркина, 2020). Немаловажное значение имеют оптимальные соотношения потребляемых человеком химических элементов (Скальный, 2020).

Степень достаточности для человеческого организма поступающих с пищевыми продуктами макро – и микронутриентов оказывает значительное воздействие на его метаболизм (Орджоникидзе, Громова, Скальный, 2014; Жолдакова и др., 2021).

Доказана связь более половины всех заболеваний с нарушениями в питании (Горбаткова, Зулькарнаев, Ахмадуллин, 2019; Раджабкадиев, Вржесинская, Коденцова, 2019; Раджабкадиев, Тимонин, Кобелькова, 2019; Ширковец, Митусова, Титлов, 2020). Последние десятилетия ознаменовались явно выраженным недостатком потребления микронутриентов (витаминов и жизненно необходимых химических элементов) большей частью населения

всех стран мира. В.М. Коденцова и соавт. (2017) сформулировали понятие о метаболической сети витаминов, исходя из которого физиолого-биохимические процессы, зависящие от витаминов, связаны между собой. Так как преобразование, потребленного с пищевыми продуктами, витамина в собственную активную форму протекает с участием ферментов, физиологическая активность которых, соответственно, находится в зависимости от оптимальной обеспеченности другими витаминами и/или биоэлементами (Тутельян и соавт, 2020).

На сегодняшний день витамины рассматриваются не только с позиции их жизненной важности с учетом выполняемых ими непосредственных специфических функций, но и с позиции сопряженной с ними многообразной физиолого-биохимической деятельности (Корчина, Корчин, 2014; Громова, Торшин, 2017; Котляр и др., 2019).

Ученые пришли в единому мнению о существовании многочисленной витаминной и биоэлементной недостаточности у современных жителей во многих странах мира (Коденцова, Вржесинская, 2013; Коденцова и др., 2018; Никифорова, Карапетян, Доршакова, 2018; Коденцова, Рисник, 2020; Скальный, 2020). Дефицит микронутриентов в рационе питания является насущной проблемой для населения многих стран мира, что обусловлено уменьшением расходов энергетических субстратов и соответствующим снижением поступления в организм человека объема пищи. Увеличение в пищевых рационах консервированных и подвергнутых глубокой переработке продуктов в сочетании с резко изменившимся образом жизни, привели к существенным изменениям в питании у большинства людей во всех странах мира, в том числе и в нашей стране. Помимо этого, в современных условиях пищевой рацион большей части современного населения характеризуется утратой разнообразия и сведен к стандартизированному набору продуктов питания. Известно, что непрерывные физические упражнения приводят к тому, что спортсмен вынужден поддерживать неустойчивый баланс между



потреблением пищи, расходом энергии и дополнительными требованиями высокой физической активности.

Таким образом, точная оценка состояния питания необходима для оптимизации результатов, поскольку она влияет на здоровье, состав тела и восстановление спортсмена. Следует учитывать конкретные аспекты, такие как вид спорта, специальность или игровая позиция, расписание тренировок и календарь соревнований, реальные цели, которые отличаются от общих. Биохимическая оценка также будет способствовать приобретению общего представления о состоянии питания, липидном профиле, функции печени или почек (при условии преобладания в диете белков или жиров), а также о возможном дефиците ряда питательных веществ и необходимости внесения в рацион пищевых добавок (Фомичев и др., 2017; Горбачев, 2018; Дмитриев, Гунина, 2018; Габитов, Цибизова, Ясеновская, 2020; Батулин, Шарафетдинов, Коденцова, 2022). В последние годы наблюдается рост потребления подвергнутых глубокой технологической переработке, рафинированных и консервированных пищевых продуктов, отличающихся высокой калорийностью, но включающих малое количество необходимых микронутриентов продуктов питания.

Недостаточное потребление жизненно необходимых химических элементов и витаминов негативно воздействует на способность организма сопротивляться неблагоприятным факторам внешней среды, что вызывает понижение адаптивных способностей человека и повышение риска формирования алиментарно-зависимых заболеваний (Скальный, 2018; Зайцева, 2019; Коденцова, Рисник, 2020; Хребтова и др., 2020; Заикина, Комлева, Микеров, 2021; Доронина, Кулага, 2022). Из этого закономерно вытекает снижение работоспособности у людей различных возрастных групп и ухудшение качества их жизни. Не вызывает сомнений важнейшая роль сбалансированного здорового питания при проживании в неблагоприятных условиях окружающей среды, в частности, в условиях Севера (Корчин, Лапенко, Макаева, 2015; Евдокимов, Бахматова, Сеницкая,

2019; Корчина, Сухарева, Корчин, 2019; Нагорнев и др., 2019; Бикбулатова, Корчин, Корчина, 2021). Доказан факт пониженной усвояемости витаминов и микроэлементов из пищи в условиях проживания на Севере (Корчина, Корчин, 2014; Нагорнев и др., 2019; Шаронов, Лопатин, Шаронов, 2019).

Рациональный подход к соблюдению сбалансированного питания, несомненно, может быть достигнут только при своевременной оценке физиолого-биохимических сведений о состоянии метаболических процессов, протекающих в организме спортсменов, ежедневно испытывающих интенсивную физическую нагрузку (Тутельян, 2012; Герасименко, Позняковский, Челнакова, 2017; Котляр и др., 2019; Ткаченко, 2022). Следует отметить о необходимости учета и ряда других факторов: антропометрические особенности индивида, формирование эмоционального напряжения, климатогеографические условия для осуществления тренировочного и соревновательного процессов.

Учитывая эти факты, структура питания спортсменов, проживающих и тренирующихся в местах северных территорий РФ, должна строго соответствовать нормативам, в которых предусмотрено увеличение микронутриентов на 15% (МР 2.3.1.0253-21). Одновременно с этим настоящие рекомендации по спортивному питанию с градациями по различным видам спорта расходятся с насущными требованиями, так как принимают во внимание только покрытие энергетических затрат и нуждаемость в основных макронутриентах.

Принимая во внимание эти сведения, спортсмены-северяне, подверженные во время тренировок и в период соревнований интенсивным физическим нагрузкам, нуждаются в оптимальном сбалансированном по микронутриентному составу питании с целью сохранения здоровья и повышения физической работоспособности.

### **1.3. Специфика метаболизма биоэлементов у лыжников и биатлонистов в условиях Севера**

Важнейшим условием обеспечения функционирования и сохранения здоровья человека является адекватный баланс жизненно важных химических элементов в организме человека, которые принимают участие в оптимальной работе всех его систем и органов. При этом то или иное влияние, вызывающее дисбаланс элементного гомеостаза, может способствовать появлению нарушений, способствующих формированию патологических состояний и заболеваний. Например, даже скрытая недостаточность жизненно важных микроэлементов в сочетании с избыточным накоплением токсичных химических элементов приводит к значительному снижению работоспособности, оказывая значимое воздействие на организм человека. Это имеет существенное значение для людей подверженных, в первую очередь, максимальным физическим нагрузкам (Гунина, Дмитриев, 2018; Скальный, Зайцева, Тиньков, 2018; Зайцева, 2019; Скальный, 2020; Батурин, Шарафетдинов, Коденцов, 2022).

Интенсивные тренировочные занятия способны оказать неоднозначное выраженное воздействие на метаболизм химических элементов в организме: систематическая физическая активность стимулирует обмен микроэлементов, что приводит к интенсификации метаболизма и общему оздоровлению организма (Зайцева, Березкина, Скальный, 2016; Скальный, Зайцева, Тиньков, 2018). Однако при этом чрезвычайно высокие физические нагрузки могут вызвать дисбаланс некоторых эссенциальных микроэлементов и привести к их дефициту, на фоне которого существенно возрастает риск повышенной аккумуляции токсичных химических элементов (Ромашов, Кашпарова, 2015; Скальный, 2020; Корнякова и др., 2023).

Ряд микроэлементов значимо влияют на функционирование организма, входя в структуру металлоферментов (Оберлиз, Харланд, Скальный, 2008; Скальный, 2018; Skalny et al., 2015; Kielczykowska, 2018). С учетом определяющей роли активности ферментов в реализации различных функций

организма, обеспеченность которого микроэлементами непосредственно сопряжена с уровнем физической активности (Скальный, 2020; Toro-Román et al., 2022).

В связи с этим очевидна обязательность постоянного мониторингирования метаболизма биоэлементов в организме спортсменов для повышения их работоспособности, выносливости и сохранения здоровья.

**Кальций (Ca)** важнейший биоэлемент для оптимальной деятельности опорно-двигательного аппарата, кардиоваскулярной, нервной, иммунной систем, кожи и пр. (Скальный, 2018; Батулин, Шарафетдинов, Коденцова, 2022; Rosanoff, Dai, Shapses, 2016). Из всего содержащегося в организме человека кальция, 99% концентрируется в костной ткани, выполняя структурную функцию и являясь его депо для поддержания внутри – и внеклеточных уровней элемента в организме (Громова, Торшин, 2017). Не связанный с костной тканью Ca составляет только 1% от общего количества и участвует в сокращении мышц, свертывании крови, передаче нервных импульсов и пр. (Громова, Торшин, 2017; Батулин, Шарафетдинов, Коденцова, 2022; Rall, 2022). Внутриклеточный  $\text{Ca}^{2+}$  играет важную роль как в координации возбуждения-сокращения скелетных мышц, так и возбуждения-транскрипции (Irving, 2017). Зависящие от активности изменения экспрессии мышечных генов в результате увеличения нагрузки (т.е. тренировки с отягощениями или выносливостью) или снижения активности (т.е. иммобилизации или травмы) тесно связаны с уровнем мышечного возбуждения (Santulli, Lewis, Marks, 2017).

Длительно существующий дефицит Ca способен вызвать нарушения в функционировании примерно 2000 ферментов, деструктивные изменения соединительной ткани и опорно-двигательного аппарата, увеличение содержания атерогенных фракций холестерина в крови, артериальную гипертензию, аритмии, формирование деминерализации зубов и развитие костно-суставных заболеваний (Корчина, Корчин, 2014; Громова, Торшин, 2017; Батулин, Шарафетдинов, Коденцова, 2022). Кальций конкурентно

борется с токсичными химическими элементами в организме (Корчина, Корчин, 2014). Физиологически кальций тесно связан с магнием и проявляет синергический эффект.

**Магний (Mg)** является жизненно важным внутриклеточным элементом, который в качестве кофактора принимает участие более чем в 300 ферментативных системах, обеспечивающих обмен углеводов, липидов, белков и нуклеиновых кислот (Керимов, Алиева, 2016).

Установлена обратная связь между обеспечением организма Mg и заболеваниями кардиоваскулярной системы, внезапной коронарной смертью, ишемическим инсультом, сахарным диабетом, ожирением и метаболическим синдромом (Майлян, Коломиец, 2017; Kim et al., 2010). Протективный эффект Mg проявляется в снижении восприимчивости к окислительному стрессу, противовоспалительном эффекте, улучшении эндотелиальной функции, сосудорасширяющем эффекте, стимуляции ангиогенеза, улучшении липидного спектра сыворотки крови, снижении агрегации тромбоцитов и другими механизмами (Grober, Schmidt, Kisters, 2015).

Доказано участие витамина D в стимулировании абсорбции Mg (Громова, Торшин, 2017). Одновременно с этим Mg участвует в обеспечении транспорта данного витамина, что является свидетельством взаимосвязи дефицита Mg и витамина D (Dai et al., 2018).

**Железо (Fe).** Основной биологической функцией Fe является участие в окислительно-восстановительных реакциях за счет его переменной валентности:  $\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$  (Лукина, Деженкова, 2015; Скальный, 2018). При этом излишнее накопление Fe в организме активизирует выработку свободных радикалов за счет ускорения окислительно-восстановительных реакций с образованием свободных радикалов, что влечет за собой развитие оксидативного стресса (Kawabata, 2022).

Установлено, что около 95% активного в функциональном плане Fe в организме человека находится в виде гема, который при соединении с белками (глобинами) образует важнейшие биологические соединения для

человека: гемоглобин и миоглобин, которые участвуют в транспорте и депонировании кислорода (Шамов, Гасанова, 2016; Abbaspour, 2020; Dixit et al., 2021). Для метаболизма Fe характерно отсутствие механизмов действенного его удаления из организма человека, которое протекает инертно благодаря слущиванию кожного и кишечного эпителия, выделению с мочой, потом, кровью и физиологически не регулирующемуся (Оберлис и др., 2008; Шамов, Гасанова, 2016; Venkataramani, 2021).

Для спортсменов оптимальное содержание железа важно, так как оно играет существенную роль в энергетическом обмене, в транспортировке кислорода, окислительном метаболизме, клеточных иммунных реакциях (Скальный, Зайцева, Тиньков, 2018; Зайцева, 2019; Скальный, 2020). В связи с этим рацион питания спортсменов, которые в процессе тренировок уделяют внимание на формирование своей выносливости, должен включать соответственно продукты, богатые этим химическим элементом. Доказано, что дефицит железа, возникающий из-за неадекватности питания, влияет на физическую работоспособность спортсмена, испытывающего систематические продолжительные аэробные и аэробно-анаэробные нагрузки (Скальный, Зайцева, Тиньков, 2018; Hinton, 2014).

**Селен (Se).** Селен природный минеральный микроэлемент, является важным компонентом селенопротеинов, который играет важную роль в антиоксидантной защите. Исключительную важность имеет антиоксидантная активность соединений Se: глутатионпероксидазы, селенопротеина Р, дейодиназ (Zhang, 2019; Minich, 2022).

С учетом широкого спектра механизмов биологического действия Se, его дефицит ассоциируется с новообразованиями разной локализации, кардиоваскулярными заболеваниями, патологией эндокринной системы, нарушением фертильности и иммунитета, ускоренным старением организма (Merplan, 2020). Кроме того, изнурительные физические нагрузки вызывают развитие окислительного стресса, сопровождающегося чрезмерным образованием свободных радикалов, которые проявляют свою агрессивность

по отношению к биологическим мембранам клеток многих тканей, включая скелетную мускулатуру (Maynar et al., 2018; Scalny et al., 2019; Fernández-Lázaro et al., 2020).

Возникающий дисбаланс в системе ПОЛ/АОС, обусловлен снижением антиоксидантных резервов организма, включая микроэлемент Se, который входит в состав фермента глутатионпероксидазы и предотвращает инициацию липопероксидов и накопление активных форм кислорода (АФК) в организме (Kiełczykowska, 2018; Zhang, 2019; Fernández-Lázaro et al., 2020).

Учитывая, что ХМАО-Югра относится к селено-дефицитному региону необходимо должное внимание к рациону питания и оценке биохимических показателей, свидетельствующих об изменениях окислительно-восстановительного гомеостаза, возникающих в процессе интенсивных физических нагрузок и приводящих к преждевременному развитию утомления у юношей, профессионально занимающихся циклическими видами спорта.

**Медь (Cu)** является жизненно важным микроэлементом, который вовлечен в большое число метаболических путей. При этом биологическая активность Cu в значительной степени детерминирована участием в окислительно-восстановительных реакциях, протекающих в организме человека. Общебиологическая роль Cu обусловлена ее структурной и каталитической функцией в молекулах более 30 ферментов, важнейшими из которых являются: цитохром С – ключевой фермент тканевого дыхания, содержащий в активном центре медь и железо; Cu, Zn-супероксиддисмутаза (СОД), являющийся значимым ферментом антиоксидантной защиты, потенцирующим обезвреживание супероксид-анион радикала (Корчина, Корчин, 2014; Парахонский, 2015; Скальный, 2018). Белками, концентрирующими Cu в крови, являются церулоплазмин и транскуперин. При этом церулоплазмин, по сути, представляет собой циркулирующий пул Cu для клеток организма, также обладающий антиоксидантной активностью (Linder, 2016). При дефиците Cu возможно развитие патологических

состояний со стороны кардиоваскулярной системы, опорно-двигательного аппарата, расстройства нервной системы, связанные с нарушениями метаболизма нейромедиаторов и синтеза миелина (Парахонский, 2015).

Присутствие в организме избыточных количеств цинка, кадмия и иных металлов замедляет поступление Cu в организм (Скальный, 2018). У спортсменов, регулярно подвергающихся максимальным физическим нагрузкам и проживающим в экологически неблагоприятных регионах, нередко встречается дефицит меди, который выявляли как во внеклеточных, так и внутриклеточных компартментах (Toro-Román et al., 2022). В таких случаях спортивные врачи назначают дополнительно к рациону питания биологически активные добавки, содержащие адекватную дозу меди и осуществляют контроль по определению церулоплазмينا в крови.

**Цинк (Zn)** – эссенциальный микроэлемент, принимающий участие в большом числе биохимических реакций и, поэтому, его недостаточность в организме сопряжена с формированием многих заболеваний и патологических состояний (Сальникова, 2016; Скальный, 2018; Oberlis et al., 2015; Choi et al., 2018; Skalny, Aschner, Tinkov, 2021). Доказано активирующая роль Zn в функционировании двухсот энзимов, регулирующих процессы клеточного роста, образование белков и гормонов, иммунитете и пр. (Сальникова, 2016).

Антирадикальное действие Zn основано на связывании с сульфгидрильными группами белков и предотвращении их окисления, функциональной деятельности фермента антиоксидантной защиты Cu,Zn-супероксиддисмутаза (СОД) и стимуляции образования металлотионеина – белка, связывающего токсичные металлы (Jarosz et al., 2017). Поэтому пониженное содержание Zn в организме человека порой свидетельствует о повышенном накапливании его функциональных антагонистов: Cu, Cd, Pb (Скальный, 2018).

Недостаточная обеспеченность организма цинком приводит к неблагоприятным последствиям и прежде всего в скелетных мышцах. Так,



было выявлено, что цинк влияет в скелетной мышечной ткани на процесс миогенеза и регенерацию, обусловленную его воздействием на пролиферацию и дифференцировку миоцитов (Hernández-Camacho, 2020). Физические упражнения влияют на уровень цинка в биологических средах посредством его транспорта, который может затрудняться при формировании окислительного стресса и приводить в последующем к дисбалансу микроэлементов и нередко к снижению спортивных результатов (Toro-Roman et al., 2022).

Таким образом, значительные физические нагрузки способны вызвать рост потребности в определенных эссенциальных химических элементах. При этом недостаточное поступление их с пищей может явиться причиной различных нарушений элементного баланса и детерминировать функциональные и даже патологические проявления. Дисэлементозы у спортсменов чрезвычайно распространены, одной из причин этого состояния является превалирование потерь над поступлением биоэлементов с пищей (Доронина, Кулага, 2022; Степанова, Луговая, 2022; Maynar et al., 2018; Beck et al., 2021). Экстремальный характер физических и психологических нагрузок у профессиональных спортсменов обуславливает наличие ряда особенностей в обмене веществ, потребностях и обеспеченности организма микроэлементами.

#### **1.4. Действие интенсивной физической нагрузки на окислительно-антиоксиданное равновесие у спортсменов Севера**

Кислород необходим для осуществления окислительно-восстановительных процессов, в результате которых вырабатывается необходимая для жизнедеятельности организма энергия (Шлапакова, Костин, Тягунова, 2020). Из всего кислорода, попавшего в организм человека, примерно 95% реализуется в митохондриях клеток, а из 5% кислорода образуются его активные формы АФК), необходимые для утилизации старых и больных клеток, а также обладающие прооксидантными свойствами. Эти

молекулярные образования с непарными электронами на внешней сфере, способные повреждать нуклеиновые кислоты, белки, жиры клеточных биомембран (Меньщикова и др., 2017; Шлапакова, Костин, Тягунова, 2020). Свободные радикалы (СР) проявляют исключительно высокую окислительную способность за счет имеющегося на наружной орбите свободного электрона: быстро отщипывают необходимый им электрон от других биосоединений, которые, лишившись его, становятся высокоактивными свободными радикалами с переходом этого процесса в лавинообразный (Меньщикова и др., 2017). При этом образование СР является важнейшим защитным механизмом, предназначенным для утилизации старых, отмерших клеток, но в условиях отклонения в функционировании биоокисления приводят к цепному виду с разрушением и гибелью клеточных структур (Ходос и др., 2017; Najam et al., 2022). К окислительному воздействию  $O_2$  проявляют высокую чувствительность все живые структуры, но они особо опасны для ненасыщенных жиров биомембран клеток, генного материала с развитием в последующем злокачественных новообразований, генных мутаций, наследственных дефектов и пр. (Колесникова и др., 2017).

Исследованиями установлено, что большое количество СР образуется и при усиленных занятиях спортом, так как большее количество кислорода мы потребляем, тем больше в организм поступает агрессивных молекул кислорода (Калинкин и др., 2014; Еликов, Коростелева, 2021; Ammar et al., 2016; Minoz et al., 2017; Leon-Lopez et al., 2018; Gunina et al., 2021).

Повышение физических нагрузок является важным путем увеличения результативности спортсменов. Однако постоянное их наращивание может негативно воздействовать на функциональное состояние, повышение спортивных достижений, вызвать состояние перетренированности и активизировать свободно-радикальное окисление (Гасанова и др., 2019; Грушин и др., 2019; Алиев, 2020; Steinbacher, Eckl, 2015; Leon-Lopez et al., 2018; Gunina et al., 2021). Нелишне напомнить о кратном росте поглощения

O<sub>2</sub> физиологическими системами организма человека в случае той или иной физической нагрузки и соразмерным увеличением производства АФК, что ведет к понижению активности системы антиоксидантной защиты (АОЗ) организма (Чанчаева и др., 2013; Ali et al., 2020). Равновесие этих взаимозависимых процессов в человеческом организме определяет структуру и функции биомембран (Ali et al., 2020).

Доказано, что ухудшение функциональной активности системы АОЗ провоцирует повреждение клеток активными формами кислорода, снижает результативность иммунитета, увеличивает риск формирования около 200 заболеваний (Колесникова и др., 2017).

В качестве противодействия процессам ПОЛ и защиты от свободных радикалов выступает поликомпонентная система антиоксидантной защиты организма человека, которая включает в себя комбинацию ферментативных и неферментативных соединений (витамины, гормоны, флавоноиды, тиолдисульфидная система на основе глутатиона и другие биологически активные вещества) способных нейтрализовать негативное влияние пероксидных радикалов на структуры клеток (Колесов и др., 2017; Еликов, Галстян, 2017; Блинова и др., 2018; Григорьева, 2020). Важно отметить поддержание динамического равновесия в системе ПОЛ/АОС, способное к изменению с учетом воздействия многообразных факторов среды обитания и функционального состояния организма человека, в том числе и уровня двигательной активности (Намазов и др., 2019; Алиев, 2020; Ali et al., 2020; Clemente-Suárez et al., 2023). Проведенные исследования выявили повышение в 10-15 раз числа свободных радикалов при интенсивной физической нагрузке в работающих мышцах (Sawada et al., 2023). Изысканиями последних лет показано, что реакционные соединения кислорода приводят к окислению белков, детерминированных сверхактивными физическими нагрузками, вызывая, в итоге, мышечную усталость (Яшин и др., 2016; Gunina et al., 2021).

В настоящий период активизация ПОЛ, связанная с интенсивной физической нагрузкой, признана ключевым фактором ограничения работоспособности спортсменов и формирования значимого количества заболеваний и патологических состояний. В связи с этим на современном этапе в спортивной медицине широкое применение получили антиоксиданты, фармакологический эффект которых направлен на понижение скорости образования АФК и предотвращение накопления токсичных продуктов свободно-радикального окисления (Коденцова, Вржесинская, 2013; Симонова и др., 2014; Самбукова и др., 2017; Корчина, Корчин, 2022). Результатами многочисленных исследований подтверждено позитивное воздействие антиоксидантов в качестве действенного средства защиты организма от пагубного влияния окислительного стресса (Григорьева, 2020; Clemente-Suárez et al., 2023).

Витамины А, Е, С, D и Р принимают активное участие в неферментативном звене АОС организма и обеспечивают подавление реакционного окисления  $O_2$ , интенсификация которого наблюдается в случае повышения физической нагрузки, в особенности в условиях высоких широт (Чанчаева и др., 2013; Корчин и др., 2016; Коденцова и др., 2017; Меньщикова и др., 2017; Бойко и др., 2019; Kancheva, O.T. Kasaikina, 2013; Sardarodian, Sani, 2016).

Помимо витамина D, синтез которого осуществляется в коже под воздействием ультрафиолетовых лучей, все остальные витамины-антиоксиданты должны потребляться человеком с продуктами питания, входящими в суточный рацион, а также поступать в составе биологически активных добавок к нему (Коденцова и др., 2013, 2016-2018, 2020; Громова, Торшин, 2017).

**Витамин С (аскорбиновая кислота)** – важнейший водорастворимый, содержащийся во внеклеточной жидкости антиоксидант, действие которого в процессах окислительно-антиоксидантного баланса детерминировано легкой отдачей электронов определенным микрочастицам с образованием

промежуточных продуктов окисления – ион-радикалов (Ших, Махова, 2015). Витамин С, отщепляя два атома водорода, способствует эффективному восстановлению окисленных форм витаминов А и Е, чем обеспечивает собственную антиоксидантную активность (Коденцова и др., 2013; Галимова, 2021). Аскорбиновая кислота обеспечивает нейтрализацию липопероксидов и активных форм кислорода, образующихся в ходе интенсификации метаболических процессов, путем повышения уровня активности АОС, но при этом не предотвращает повреждение мышц у спортсменов (Higgins et al., 2020). Исследованиями других авторов было отмечено, что при продолжительном приеме витамина С у спортсменов на фоне интенсивных физических нагрузок отмечали снижение уровня показателей окислительного стресса, который существенно не повлиял на их работоспособность (Righi et al., 2020).

**Витамин А (ретинол)**, Антиоксидантный эффект ретинола проявляется за счет двойных связей, стабилизирующих мембраны клеток и нейтрализации активных форм кислорода (Tanumihardjo, 2020).

Жирорастворимые витамины-антиоксиданты А и Е - это синергисты при явно превалирующей активности токоферола в сохранении ретинола от деструкции (Корчин и др., 2015; Саркисян и др., 2018).

**Витамин Е (токоферол)** представлен группой токоферолов и токотриенолов, являющихся липофильными антиоксидантами, которые восстанавливают гидроперекиси липидов, отдавая им собственный атом водорода, а также обезвреживают свободные радикалы, обеспечивая эффективную защиту клеточных мембран от радикального повреждения, предотвращая лавинообразную генерацию свободных радикалов и прекращая цепную реакцию (Кочнева, 2018). Помимо этого,  $\alpha$ -токоферол способствует стабилизации клеточных мембран, защищая от разрушения их SH-группы (Канаровский, 2017; Саркисян и др., 2018; Yamanashi et al., 2017). Витамины-антиоксиданты Е и С содействуют присоединению Se к активному центру

мощного фермента антиоксидантной защиты организма - глутатионпероксидазы (Brigelius-Flohe, Maiorino, 2013; Schmolz, 2016).

Население северных территорий РФ испытывает дефицит этого важнейшего витамина, который сопровождается формированием окислительного стресса, способствующим развитию сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний, хронического воспаления и неврологических нарушений (Корчин и др., 2015; Кочнева, 2018; Потолицына, Бойко, 2018). Учитывая роль природных антиоксидантов в предотвращении избыточного накопления агрессивных продуктов ПОЛ и их деструктивному влиянию на биологические мембраны клеток, в том числе и мышечной ткани, адекватное содержание витамина Е в рационе питания спортсменов крайне важно, особенно тренирующихся в условиях Севера.

**Витамин D (кальциферол)** один из важнейших и наиболее проблематичных микронутриентов человека: его дефицит различной степени выраженности выявлен у 50-92% взрослых и детей независимо от времени года, места жительства и наличия болезней (Громова, Торшин, 2017; Коденцова и др., 2017; Заикина и др., 2021; Holick, 2017; Saccamo et al., 2018). Являясь жирорастворимым витамином, кальциферол в функциональном плане действует как гормон и взаимосвязан с обменом витаминов-антиоксидантов А и Е, потенцируя усвоение друг друга (Громова, Торшин, 2017). Нахождение в большинстве тканей организма рецепторов витамина D (VDR) детерминирует его всеобъемлющую роль в метаболических процессах. Для спортсменов важной является его регулирующая функция для скелетной мускулатуры (Бизунок и др., 2017; Von Hurst, Beck, 2014).

Результаты действия витамина D условно делят на специфические (прямое и косвенное воздействие на параметры физической готовности спортсменов) и защитные (совершенствование устойчивости к инфекционным заболеваниям, оптимизация углеводного и жирового обмена

– уменьшение риска развития ожирения, СД 2 типа, сердечно-сосудистых, неврологических, аутоиммунных и др. заболеваний (Громова, Трошин, 2017).

Витамин D поступает в организм человека двумя способами: с продуктами животного происхождения (жирная рыба, икра, рыбий жир, печень, сливочное масло, яйца, молочные продукты), а также путем биосинтеза в коже при воздействии ультрафиолетовых лучей (Громова, Трошин, 2017; Schmid, Walther, 2013; Caccamo et al., 2018).

Считаем уместным обратить внимание на явно выраженное ограничение синтеза витамина D в коже у населения высоких широт, включая спортсменов, на протяжении почти всего года (Корчина и др., 2019), подтвержденное исследованиями, проведенными на северных территориях РФ (Потолицына, Бойко, 2018; Козлов и др., 2019; Корчина и др., 2019).

Доказано многоплановое физиологическое действие с участием в большом количестве метаболических процессов витамина D у лиц, занимающихся физкультурой и спортом. Во-первых, влияние на функциональную активность мышц и потребление кислорода за счет непосредственного воздействия витамина D на рецепторы клеток мышечной ткани (Громова, Трошин, 2017; von Hurst, Beck, 2014). Во-вторых, процесс восстановления, на протяжении которого данный витамин способствует увеличению миогенной дифференциации и пролиферации и ограничивает активность миостатина, являющегося тормозным регулятором мышечного синтеза. Экспериментально показано, что у спортсменов, имеющих высокую концентрацию витамина D в сыворотке крови, значительно ослаблена гибель клеток на фоне возрастания белковой матрицы, играющей значимую роль в процессе восстановления регенерации (Latham et al., 2021). Исследования установили повышение изометрической силы, одного из параметров реабилитации скелетных мышц, после напряженного тренировочного процесса при помощи витамина D (Barker et al., 2013). В-третьих, увеличение силы и мощности скелетных мышц при помощи витамина D за счет улучшения чувствительности мест сцепления Са в саркоплазматическом

ретикулуме, приводящее к активации сокращения мышечных волокон (Książek et al., 2019). В-четвертых, воздействие витамина D на потребление кислорода, рецепторы которого имеются в миокарде и в интимах кровеносных сосудов. Это является свидетельством влияния данного витамина на количество наибольшего потребления кислорода за счет улучшения транспортировки и использования O<sub>2</sub> в разных тканях (Latham et al., 2021).

Итак, недостаточность и даже выраженный дефицит витамина D у спортсменов – широко распространенное явление из-за колоссальных физических и психологических нагрузок, стрессорных воздействий на опорно-двигательный аппарат, иммунную, центральную и периферическую нервную системы достигают предельного характера. Параллельно необходимо максимально быстро осуществить восстановление функциональной активности мышц после значительных физических нагрузок. В этой связи устранение дефицита витамина D – это не временная, а постоянная мера, направленная на сохранение здоровья спортсменов и улучшение их функциональной активности и рост достижений в спорте.

Важно подчеркнуть участие витамина D в антиоксидантной защите организма человека (Almeida Moreira Leal et al., 2020; Filgueiras et al., 2020). Следовательно, дефицит витамина D, который имеет широкое распространение, особенно в высоких широтах Российской Федерации, являясь одним из факторов риска понижения физической работоспособности у спортсменов и у трудящихся.

**Витамин Р (биофлавоноиды)** объединяет более 200 соединений, относящихся к группе биофлавоноидов (желтые и оранжевые пигменты растительного происхождения). Другие названия биофлавоноидов: цитрусовые биофлавоноиды, С – комплекс, цитрин, флавоны, таксифолин, кверцетин, кумарин, антоцианы. Они содержатся в кожуре или кожице большинства фруктов и овощей, являются спутниками аскорбиновой кислоты в растительном мире и лишь в ее присутствии отмечается положительный эффект их действия (Корчина, Корчин, 2014; Dias et al., 2021).



Дигидрокверцетин (ДГК) наиболее эффективно действующий флавоноид. К пищевым источникам ДГК относятся репчатый лук, расторопша, пихта, кора корейского кедра. Дигидрокверцетин относится к группе антиоксидантов прямого действия, способный активировать ферменты АОС, регенерировать сульфгидрильные и глутатионовые соединения, ретинол и токоферол, путем восстановления их и обеспечивая разрывы цепи окисления (Шелковская и др., 2015; Asmi et al., 2017). Также ДГК эффективно связывает ионы тяжелых металлов с переменной валентностью (Fe и др.) (Зверев, 2017; Самбукова и др., 2017). Этот флавоноид обладает способностью тормозить гибель клеток (Накусов, 2010). Установлено, что антиоксидантный эффект ДГК более выражен по сравнению с витаминами-антиоксидантами (А, Е, С, D) (Фомичев и др., 2017). Важно отметить устойчивость ДГК к аутоокислению, способность тормозить тромбообразование и развитие атеросклеротических бляшек, снижать концентрацию холестерина крови, проявлять ангиопротективное действие (Самбукова и др., 2017; Корчин, Корчина, 2019), чем обусловлен его положительный эффект на сердечно-сосудистую систему. Дигидрокверцетин проявляет противомикробную, противовирусную, противораковую, противовоспалительную и иммуномодулирующую активность (Зверев, 2017).

Процессы ПОЛ становятся практически неуправляемыми в результате интенсификации процессов пероксидации в условиях существенного снижения резервов антиоксидантов (Колесникова и др., 2017; Меньщикова и др., 2017). Активизацию ПОЛ при интенсификации физических нагрузок исследователи признают важнейшим фактором, ограничивающим выносливость спортсменов, и приводящим к патологическим проявлениям и даже заболеваниям. Поэтому фармацевтическая поддержка спортсменов учитывает применение антиоксидантов с целью снижения скорости образования свободных радикалов и аккумуляции токсических продуктов ПОЛ (Калинкин и др., 2014; Величко, 2015; Калинина и др., 2018; Грушин и

др., 2019; Пушкина, 2020). Доказано положительное действие антиоксидантов для защиты организма от действия оксидативного стресса, спровоцированного интенсивной физической нагрузкой (Еликов, Галстян, 2017; Григорьева, 2020; Еликов, Коростелева, 2021).

Таким образом, свободно-радикальное окисление приобретает неуправляемый характер при снижении количества антиоксидантов (Корнякова, Конвай, 2015; Колесникова и др., 2017; Alkadi, 2020) и оказывает негативное воздействие на многие функциональные системы организма.

## ГЛАВА 2

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящая работа проводилась на протяжении 2021-2023 гг. на базе БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» и АПОУ ХМАО-Югры «Югорский колледж-интернат олимпийского резерва» г. Ханты-Мансийска. В исследовании принимали участие 104 юношей, средний возраст которых составлял  $18 \pm 1,7$  лет. Из всех обследуемых лиц были сформированы следующие группы. Первая группа (основная) - 58 спортсменов зимних циклических видов спорта (биатлон, лыжные гонки), которые были учащимися колледжа-интерната. Квалификация спортсменов: 46,6% - первый разряд, 37,8% - кандидаты в мастера спорта, 15,6% - мастера спорта с физической нагрузкой около 18-22 часов в неделю. Вторая группа (контрольная) - 46 практически здоровых студентов 1 курса Ханты-Мансийской государственной медицинсмой академии, физическая нагрузка которых ограничилась 4 часами физкультуры в неделю. Представители обеих групп подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании, которое было одобрено этическим комитетом Ханты-Мансийской государственной медицинской академии (протокол № 158 от 18.11. 2020 г.).

*Критерии включения:* юноши 18-20 лет, проживание на Севере не менее 10 лет, наличие информированного добровольного согласия.

*Критерии исключения:* избыточная масса тела, наличие хронических заболеваний, персональный отказ от исследования (рис. 2.1).

**Первый этап.** Физиологические исследования. *Выявление толерантности системы кровообращения и дыхания к физической нагрузке* обследуемых лиц проводили методом тредмил-тестирования с газоанализом на дорожке H/P/CosmosVYAIRE (Швейцария) с использованием эргоспирометра Master-Screen CPX Jaeger (Германия).

Проведению теста предшествовала пятиминутная разминка в виде ходьбы по движущейся горизонтально платформе с постепенным увеличением скорости движения от 0,8 до 7,0 км/час.

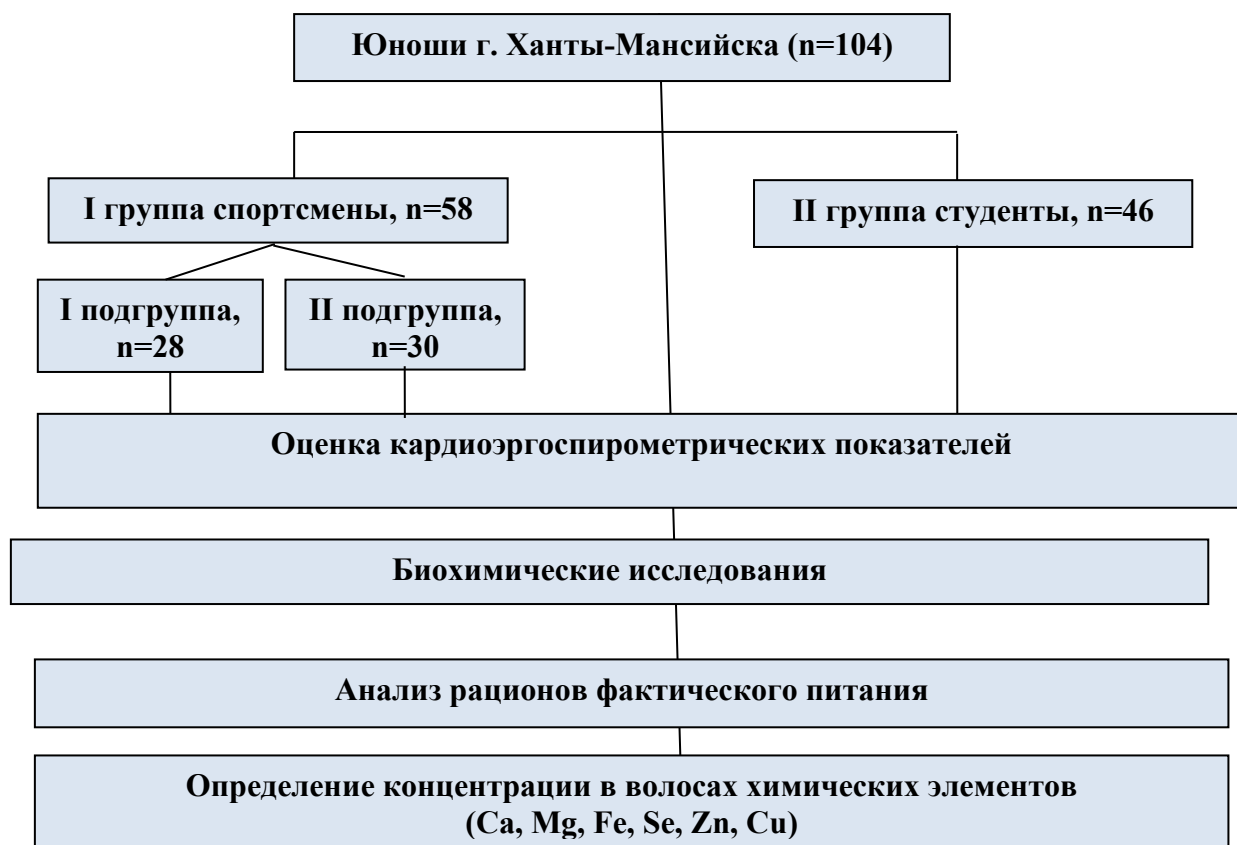


Рис. 2.1. Дизайн исследования юношей г. Ханты-Мансийска

По ходу тестирования постепенно повышали мощность нагрузки до личного предела испытуемого (отказ далее наращивать уровень нагрузки). Каждая ступень нагрузки соответствовала поэтапному увеличению скорости движения скользящей дорожки через 1,5 минуты на 1 км / час с повышением угла подъема платформы до 8°. До и после предельной физической нагрузки измеряли у каждого испытуемого АД тонометром AND UA-1200 (Япония). Измеряли: 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):



**Рис.2.2. Определение толерантности кардиореспираторной системы к физической нагрузке методом тредмил-тестирования с газоанализом**

отношение уровня метаболизма человека во время физической активности к таковому в состоянии покоя (3,5 мл. O<sub>2</sub> / на кг массы тела / мин.), число сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), систолическое и диастолическое давление (САД, ДАД мм.рт.ст.), уровень порога анаэробного обмена (ПАНО, мл/мин/кг), время нагрузки (мин) (рис. 2.2).

**Второй этап. Биохимические исследования.** Определение содержания общего белка, мочевины, мочевой кислоты, креатинина, лактатдегидрогеназы, глюкозы, общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), креатинина, креатинфосфокиназы (КФК), аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ) на комбинированном автоматическом анализаторе Chem Well Combo Awareness Technology Inc. 2910 (США) с использованием коммерческих наборов (DRG Instruments GmbH, Германия).

Определение концентрации *лактозы* в крови проводили с применением тест-полосок фирмы – BM-Lactate (Россия) на портативном биохимическом анализаторе "Accutrend Plus" фирмы Roche Diagnostics (Германия).

*Окислительный метаболизм* оценивали с определением первичных (гидроперекиси липидов - ГПЛ) и вторичных (малоновый диальдегид - МДА) продукты перекисного окисления липидов (ПОЛ) с применением тест-наборов фирмы «BCM Diagnostics» (Германия) и «АГАТ» – (Россия). Состояние системы антиоксидантной защиты (АОЗ) оценивали по общей антиокислительной активности (ОАА) и тиоловому статусу (ТС) наборами «Cayman Chemical», «Immundiagnostik AG» - (Германия) и «Konelab 60i» (Финляндия). Коэффициент окислительного стресса (КОС) считали по формуле:  $КОС = ГПЛ \times ТБК / ОАА \times ТС$  (Колесникова и др., 2014).

Концентрацию жирорастворимых витаминов-антиоксидантов А и Е в сыворотке крови выявляли флуориметрическим методом на приборе "Флюорат 02 - АБЛФ" фирмы Люмекс (Россия), а витамин С 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 с применением модульного иммунохимического анализатора "Architect i 2000 SR" фирмы Abbott Laboratories (США).

*Элементный статус* оценивали при помощи определения содержания в волосах химических элементов (Ca, Mg, Fe, Se, Cu, Zn) методом масс спектрометрии (МС-ИСП) в Центре биотической медицины (Москва). В Полученные результаты концентраций изучаемых микронутриентов в биосубстратах сравнивали с референтными величинами.

*Суточное поступление нутриентов с пищей у юношей ХМАО-Югры* оценивали с применением лицензионной программы «АСПОН-питание» методом 24-часового его воспроизведения за три дня, один из которых выходной или праздничный, в комбинации с анализом состава продуктов по индивидуально заполненным анкетам. Студенты принимали пищу преимущественно в условиях общежития (завтрак, ужин) и в столовой медицинской академии (обед), а спортсмены 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. С использованием альбома порций продуктов и блюд (Мартинчик, 1996) все обследуемые лица в индивидуальных анкетах обозначали вес и метод термической обработки. Справочные таблицы применялись с целью подсчета содержания химических элементов в потребляемых продуктах (Тутельян, 2012). Определяемую медиану (Me) сопоставляли с физиологической потребностью (ФП) в пищевых веществах согласно методическим рекомендациям (МР 2.3.1.0253-21), что позволило выявить частоту дефицита и избытка поступления с пищей микронутриентов.

**Третий этап.** Спортсменов разделили на 2 подгруппы: 1-я 28 спортсменов с пониженным уровнем физической работоспособности в сочетании со снижением антиоксидантного потенциала на протяжении 2 месяцев получали однократно флавоноид - дигидрокверцетин в дозе 120

мг/сутки (производитель ООО "Кахор-Продукт", г. Зима, Иркутская область);  
2-я - 30 спортсменов, принимающих лактозу в качестве placebo.

Статистическая обработка результатов исследования проведена с применением программ MICROSOFT EXCEL и SPSS Statistics 17.0. При параметрическом распределении цифровых значений вычисление средних арифметических величин ( $M$ ) и ошибки средних ( $m$ ), а при непараметрическом распределении вычисляли медиану ( $Me$ ) и 25% - 75% перцентилей ( $Q_1$ ,  $Q_3$ ). Достоверность различий оценивали с помощью  $t$ -критерия Стьюдента в случае параметрического распределения и критерия Манна-Уитни при непараметрическом распределении. Для выявления взаимосвязей между изучаемыми показателями применяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Достоверными считали различия и корреляции при  $p < 0,05$ .



## ГЛАВА 3

### **ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ, АДАПТИВНОЙ РЕАКЦИИ, НУТРИЕНТНОГО И ОКИСЛИТЕЛЬНО- АНТИОКСИДАНТНОГО СТАТУСА У ЮНОШЕЙ С РАЗЛИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬЮ, ПРОЖИВАЮЩИХ В СЕВЕРНОМ РЕГИОНЕ**

В ходе тренировочного процесса спортсмены испытывают физические нагрузки, которые сопровождаются морфофункциональными перестройками организма, изменениями деятельности органов и систем, обмена веществ, особенно в молодом возрасте. Все эти преобразования зависят от особенностей реализуемой нагрузки, а именно: её направленности, объема, интенсивности и времени выполнения.

#### **3.1. Оценка толерантности системы кровообращения и дыхания к физической нагрузке у тренированных и нетренированных юношей при проведении нагрузочного тредмилтестирования**

До настоящего времени нет веских критериев, которые бы определили вклад различных морфофункциональных показателей в физическое развитие спортсменов, особенно зимних видов спорта, тренирующихся в неблагоприятных климатических условиях.

Физическая работоспособность представляет собой интегральный показатель функциональных возможностей человека и обусловлена антропометрическими показателями, энергопродуктивностью, силой и выносливостью мышц, мускульно-нервной согласованностью, эмоционально-психическим статусом и пр. Следует отметить, что отдельные компоненты физической работоспособности развиваются по-разному у людей и находятся в прямой зависимости от наследственного фактора, резистентности к негативным природно-климатическим условиям, уровня

физической активности, выбора вида спорта. Нельзя исключить и влияние на показатели физической работоспособности состояние здоровья человека, его сопротивляемость к факторам риска, мотивацию. Существует весьма оправданный подход к рассмотрению физической работоспособности как функциональному состоянию кардиореспираторной системы. Нередко при массовых обследованиях допускают определение только одного фактора – максимума потребления кислорода (МПК), что не позволяет получить полной информации об уровне физической работоспособности. Об оценке уровня физической работоспособности обследуемого человека можно судить, принимая во внимание весь комплексный подход к составляющим ее компонентам, а именно: чем больше будет количество измеренных показателей, тем более объективнее будет о ней представление (Бойко и др., 2019). Принимая во внимание вышеуказанные сведения, мы сочли целесообразным провести сравнительный анализ показателей кардиоэргоспирометрии у юношей-спортсменов и у нетренированных сверстников – студентов медицинского вуза. Как видно из таблицы 3.1.1. у обследованных спортсменов физическая работоспособность в отличие от нетренированных юношей (студенты-медики) сохранялась почти в 2 раза продолжительней в условиях максимальной нагрузки и соответствовала значимому возрастанию таких ее компонентов как МПК на 66,6% и 55,8% (абсолютное и относительное соответственно), МЕТ на 62,8%, КП на 58,9% и анаэробный порог по ЧСС (ПАНО) - 11,2%. Время работоспособности на уровне порога анаэробного обмена (ПАНО) для спортсменов оказалось почти в 2 раза больше по сравнению со студентами (табл. 3.1.1,  $p=0,001$ ). Порог анаэробного обмена в первой группе был выше такового у лиц второй группы в 2 раза (табл. 3.1.1,  $p=0,002$ ). Установлены статистически значимые различия показателя диастолического АД, который оказался выше у студентов.

**Таблица 3.1.1 Показатели кардиоэргоспирометрии у обследованных групп юношей после физической нагрузки ( $M \pm m$ )**

Показатели	Обследованные группы		Р
	I (основная) n=58	II (контроль) n=46	
После физической нагрузки			
Время нагрузки, мин	18,9±1,30	9,7±0,78	<0,001
МПК, абсолютное, мл/мин	3685±192,8	2173±175,6	<0,001
МПК, относительное, мл/мин/кг	50,3±6,69	32,1±4,87	0,046
МЕТ, у.е.	19,1±2,54	11,1±1,72	0,038
ЧСС макс, уд/мин	195,4±6,87	186,5±6,53	0,357
ЧСС ПАНО, уд/мин	179,0±5,39	158,5±6,75	0,041
Уровень ПАНО, мл/мин/кг	50,1±3,38	25,7±2,24	0,002
Время работы на уровне ПАНО, мин	7,02±8,9	3,5±0,64	0,001
КП (МПК/ЧСС) мл/уд	18,6±2,14	11,7±1,66	0,016
САД, мм.рт.ст.	178,8±14,20	160,9±10,87	0,281
ДАД, мм.рт.ст.	71,2±3,28	85,1±3,94	0,008

Таким образом, физиологическая оценка состояния сердечно-сосудистой системы у юношей северного региона позволила выявить более раннее наступление утомления у студентов, отличающихся низким уровнем физической подготовленности при интенсивных нагрузках до отказа.

Известно, что напряженная мышечная работа, особенно совершаемая в суровых природно-климатических условиях Севера, способствует значительным метаболическим сдвигам, которые могут привести к истощению функциональных резервов организма и развитию физического перенапряжения у спортсменов. Использование биохимических исследований позволяет уже на ранней стадии выявить признаки переутомления и включать соответствующие корректирующие мероприятия в тренировочный процесс, используя для этого надлежащие средства восстановления функциональной деятельности органов и систем (Гришина и др., 2022).

В связи с этим был реализован следующий этап комплексного исследования - сравнительный анализ наиболее значимых в спортивной физиологии биохимических показателей.

Оценивая адекватность физических нагрузок в период тренировочного цикла, перед тренером и спортивным врачом поставлена цель выделения самых достоверных и информативных признаков, характеризующих функциональное состояние мышц. Долговременный поиск этих признаков в итоге привел к необходимости применения, наряду с физиологическими, и биохимических параметров деятельности базовых систем органов, принимающих участие в обеспечении физической работоспособности.

### **3.2. Биохимические параметры метаболической адаптации к физической нагрузке у лыжников и биатлонистов, тренирующихся на Севере**

В последние время стали широко использоваться биохимические исследования в соответствии с определенным видом спорта (Рыбина, Е.А. Ширковец, 2015; Бахарева и др., 2018; Блинова, Страхова, Колесов, 2019; Зайцева и др., 2019; Балберова и др. 2020; Головин, Айзман, 2022; Гришина и др., 2022). Применение биохимических маркеров дает возможность получения сведений о функциональном состоянии физиологических систем организма в разные периоды: интенсивные физические нагрузки и период реабилитации (Бойко и др., 2019; Раджабкадиев, 2019; Чиркин и др., 2019; Степанова, Луговая, 2022; Ammar et al., 2016; Lee et al., 2017; Cadegiani, Kater, 2019). Это позволяет дать оценку персональной переносимости нагрузок и предупредить формирование избыточного напряжения функциональных систем организма спортсмена.

В таблице 3.2.1 представлен анализ биохимических показателей метаболической адаптации у юношей северного региона.

Средние величины изучаемых биохимических показателей, помимо кретатинфосфокиназы в группе спортсменов после нагрузки, находились в диапазоне физиологически адекватных значений. Мы не выявили значимых межгрупповых отличий концентрации лактата до осуществления физических упражнений. Вместе с тем выявлен рост уровня лактата в обеих группах

обследуемых лиц с возрастанием в 6,2 раза у представителей первой группы по сравнению с второй группой ( $p=0,007$ ).

**Таблица 3.2.1 - Биохимические параметры метаболической адаптации у юношей северного региона до и после физической нагрузки ( $M \pm m$ )**

Показатели	Физиологически оптимальные значения	Обследованные группы		Р
		I (основная) n=58	II (контроль) n=46	
До физической нагрузки				
Лактат, ммоль/л	0,5-2,2	1,52±0,2	1,86±0,7	0,535
Мочевина, ммоль/л	2,6-7,5	6,11±0,6	5,84±0,5	0,711
Мочевая кислота, мкмоль/л	210-410	353,7±29,6	316,5±21,4	0,334
Лактатдегидрогеназа, Ед/л	140-276	154,3±7,2	175,1±9,8	0,104
Креатинин, мкмоль/л	62-106	95,8±6,1	79,2±4,8	<b>0,042</b>
Креатинфосфокиназа, Ед/л	24-195	172,8±14,9	112,3±9,6	<b>0,002</b>
АсАт, Ед/л	0-37	27,94±3,12	25,80±2,03	0,589
АлАт, Ед/л	0-42	24,35±1,85	20,57±1,74	0,148
Индекс де Ритиса, у.е.	0,91-1,75	1,14±0,08	1,25±0,07	0,317
Индекс КФК/АСТ, у.е.	5,3-24	6,18±0,52	4,35±0,40	<b>0,009</b>
Общий белок, г/л	64-83	74,80±6,58	67,5±5,05	0,401
Глюкоза, ммоль/л	3,3-5,7	4,88±0,38	4,94±0,41	0,885
ОХС, ммоль/л	2,5-5,3	4,95±0,48	4,26±0,34	0,267
ТГ, ммоль/л	0,43-1,68	1,52±0,16	1,35±0,13	0,428
После физической нагрузки				
Лактат, ммоль/л	-	9,39±0,72	4,18±0,57	<b>0,007</b>
Мочевина, ммоль/л	-	6,96±0,85	6,59±0,62	0,593
Мочевая кислота, мкмоль/л	-	386,2±27,4	347,6±23,7	0,303
Лактатдегидрогеназа, Ед/л	-	258,2±21,6	196,5±14,2	<b>0,026</b>
Креатинин, мкмоль/л	-	134,7±11,9	87,8±9,6	<b>0,004</b>
Креатинфосфокиназа, Ед/л	-	248,9±18,7	139,7±16,3	<b>0,008</b>
АсАт, Ед/л	-	35,71±2,92	29,82±2,23	0,130
АлАт, Ед/л	-	27,42±2,84	21,12 ±1,15	0,812
Индекс де Ритиса, у.е.	-	1,44±0,07	1,23±0,09	0,534
Индекс КФК/АСТ, у.е.	-	6,97±0,64	6,61±0,52	0,675
Общий белок, г/л	-	81,70±5,92	72,51±5,86	0,279
Глюкоза, ммоль/л	-	4,07±0,39	5,64±0,44	<b>0,009</b>
ОХС, ммоль/л	-	4,08±0,14	4,85±0,28	<b>0,020</b>
ТГ, ммоль/л	-	1,22±0,09	1,59±0,12	<b>0,018</b>

Содержание мочевины и мочевой кислоты в крови у спортсменов после физических нагрузок возрастало на 14,0% и 9,2% соответственно, а у студентов - на 12,9% и 9,9%.

Показатель лактатдегидрогеназы в группе студентов после нагрузки увеличился на 12,2%, в то время как у спортсменов был достоверно выше на 67,3% по сравнению с состоянием покоя ( $p=0,026$ ).

Содержание конечного продукта белкового метаболизма - креатинина увеличилось у спортсменов после физической нагрузки на 40,1%, а у студентов-медиков этот показатель был в 4 раза меньше и соответствовал 10,8%, что свидетельствовало о процессе морфологической адаптации.

Активация ферментов общей КФК, АсАт, АлАт после осуществления нагрузочного теста претерпевала следующие изменения: у юношей, регулярно занимающихся циклическими видами спорта (лыжные гонки, биатлон), увеличилась на 44,1%, 27,8%, 14,6% соответственно. У спортсменов, подверженных значимым нагрузкам, отмечено увеличение активности КФК на 24,3%, а трансаминаз АсАт и АлАт на 15,5% и 2,6% сравнительно с подобными параметрами в состоянии покоя (табл. 3.2.1). Расчитанные коэффициенты (КФК/АсАт, АсАт/АлАт) в первой группе после нагрузок превысили на 11,2% и 14% донагрузочные показатели. Одновременно во второй группе эти показатели составили 9,3% и 12%. Оценка этих параметров является свидетельством возрастания напряжения мышц в ответ на физические нагрузки, что отображено коэффициентом КФК/АсАт. Активность общей КФК у спортсменов превысила таковой показатель у студентов после выраженной физической нагрузки на 64,1%. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что возрастание в крови общей КФК у лиц, занимающихся спортом, даже при отсутствии интенсивных нагрузок может указывать на особенное энергообеспечение в высоких широтах.

Содержание общего белка в крови было несущественно повышено в первой группе на 9,2% и на 7,4% во второй группе после завершения мышечной нагрузки (табл. 3.2.1).

Содержание ключевого энергосубстрата - глюкозы в крови у спортсменов после максимальных физических нагрузок снизилось на 13,5%

по сравнению с состоянием покоя и было достоверно ниже подобного параметра у студентов ( $p=0,009$ ).

Содержание общего холестерина (ОХС) и триглицеридов (ТГ) у спортсменов снизилось после нагрузки на 21,3% и 24,5% по сравнению с донагрузочными параметрами и было статистически значимо меньше при сравнении с группой студентов ( $p=0,018 - 0,020$ ). У студентов зафиксирована диаметрально противоположная картина: концентрация в крови ОХС и ТГ после физической нагрузки повысилось 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 тестируемых нагрузках, демонстрируют пределы адаптации и его физиологические резервы.

Исследования многих авторов свидетельствуют о неадекватном обеспечении многих спортсменов жизненно важными нутриентами (в том числе витаминами, биоэлементами), что послужило поводом для контроля за их содержанием в организме, подвергающегося максимальным физическим нагрузкам в суровых условиях Севера. В связи с этим необходимо было изучить особенности рациона питания обследуемых лиц, имеющих различный уровень физического развития.

### **3.3. Характеристика нутриентного статуса у обследуемых юношей северного региона**

Система мониторинга и организация питания давно организовались в отдельное направление – спортивная диетология (Калинина и др., 2018; Дмитриев, Гунина, 2018; Тутельян с соавт. 2020; Доронина, Кулага, 2022; Devrim-Lanpir et al., 2021). Спортсмены, занимающиеся развитием выносливости, нуждаются в регулярной и детально проработанной программе питания для того, чтобы восполнить свои энергетические запасы перед тренировкой/соревнованием и обеспечить нутритивную поддержку,

которая позволила бы им противостоять суровым условиям как во время тренировки, так и в спортивных состязаниях. В условиях интенсивной физической нагрузки организм спортсмена нуждается в оптимальном поступлении макронутриентов с рационом питания для предоставления адекватного количества энергии (Денисова и др., 2018; Корогодина, 2020; Швецов, 2020; Макоева, 2021; Ткаченко, 2022; Forbes et al., 2020). Немаловажную роль при этом играет и обеспечение организма микронутриентами, а именно: витаминами и химическими элементами, недостаточность которых может повлечь за собой нарушение функциональной деятельности органов и систем, что может привести к снижению работоспособности и выносливости (Калинина и др., 2018; Скальный и др., 2018; Książek et al., 2019; Beck et al., 2021).

Исходя из этой предпосылки, необходимо проводить персональный подход к сбалансированному рациону питания, коррекции нутриентного статуса, включая использование обогащенных пищевых продуктов и прием витаминно-минеральных комплексов (Хребтова и др., 2020). Кроме того, спортивным врачам необходимо своевременно проводить раннюю диагностику обменных расстройств, обусловленных дефицитом микронутриентов. Следует отметить справедливость высказывания В. Фетисова (многократный чемпион мира и Олимпийских игр) о многогранной деятельности профессора А.В. Скального: «Индивидуальный подход к питанию и поддержанию здоровья – ключ к успеху в спорте и жизни!» (Скальный и др., 2018).

Здоровое и сбалансированное питание является важнейшей составной частью здорового образа жизни (Гунина, Дмитриев, 2018; Елова, Завьялова, 2021). Важность здорового питания несомнена для всех людей, но именно в юношеском возрасте формируется здоровье человека и его будущая жизнь (Денисова, Березуцкая, 2017; Казимов и др., 2018; Горбаткова и др., 2019; Чудинин и др., 2020; Антонова и др., 2021).



Заслуживает внимание тот факт, что адекватное нутритивное обеспечение подростков, которые активно занимаются спортом, является актуальной проблемой прежде всего для учащихся колледжей и интернатов. Известно, что в процессе интенсивных тренировок организм нуждается в сбалансированном питании, которое необходимо как для роста и развития подростка, так и для возмещения повышенных энергетических и микронутриентных затрат (Корогодина, 2020; Доронина, Кулага, 2022; Ткаченко, 2022; Beck et al., 2021). Следует также отметить, что совершенствование спортивных результатов, рост профессионального мастерства, на фоне сохранения здоровья молодых людей, зависит от адекватного фактического питания и грамотно спланированного тренировочного процесса (Devrim-Lanpir, 2021).

Все обследованные нами лица являлись учащимися: спортсмены параллельно с тренировками проходили обучение в колледже-интернате олимпийского резерва, а студенты обучались в Ханты-Мансийской государственной медицинской академии на 1 курсе. Важно подчеркнуть, что в условиях северного региона обмен веществ и физиологические процессы как у спортсменов, так и у студентов, имеют свои отличительные черты, что предполагает и особенности их питания (Бойко и др., 2019). В настоящее время наиболее распространенным способом изучения рационов питания является метод суточного воспроизведения (дневник питания) с регистрированием составляющих пищевого рациона (Макоева, 2021).

Анализ нутритивного статуса подростков позволил выявить, что индекс массы тела (ИМТ) у 72% юношей – спортсменов (основная группа) находился на уровне 22,4 у.е., что свидетельствует об активных занятиях спортом. У 68% студентов – медиков этот показатель был выше и составил в среднем 23,2 у.е.

В таблице 3.3.1 и 3.3.2 представлено поступление с пищей макро - и микронутриентов у представителей обеих групп. Поступление с продуктами питания белков, жиров и углеводов оказалось достоверно выше ( $p < 0,001$ ) в

группе спортсменов по сравнению с их ровесниками, имеющих низкую физическую активность. При этом средние величины поступающей с пищей энергии в группе спортсменов оказалась незначительно меньше установленной согласно Приказу Минспорта [Приказ Минспорта РФ № 41679 от 05.4.2016 г] для лыжных гонок и биатлона, составив 95,1% ФП.

При этом у студентов, поступившая с пищей энергия, составила только 80,5% ФП согласно методическим рекомендациям (МР 2.3.1.0253-21) [Нормы физиологических потребностей ...].

Потребление белков в группе спортсменов было оптимальным, а в группе студентов недостаточным - почти на 1/3 менее требуемого.

Зарегистрирован избыток потребления жиров спортсменами на 16,1% превысивший физиологическую норму потребления. Одновременно у студентов зафиксирован дефицит потребления жиров на 15,2% от физиологической потребности. Необходимо подчеркнуть, что в обеих группах юношей северного региона была выявлена недостаточность пищевого поступления углеводов: 17,6% в 1 группе и 27,8% во второй группе (табл. 3.3.1). Поступление с пищей микронутриентов, помимо Fe и витамина А у спортсменов, отличалось дефицитной направленностью, значительно более выраженной в группе студентов ХМАО-Югры. Нелишне подчеркнуть, что физиологическая потребность в биоэлементах не зависит от уровня физической активности и связана только с полом (Fe, Se) и возрастом (Ca).

Зафиксирован дефицит поступления Ca и Mg с пищей: у спортсменов 13,3% и 11,4%, а у студентов – 35,9% и 44,0% соответственно. При условии пищевого избытка Fe у спортсменов (109% ФП) зарегистрирован его пищевой недостаток у студентов - 83% ФП.

Наиболее существенный дефицит выявлен в отношении поступления с пищей Se: 64,6% ФП у спортсменов и 37,3% ФП у студентов. Умеренная недостаточность потребления Cu и Zn: 10,0% и 15,8% соответственно у спортсменов и 20,0% и 22,3% у студентов. Избыток (на 8,9%) потребления витамина А оказался характерен для спортсменов, в то время как у студентов

установлен дефицит его потребления на 12,2% от физиологической нормы. В поступлении с пищей всех остальных изучаемых витаминов отмечен дефицит различной степени выраженности, значительно более выраженным в группе студентов: витамин Е: 8,7% в I группе и 37,3% во II группе; витамина D: 49,3% в группе спортсменов и 70,7% у студентов; витамина С: 21,7% у спортсменов и 47,3% у студентов (табл. 3.3.2)

**Таблица 3.3.1. Поступление макронутриентов с фактическими рационами питания у юношей  
г. Ханты-Мансийска с различным уровнем физического развития**

Показатель	Юноши, проживающие в г. Ханты-Мансийске (n=104)						
	Спортсмены (n=58)			Студенты (n=46)			Р
	М±σ	min↔max	Me /% ФП	М±σ	min↔max	Me /% ФП	
Энергия (ккал)	5230,1±175,8	4004↔5795	95,1%	1932,4±152,5	1017↔2468	80,5%	<b>&lt;0,001</b>
Белки (г)	212,2±17,7	180,6↔236,4	100,0%	55,8±8,9	28,4↔132,6	66,4%	<b>&lt;0,001</b>
% от ккал	16,6±0,93	11,4↔18,8		11,8±0,82	9,8↔13,6		<b>&lt;0,001</b>
Жиры (г)	202,3±19,2	191,3↔231,8	116,1%	67,8±7,4	27,6↔154,8	84,8%	<b>&lt;0,001</b>
% от ккал	36,0 ±2,51	32,7↔45,2		36,7±3,1	24,8↔43,6		0,860
Углеводы (г)	604,6±39,6	569,3↔819,2	82,4%	242,6±23,8	115,3↔298,9	72,2%	<b>&lt;0,001</b>
% от ккал	47,4±2,62	44,6↔53,2		51,5±5,2	41,6↔54,8		0,490

**Таблица 3.3.2 Поступление микронутриентов с фактическими рационами питания у юношей  
г. Ханты-Мансийска с различным уровнем физического развития**

Показатель	Юноши, проживающие в г. Ханты-Мансийске (n=104)						
	Спортсмены (n=58)			Студенты (n=46)			p
	M±σ	min↔ max	Me /% ФП	M±σ	min↔ max	Me /% ФП	
Ca (мг)	871,9±131,7	145,2↔1164	867/86,7	642,3±112,6	168,4↔986,5	641/64,1	0,202
Mg (мг)	385,8±56,9	166,7↔409,3	372/88,6	233,2±37,1	114,6↔416,8	235/56,0	<b>0,036</b>
Fe (мг)	10,8±1,2	9,7↔12,1	109/109	8,4±0,9	6,5↔9,8	83/83	0,358
Se (мкг)	45,7±4,8	12,9↔89,4	45,2/64,6	26,7±3,2	9,3↔76,9	26,1/37,3	<b>0,002</b>
Cu (мг)	0,83±0,2	0,4↔1,5	0,9/90,0	0,81±0,14	0,5↔1,1	0,80/80,0	0,938
Zn (мг)	11,2±1,6	4,6↔13,9	10,1/84,2	9,5±0,9	3,7↔10,4	9,4/78,3	0,390
Вит. А (мг)	1,01±0,8	0,6↔1,5	0,98/108,9	0,81±0,15	0,36↔2,0	0,79/87,8	0,826
Вит. Е (мг)	13,5±1,4	10,8↔22,9	13,7/91,3	9,6±0,91	3,9↔15,7	9,4/62,7	<b>0,030</b>
Вит D (мкг)	7,8±0,8	2,7↔8,9	7,6/50,7	4,6±0,6	1,9↔6,9	4,4/29,3	<b>0,003</b>
Вит. С (мг)	78,6±9,3	50,4↔127,4	78,3/78,3	53,9±5,2	9,6↔87,9	52,7/52,7	<b>0,033</b>

Таким образом, оценка рационов питания у юношей г. Ханты-Мансийска позволил установить умеренную недостаточность энергии в комбинации с адекватным поступлением белков, избыточным – жиров и недостаточным – углеводов у спортсменов и дефицит разной 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 Ханты-Мансийской государственной медицинской академии.

### **3.4. Особенности элементного статуса у юношей спортсменов и студентов-медиков, проживающих в условиях Севера**

Оптимальная концентрация и соотношение химических элементов в организме человека является одним из приоритетных требований обеспечения его оптимального функционирования и сохранения 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). На таблицах 3.4.1 и 3.4.2 показано содержание химических элементов в волосах у юношей г. Ханты-Мансийска с различным уровнем физического развития. Важно отметить, что средние величины исследуемых биоэлементов соответствовали референтным значениям, но у нижнего их предела. Также нами были выявлены внутри – и межгрупповые различия. Концентрация Са в волосах у спортсменов в 1,6 раз превышала таковой показатель у студентов (табл. 3.4.1,  $p=0,009$ ). Установлена оптимальная обеспеченность Са всех спортсменами на фоне его недостаточности у студентов у 3(6,5%) наблюдений. На 100% были обеспечены Mg все спортсмены, что в 1,4 выше такового показателя студентов. У 2(4,3%) студентов был выявлен незначительный дефицит Mg, а у 3(6,5%) –

незначительный избыток, свидетельствующий об ускоренном выведении Mg из организма и предшествующий стадии дефицита (табл. 3.4.2).

По аналогии с Ca и Mg установлено повышение содержания Fe в волосах у спортсменов в 1,3 раза сравнительно со студентами без статистически значимых отличий. Большая часть спортсменов оказались адекватно обеспечены Fe, но у 5(8,6%) спортсменов установлено его повышенное содержание в волосах, а у студентов только 39(84,8%) содержали адекватное количество биоэлемента в волосах, у 5(10,9%) был выявлен неглубокий его дефицит, а у 2(4,3%) – избыточное его накопление.

Напротив, установлена достоверно более высокая концентрация Se в волосах в группе студентов, нежели у спортсменов (табл. 3.4.1,  $p=0,008$ ). Большая часть юношей Севера были оптимально обеспечены Se, но у 4(6,9%) спортсменов и у 1(2,2%) студента установлена его умеренная недостаточность. Аналогичная ситуация была выявлена в отношении Zn, средние величины которого преобладали у студентов в 1,1 раза по сравнению с группой спортсменов, но не отличались достоверностью. Только у 5(8,4%) представителей был выявлен дефицит Zn 1-2 степени, в то время как остальные оказались оптимально им обеспечены. Нами также не были выявлены статистически значимые различия концентрации Cu в волосах у обследованных молодых людей г Ханты-Мансийска, ее средние величины содержания у студентов также оказались в 1,1 раза выше, чем у спортсменов.

Анализ индивидуальных показателей обеспеченности Cu позволил установить, что неглубокий дефицит данного микроэлемента оказался наиболее распространенным в обеих группах обследованных лиц: у 9 (15,5%) спортсменов и у 6(13,0%) студентов, а все остальные юноши были оптимально обеспечены Cu (табл. 3.4.1, табл. 3.4.2).

**Таблица 3.4.1 Содержание химических элементов в волосах у обследованных лиц г. Ханты-Мансийска  
(мкг/г)**

Химический элемент	Обследуемые группы юношей г. Ханты-Мансийска n=104						P
	Основная группа (спортсмены) n=58			Контрольная группа (студенты) n=46			
	M±σ	Me	25↔75	M±σ	Me	25↔75	
Ca	557,7±66	479	356,3↔984,6	352,9±21,8	344,3	245,9↔728,2	<b>0,009</b>
Mg	81,9±14,1	69,5	49,7↔123,5	57,9±4,9	48,1	32,1↔93,8	0,147
Fe	10,5±1,2	10,7	9,2↔12,4	8,3±0,9	7,9	6,4↔10,6	0,164
Se	0,51±0,03	0,47	0,34↔0,96	0,89±0,07	0,75	0,41↔1,23	<b>0,008</b>
Zn	197,9±13,07	186	125,8↔496,5	217,9±15,7	200,4	142,4↔589,1	0,327
Cu	12,02±0,75	11,83	9,7↔18,6	13,02±0,57	12,42	10,1↔20,3	0,459



**Таблица 3.4.2    Распределение обследованных лиц по степени обеспеченности биоэлементами**  
**(абс / %)**

Химический элемент	Обследуемые группы юношей г. Ханты-Мансийска n=104							
	Основная группа (спортсмены) n=58				Контрольная группа (студенты) n=46			
	норма	дефицит 1-2 ст.	избыток 1-2 ст.	избыток 3-4 ст.	норма	дефицит 1-2 ст.	избыток 1-2 ст.	избыток 3-4 ст.
Ca	58/100	—	—	—	43/93,5	3/6,5	—	—
Mg	58/100	—	—	—	41/89,1	2/4,3	3/6,5	—
Fe	53/91,4	—	5/8,6	—	39/84,8	5/10,9	2/4,3	—
Se	54/93,1	4/6,9	—	—	45/97,8	1/2,2	—	—
Zn	53/91,4	5/8,6	—	—	43/93,5	3/6,5	—	—
Cu	49/84,5	9/15,5	—	—	40/87,0	6/13,0	—	—

Таким образом, в волосах у спортсменов обнаружена более высокая концентрация Ca ( $p=0,009$ ), Mg и Fe в комбинации с меньшим содержанием микроэлементов, входящих в активный центр ферментов антиоксидантной защиты человека: Se ( $p=0,008$ ), Zn и Cu.

### **3.5. Состояние процессов свободно-радикального окисления и антиоксидантной системы у юношей с различной физической подготовленностью**

Доказано, что интенсивные тренировки спортсменов оказывают прямое влияние на окислительно-антиоксидантный баланс, активизируя перекисное окисления липидов (Величко, 2015; Алиев, 2020; Еликов, Коростелёва, 2021; Powers et al., 2011; Sies, Berndt, Jones, 2017; Gunina et al., 2021), что вызывает необходимость изучения процессов ПОЛ/АОС у обследуемых юношей, проживающих в г. Ханты-Мансийске, представленные в таблице 3.5.1.

Выявлено превышение уровня первичных (ГПл) и вторичных (МДА) продуктов ПОЛ в 1,3 раза в группе спортсменов по сравнению с студентами ( $p=0,021-0,049$ ). На этом фоне показатель ОАА демонстрировал убыль, которая значимо была меньше в 1,5 раза в первой группе при сопоставлении с аналогичным у студентов ( $p=0,039$ ). Анализ распределения предоставил возможность выявить в каждой группе индивидуальные отклонения уровня соответствующих показателей окислительного метаболизма, а именно: повышенные значения ГПл были свойственны 17 (29,3%) спортсменам и у 41 (70,7%) индивидуумов находились в пределах оптимальных величин. Противоположная картина наблюдалась у представителей контрольной группы, которая характеризовалась наличием оптимального уровня первичных продуктов ПОЛ у большей части - 89,1%, повышенного и высокого у 8,7%, 2,2% соответственно. Сходные результаты распределения индивидуальных

значений МДА были присущи обследуемым лицам обеих групп (табл. 3.5.2).

**Таблица 3.5.1 Влияние физической нагрузки на показатели окислительно-антиоксидантного равновесия у юношей г. Ханты-Мансийска**

Показатели	Физиологически оптимальные значения	Обследуемые группы (n= 104)				p
		Основная (I группа) n=58		Контрольная (II группа) n=46		
		M±σ	min↔max	M±σ	min↔max	
Показатели перекисного окисления липидов (ПОЛ)						
ГПл, мкмоль/л	225-450	453,7±31,8	382↔517	356,9±23,5	315↔402	<b>0,021</b>
МДА, мкмоль/л	2,2-4,8	4,97±0,34	4,70↔5,16	3,85±0,31	3,16↔4,53	<b>0,049</b>
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	<b>0,039</b>
ТС, мкмоль/л	430-660	397,9±34,5	356↔445	512,6±42,2	476↔551	<b>0,006</b>
КОС, у.е.	1,6-2,3	9,7±0,81	6,8↔12,7	2,9±0,32	2,4↔3,6	<b>0,001</b>
Витамин А, мкг/мл	0,3-0,8	0,52±0,04	0,28↔0,77	0,36±0,02	0,31↔0,43	<b>0,002</b>
Витамин Е, мкг/мл	5-18	4,6±0,22	3,6↔5,6	4,3±0,21	3,3↔5,3	0,475
Витамин D, нг/мл	30-100	22,3±1,8	14,3↔32,2	15,6±1,2	10,2↔21,5	<b>0,004</b>
Витамин С, мкг/мл	4-20	4,2±0,37	3,4↔5,1	3,8±0,29	2,9↔4,6	0,416

Учитывая, что глутатионовое звено в системе АОЗ играет существенную роль, исследовали и тиоловый статус (ТС), средние величины которого оказались меньше в 1,3 раза в группе спортсменов сравнительно с подобными показателями у студентов (p=0,006). Особый интерес представляло распределение по уровню активности системы ОАА и ТС. Так, в группе спортсменов было установлено, что оптимальный

уровень ОАА соответствовал 36 (62,1%) спортсменам, а низкий - 22 (37,9%), одновременно у 39(84,8%) студентов зафиксированы ее оптимальные и только у 5(10,9%) студентов установлены низкие параметры ОАА.

Существенный интерес представляло изучение интегрального показателя КОС (коэффициент окислительного стресса), отображающего в нашем исследовании сдвиги в системе окислительно-антиоксидантного равновесия в сторону преобладания липопероксидов в обеих изучаемых группах, но достоверно большим у спортсменов сравнительно с студентами ( $p=0,001$ ). В поликомпонентную систему АОС входит неферментативное звено, которое представлено низкомолекулярными соединениями: витаминами (А, Е, С, D), микроэлементами (Zn, Se), глутатионом, убихинонами, цистеином, эрготионеином, коэнзимом Q<sub>10</sub> и др.), обладающие антиоксидантными свойствами, то есть способностью инактивировать свободные радикалы. Поэтому была изучена концентрация этих микронутриентов в биосубстратах: витаминов в сыворотке крови, а биоэлементов в волосах (табл. 3.4.1 и табл. 3.5.1).

Средние значения содержания витамина А в сыворотке крови в группе спортсменов были статистически значимо выше подобного показателя в группе студентов ( $p=0,002$ ). Адекватная концентрация ретинола отмечена у 54 (93,1%) спортсменов, а в группе студентов оптимально были обеспечены этим витамином только 13(28,3%) юношей.

Мы не выявили достоверных межгрупповых отличий обеспеченности витамином Е при средней концентрации его меньше нижнего предела физиологически оптимальных значений в обеих группах. Более выраженные показатели были свойственны индивидуальному содержанию в крови витамина Е, а именно: оптимальные значения были характерны только 11 (19%) спортсменам и лишь 8(17,4%) - студентам, не занимающихся спортом, а у остальных 81% и 82,6% соответственно выявляли низкий его уровень.

Важно отметить пониженное в сравнении с референтными величинами в 1,3-1,9 раза содержание витамина D, как у спортсменов, так и у студентов, но достоверно меньше у студентов ( $p=0,004$ ). Крайнюю озабоченность вызвал у нас уровень витамина D в крови среди обследуемых лиц: дефицит его встречался практически у 100% юношей контрольной группы и у 94,8% спортсменов (табл. 3.5.2).

Показатель витамина C у спортсменов зарегистрирован у нижнего предела физиологической нормы, а у студентов оказался меньше его. Межгрупповых различий в содержании витамина C нами не было зарегистрировано. Концентрация витамина C находилась в диапазоне физиологически оптимальных величин у 33(56,9%) тренированных юношей основной группы и у 12(26,1%) представителей контрольной группы.

**Таблица 3.5.2 Ранжирование показателей окислительного метаболизма у юношей Севера (абс. / %)**

Показатель	Обследуемые группы юношей (n=104)							
	спортсмены (n=58)				студенты медики (n=46)			
	уровни							
	оптимальный	повышенный	высокий	низкий	оптимальный	повышенный	высокий	низкий
ГПл	41/70,7	17/29,3	-	-	41/89,1	4/8,7	1/2,2	-
МДА	39/67,2	19/32,7	-	-	40/86,9	6/13,1	-	-
ОАА	36/62,1	-	-	22/37,9	39/84,8	2/4,3	-	5/10,9
ТС	34/58,6	-	-	24/41,4	41/89,1	1/2,2	-	4/8,7
КОС	15/25,8	42/72,5	1/1,7	-	40/86,9	6/13,1	-	-
Витамин А	54/93,1		-	4/6,9	13/28,3	-	-	33/71,7
Витамин Е	11/19,0	-	-	47/81,0	8/17,4	-	-	38/82,6
Витамин D	3/5,2	-	-	55/94,8	-	-	-	46/100
Витамин С	33/56,9	-	-	25/43,1	12/26,1	-	-	34/73,9

Аналогичным образом распределились и показатели тиолдисульфидной системы (ТС) среди юношей обеих групп.

Особенное внимание обращают на себя меж - и внутригрупповое ранжирование КОС: повышенный и высокий уровни чаще встречались среди спортсменов - 43(74,2%), а в группе студентов только у 6(13,1%) обследуемых лиц установлен повышенный уровень данного параметра.

Таким образом, полученные нами данные указывают на явное нарушение баланса прооксиданты/антиоксиданты у юношей спортсменов, сопровождающееся избыточным накоплением свободных радикалов на фоне истощения ресурсов многокомпонентной системы АОЗ. Этому способствовало ряд факторов: дефицит витаминов-антиоксидантов и биоэлементов, расход которых неуклонно возрастает у спортсменов во время воздействия интенсивных физических нагрузок, и наличие разбалансированности по микронутриентному составу рациона питания.

## **ГЛАВА 4**

### **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ, НУТРИЕНТНОГО И ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА И ОКИСЛИТЕЛЬНОГО МЕТАБОЛИЗМА У ЮНОШЕЙ-СПОРТСМЕНОВ ХМАО-ЮГРЫ**

В настоящее время для достижения высоких результатов в спорте необходимо в течение многих лет осуществлять систематическую подготовку к участию в состязаниях (в тех или иных избранных видах), в течение которых спортсмену придется расходовать существенный объем физических сил и выдержать эмоциональное напряжение. Чтобы выдюжить эту планомерную подготовку и достичь ожидаемого результата для спортсмена требуются современные, и обоснованные с позиции научных достижений, комплексные методы исследования, которые особенно актуальны для северных территорий (Брук и др., 2017; Быков и др., 2018). Выбор специализации в зимних видах спорта (лыжные гонки, биатлон), несомненно, влияет на морфологическое и функциональное развитие спортсменов, способствует формированию долговременной адаптации к физическим нагрузкам и природно-климатическим условиям Севера (Бахарева и др., 2018; Бойко и др., 2019; Солопов, 2019; Стародед и др., 2020; Ульяновская и др., 2020).

#### **4.1. Особенности кардиореспираторной системы, метаболического статуса у юношей спортсменов, тренирующихся в условиях Севера**

При реализации первого этапа нашего комплексного исследования были выявлены характерные особенности среди юношей, систематически

занимающихся спортом и незанимающихся (студенты первокурсники медицинского вуза). Известно, что аэробная работоспособность человека зависит от максимальной скорости потребления им кислорода, которая обусловлена скоординированной деятельностью таких функциональных систем как кровообращения, крови и дыхания, направленных на поддержание гомеостаза. Так, в ходе исследования было выявлено, что спортсмены по кардиоэргоспирометрическим показателям значительно отличались от своих сверстников, а именно: превышение МПК (абсолютное, относительное) и КП более чем на 50%, МЕТ - на 63%. Заслуживают особого внимания показатели анаэробного порога обмена, определяемые как уровень физической нагрузки, выше которого аэробный метаболизм не способен полностью удовлетворить энергетические запросы организма. Установлено, что в процессе выполнения нагрузочного теста такие показатели как уровень ПАНО и время работы в этой зоне у юношей спортсменов были выше в 2 раза по сравнению с таковыми у нетренирующихся студентов медицинского вуза.

Таким образом, в процессе адаптации спортсменов к тренировочным нагрузкам совершенствуются механизмы энергообеспечения мышечной работы, которые свидетельствует о вкладе как аэробного, так и анаэробного метаболизма скелетных мышц в этот процесс.

Известно, что различные физические нагрузки способствуют формированию у спортсменов долговременной адаптации, для которой свойственны специфические изменения в метаболическом статусе (Шераш и др., 2019; Быков и др., 2020; Бахарева, Шибкова, Эрлих, 2022). Наиболее важное место в метаболических преобразованиях отводится процессу энергообеспечения мышечной работы, в ходе которого включаются механизмы, обеспечивающие мобилизацию и утилизацию преимущественно энергетических субстратов, а также их регулирующих систем. Установлено, что в зависимости от интенсивности физической



нагрузки вовлекается тот или иной энергетический субстрат, а именно: при высокой - преимущественно углеводы, а при низкой и длительной - жиры (Burke et al., 2021). Несмотря на то, что в литературе по данному вопросу имеется много публикаций, все же выбор авторами биохимических показателей, четко свидетельствующих о формировании структурного следа адаптации, обусловленного биоэнергетическим режимом тренировочного процесса, недостаточен. В настоящее время ведется поиск таких критериев, которые позволили бы отобрать наиболее надежные, специфичные показатели адаптационных метаболических изменений. В ряде исследований, проводимых на спортсменах, авторы не принимали во внимание специфические адаптивные изменения, которые касаются прежде всего метаболических процессов. Не исключено, что именно это и приводит к противоречивости и неоднозначности, полученных авторами сведений по ряду показателей, характеризующих влияние однократной физической нагрузки на организм.

Разработка биохимических критериев, позволяющих определить состояние здоровья, выявить ранние симптомы переутомления представляет особенную актуальность для спортсменов юношеского возраста, тренирующихся в условиях северного региона. Следует отметить, что до настоящего времени в панель биохимических исследований не включены маркеры, которые отражают степень напряженности метаболической адаптации спортсменов, подвергающихся не только мышечным нагрузкам, но и негативным природно-климатическим факторам.

Известно, что для подготовки спортсменов (лыжников, биатлонистов) высокого класса требуются усилия коллектива тренеров, спортивных врачей, психологов в течение многих лет. В ходе тренировочного процесса необходимо уже на этапе базовой подготовки учитывать, что для юного спортсмена еще продолжается морфофункциональная, психосоматическая перестройка организма,

которая будет сопровождаться активизацией специализированных физиологических систем в ответ на мышечные нагрузки (Салова, 2018; Комолятова и др., 2022). Если пренебречь ролью естественных возрастных процессов и готовностью организма адекватно реагировать на физический стимул, то может возникнуть угроза к истощению адаптационных резервов функциональных систем и повышению риска развития перенапряжения и утомления организма (Корнякова и др., 2016; Шераш, Будко, 2020). Для раннего выявления скрытых симптомов утомления и перетренированности применяют набор специальных методов, который включает биохимический мониторинг, который направлен на оценку параметров, свидетельствующих об уровне адаптационных возможностей органов и систем организма спортсмена (Корнякова и др., 2016, 2020; Дикунец и др., 2022). Следовательно, необходим своевременный прогноз переутомления, которое может развиваться у молодого спортсмена в ответ на действие физической нагрузки, несоразмерной с его функциональными возможностями. Принимая во внимание, что объектом нашего исследования являлись молодые люди, у которых ещё в полной мере не сформировалась оптимальная адаптация к максимальным мышечным нагрузкам (особенно в условиях Севера), необходимо было осуществить более полное биохимическое исследование, направленное на раннее выявление специфических факторов, способных лимитировать их физическую работоспособность.

Известно, что определение активности ряда ферментов в крови позволяет оценить физиологическое состояние спортсменов, выявить уровень их тренированности, состояние метаболической адаптации к физическим нагрузкам в процессе тренировок и соревнований. Ряд авторов полагают, что наиболее значимы те сывороточные энзимы, которые попадают в кровоток из мышечных клеток в результате нарушения барьерной функции их мембран в условиях воздействия мощных физических нагрузок (Рыбина, Ширковец, 2015; Damas et al., 2018).

У всех обследуемых юношей определяли экспресс-методом концентрацию лактата после каждого ступенчатого преодоления интенсивной нагрузки. Сравнительный анализ убедительно продемонстрировал, что в состоянии покоя уровень лактата у юношей спортсменов был ниже при сопоставлении с таковым у студентов медиков, что, вероятно, обусловлено адаптированностью и энергосбережением их организма, в котором преобладают аэробные механизмы в энергообеспечении жизнедеятельности.

При воздействии мощной нагрузки наблюдали достоверное возрастание в 6,1 раза содержания лактата в крови у спортсменов, нежели у юношей контрольной группы. Определение лактата крайне важно, поскольку он, являясь конечным продуктом анаэробного распада углеводов в мышечной ткани в условиях её активной деятельности, позволяет выявить на раннем этапе признаки утомления и перетренированности, обусловленные избыточным накоплением кислых метаболитов (Бойко и др., 2019]. Другим параметром, позволяющим оценить состояние анаэробной системы энергообеспечения, служит уровень активности внутриклеточного фермента (преимущественно содержится в сердечной и скелетной мышечной ткани, в почках, печени, легких) лактатдегидрогеназы, которая катализирует одну из анаэробных реакций гликолиза, а именно: процесс окисления молочной кислоты до пирувата и обратно (Раджабкадиев, 2019).

В ходе исследования нами было установлено, что в ответ на повышение содержания лактата в сыворотке крови, адекватно возрастал уровень активности данного фермента в 1,7 раза у юношей, занимающихся спортом, сравнительно с контрольной группой студентов. Вариабельность показателей активности энзима у обследуемых лиц обусловлена его элиминацией из клеток вследствие следующих причин: изменения проницаемости биологических мембран, формирования метаболического стресса, сопровождающегося накоплением свободных радикалов в

процессе действия интенсивных мышечных нагрузок (Гасанова и др., 2019; Clemente-Suárez et al., 2023; Sawada et al., 2023). Установлена также низкая активность лактатдегидрогеназы в крови у спортсменов в состоянии покоя сравнительно с таковым показателем у студентов, что свидетельствует, по-видимому, о более экономичном режиме деятельности их мышц вследствие тренировочного процесса, при котором меньше происходит накопление пирувата, не требующего для расщепления такого количества фермента.

Одновременно определяли мочевины и мочевую кислоту, являющиеся конечными продуктами белкового обмена, концентрация которых не претерпевала каких-либо изменений и находилась в диапазоне физиологических значений у юношей обеих групп. Это указывало на то, что спортсмены адекватно реагировали на характер физической нагрузки и не имели белкового дисбаланса в организованном рационе питания. Анализ концентрации мочевины позволяет судить о переносимости интенсивных нагрузок спортсменом за предыдущий день и может быть использован для оценки состояния восстановления в тренировочном цикле (Алпатов и др., 2022; Дискунец и др., 2022).

Анализ активности креатинфосфокиназы (КФК), являющейся важнейшим ферментом, принимающим участие в биосинтезе макроэргического субстрата креатинфосфата, в состоянии покоя позволил выявить значимо более высокие значения в группе юношей, занимающихся циклическими видами спорта ( $172,8 \pm 14,9$  Ед/л), сравнительно с таковым у обследуемых студентов контрольной группы ( $112,3 \pm 10,6$  Ед/л). Подобное различие можно объяснить наличием у них более выраженного развития мышечной массы относительно аналогичного морфометрического параметра в контрольной группе. Наряду с этим, активность фермента указывает на то, что у юношей-спортсменов кроме активизации процесса гликолиза вовлекается также и креатинфосфокиназный механизм образования внутриклеточной энергии,

в отличие от студентов с низкой физической подготовленностью. Не исключено, что низкая активность креатинфосфокиназы у юношей, не занимающихся спортом, обусловлена не только снижением мышечного компонента тела, но и ведением малоподвижного образа жизни. После интенсивной физической нагрузки у юношей-спортсменов в 1,4 раза увеличился уровень КФК, который значительно отличался от такового среди представителей контрольной группы, что свидетельствовало о наличии у них более высоких адаптивных возможностей и уровня спортивной тренированности.

К важным показателям биохимического исследования относят аминокислоту креатинин, который образуется посредством неферментативного распада креатинфосфата и креатина, который участвует в энергетическом обмене клеток мышечной ткани. После напряженной мышечной нагрузки в подготовительный период у юношей спортсменов концентрация креатинина в крови увеличилась на 44,5%, в то время как у нетренированных юношей - на 12,4%, что, вероятно, обусловлено развитием у них метаболической адаптации с участием мышечной системы (Е.Р. Бойко и др., 2019; Степанова, Луговая, 2022).

Биохимическая панель анализов предусматривала и определение внутриклеточных ферментов глюконеогенеза - трансаминаз (аминотрансфераз), осуществляющих в организме не только транспортную функцию, но и участвующих в формировании аминокислот. Определение аминокислот в крови - определяющий фактор оптимальности поступления и адекватности усвоения пищевого белка, а также метаболического дисбаланса, проявляющегося в виде сбоя в работе ряда органов и систем при утомляемости после чрезмерной мышечной нагрузки (Дискунец и др., 2019; Гилеп и др., 2021; Головин, Р.И. Айзман, 2022; Степанова, Луговая, 2022). Установлено, что у спортсменов юного возраста после интенсивной физической нагрузки показатель трансаминаз (АСТ, АЛТ) незначительно увеличился, но оказался соразмерен с такими же параметрами у студентов

и соответствовал референтным величинам. Индекс де Ритиса (АСТ/АЛТ) оказался идентичен физиологически оптимальным значениям как в покое, так и после интенсивной нагрузки у обследуемых лиц обеих групп. Сходные результаты были получены и при расчетном определении другого индекса (КФК/АСТ), который не претерпевал каких-либо отклонений в процессе этапного обследования и не превышал физиологически оптимальный уровень, что свидетельствовало об отсутствии заметных повреждений мышечной ткани.

Известно, что общий белок сыворотки крови является лабораторным показателем, который отражает состояние гомеостаза. Белковый обмен - исключительно сложный процесс, который обеспечивает у взрослых людей баланс динамических процессов синтеза белков (анаболизм), для протекания которого необходима энергия, и распада белков (катаболизм), в результате которого происходит образование энергии.

При действии физических нагрузок происходят изменения в белковом обмене, которые сопровождаются развитием метаболической долговременной адаптации (Гришина и др., 2022). Определение общего белка в крови у обследуемых юношей не выявило каких-либо изменений в его содержании после выполнения мышечной нагрузки, показатели находились в диапазоне физиологических значений.

Регулярные занятия спортом создают предпосылки для формирования метаболического ответа, вызванного адаптацией организма к повышенным физическим нагрузкам, что способствует адекватной перестройке обмена веществ, необходимых для энергообеспечения выполняемой работы. Преобразование углеводного и липидного обменов обусловлено прежде всего возрастанием энергетического запроса организма, который зависит от специализации и напряженности спортивной деятельности (Бахарева и др., 2016; Коломиец и др., 2017; Чиков и др., 2020; Самойлов и др., 2022).

Глюкоза является важным источником энергии в организме. Доказано, что количественные ее отклонения в крови в результате влияния физической нагрузки детерминировано тренированностью организма, мощностью и длительностью тренировок. Изменения содержания глюкозы в крови отражает скорость анаэробного окисления последней в тканях в результате деятельности мышц и самомобилизации гликогена печени (Бойко и др., 2019; Дискунец и др., 2019; Гилеп и др., 2021).

Результаты нашего исследования продемонстрировали снижение в 1,2 раза уровня глюкозы у спортсменов после мышечной нагрузки, который достоверно отличался от аналогичного показателя у студентов контрольной группы. Следует отметить, что у тренирующихся юношей наблюдалась снижение гликемии на 16,6%, в то время как у студентов медицинского вуза наоборот повышение на 14,1% после физической нагрузки (глава 3, раздел 3.3, табл. 3.3.1).

Липидный обмен играет существенную роль в развитии долговременной метаболической адаптации организма на регулярные физические нагрузки. В ходе исследования было установлено, что наиболее выраженные изменения липидного профиля наблюдались у спортсменов, а именно: концентрация общего холестерина и триглицеридов после мышечной нагрузки снижалась на 21,3% и 24,5% соответственно, в то время как у юношей контрольной группы, наоборот, эти показатели повышались (13,8% и 17,7%) и значимо отличались. Полагают, что у спортсменов циклических видов спорта, для которых свойственно развитие выносливости, чрезмерные нагрузки стимулируют подключение липидов для обеспечения энергией мышечную деятельность (Даутова, Шамратова, 2021; Даутова и др., 2022).

Таким образом, биохимический контроль в спорте высших достижений используется прежде всего для наблюдения за функциональным состоянием спортсмена, уровнем его тренированности,

изменением метаболизма, а также для оценки эффективности применения фармакологических и восстанавливающих препаратов.

#### **4.2. Оценка фактических рационов питания у обследуемых лиц, проживающих в северном регионе**

Пища – источник попадания энергетических субстратов, макро – и микронутриентов в организм человека. В этой связи питание является важнейшим фактором сохранения здоровья и качества жизни для всех возрастных групп, в том числе и для лиц юношеского возраста. Рациональное, здоровое, сбалансированное питание – это не только основа для нормального роста и развития организма, но и для обеспечения долголетия и высокой работоспособности (Дмитриев, Гунина, 2018; Горбаткова и др., 2019; Антонова и др., 2021; Жолдакова и др., 2021; Елова, Завьялова, 2021). Значимость вопросов здорового питания регулярно отражается в отечественных и международных документах (Казимов и др., 2018; Першина, 2019; Тутельян, Никитюк, 2020; Макоева, 2021; Доронина, Кулага, 2022; Forbes et al., 2020; Beck et al., 2021; Devrim-Lanpir et al., 2021).

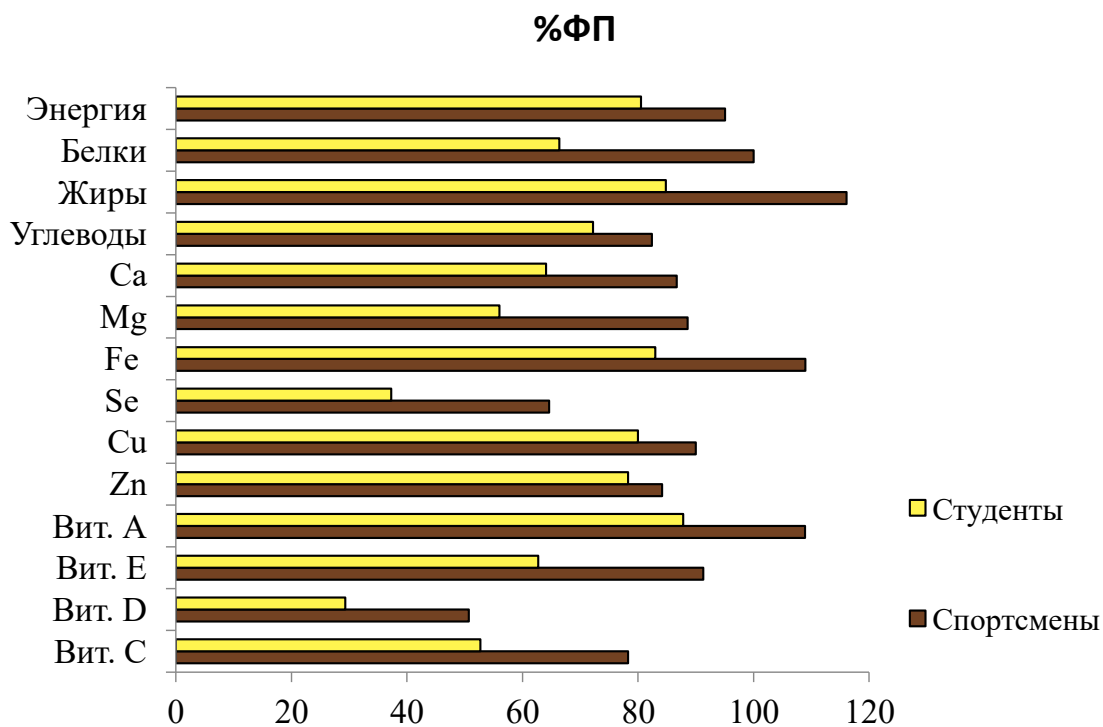
Несомненно, важное значение имеет обеспечение рационального питания в группе молодых людей. Здоровое, сбалансированное и разнообразное питание – это главный фактор формирования здоровья подрастающего поколения, так как оно является необходимым и обязательным условием нормального роста, физического и нервно-психического развития, устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов среды обитания, трудоспособности и результативности учебы. Установлено, что именно в отрезок времени, соответствующий получению образования, проходит формирование здоровья человека на всю дальнейшую жизнь (Тутельян, Никитюк и др., 2020; Антонова и др., 2021; Елова, Завьялова, 2021). Важно обратить внимание на незавершенность формирования ряда физиологических систем в юном возрасте,



повышающее восприимчивость к нарушениям сбалансированности рационов питания (Ромашов, Кашпарова, 2020).

На рисунке 4.2.1 представлено поступление с фактическими рационами питания энергии, белков, жиров, углеводов, изучаемых биоэлементов и витаминов. В соответствии с Приказом Минспорта России № 999 от 30.10.2015 г. «Об утверждении требований обеспечения подготовки спортивного резерва для спортивных сборных Российской Федерации» средние значения энергетической ценности пищи у обследованных нами спортсменов, занимающихся лыжными гонками и биатлоном, должны быть примерно 5500 ккал, которые в нашем исследовании составили 5230,1 ккал, что на 4,9% меньше рекомендуемой величины. При этом данное значение достоверно ( $p < 0,001$ ) в 2,7 раз больше подобного показателя в группе студентов, рассчитанного исходя из энерготрат лиц соответствующего возраста и пола, отличающихся низкой физической подготовленностью, который отметили в анкете абсолютное большинство обследованных юношей студентов медицинского вуза. Важно отметить, что полученная с пищей энергия в группе студентов оказалась меньше рекомендуемой величины на 19,5% (табл. 3.4.1, рис. 4.2.1.).

Известно, что энергетическая ценность рационов представляет собой сумму потребленных с пищей макронутриентов: белков, жиров и углеводов. Белки являются высокомолекулярными азотсодержащими органическими соединениями, которые состоят из аминокислот, выполняющих в организме человека множества функций, главные из которых: пластическая, энергетическая, каталитическая, гормональная, регуляторная, защитная, транспортная и др.



**Рис. 4.2.1. Поступление нутриентов с пищевыми рационами у юношей г. Ханты-Мансийска с различной физической подготовленностью**

Белки являются составной частью костно-мышечного аппарата, покровных тканей и крови. Нелишне подчеркнуть незначительный срок жизни белков и неспособность их к накоплению. При этом денатурированные белки ежедневно заменяются на новые, которые формируются из аминокислот (Котляр и др., 2019; Тутельян и др., 2020). В питании обязательно должны присутствовать мясо, рыба, молочные продукты и яйца в качестве источника незаметных аминокислот. В меню спортсменов ежедневно присутствовали блюда из мяса: утром, как правило, нарезка мясная или колбасные изделия, в обед и вечером блюда из мяса, курицы или рыбы на выбор. Поэтому спортсмены оказались оптимально обеспечены белками, в то время как в группе студентов недостаточность белковой составляющей пищи составила 33,6%. Несомненную роль в качестве питания играет экономический фактор: спортсмены, являясь учащимися колледжа-интерната олимпийского резерва, питание получали бесплатно, в то время как студенты полностью

его оплачивали сами. В среднем за три анкетлируемых дня студенты потребили в пищу 1-4 порции мяса и мясopодуктов.

Рыба и яйца были отмечены в меню спортсменов по 2 порции за 3 дня, молочные продукты представлены в их рационах питания ежедневными кашами на молоке и творожной запеканкой или пудингом из творога, а также ежевечерним йогуртом. В то же время пищевой статус студентов характеризовался редким употреблением рыбы и яиц: 0-3 порции за изучаемый период, молочные продукты отмечены были только в качестве добавленного к напиткам (кофе, какао) молока или сливок. Полученные нами данные полностью совпадают с другими исследованиями пищевого статуса студентов, установивших у абсолютного большинства этой группы населения недостаточное потребление макронутриентов: белков, жиров, углеводов, а также химических элементов и витаминов (Денисова, Березуцкая, 2017; Горбаткова и др., 2019; Прохоров и др., 2019; Антонова и др., 2021; Елова, Завьялова, 2021).

Жиры выполняют пластическую, энергетическую роль и функцию координатора нервной и гормональной регуляции (Коростелёва и др., 2020; Тутельян, Никитюк и др., 2020). В нашем исследовании установлено увеличение вклада жирового компонента в энергетическую структуру фактических рационов питания в группе спортсменов на 16,1%, что подтверждено проведенными ранее исследованиями Бойко и соавт. (2019) у спортсменов северного региона. В ежедневное меню юношей колледжа олимпийского резерва было включено сливочное масло и салаты, с растительным маслом. В анкетах по питанию мы не наблюдали указание на употребление сливочного масла и салатов с растительным маслом, а использование сыра в рационах студентов отмечено только 0-1 раз за 3 дня. На этом фоне вполне закономерен установленный дефицит жирового компонента в энергетической структуре пищевого рациона студентов, составивший 15,2% ФП.

Углеводы - важнейший энергетический субстрат для организма человека (Котляр и др., 2019; Раджабкадиев и др., 2019; Тутельян и др., 2020), который необходим для обеспечения постоянного уровня гликогена, адекватной деятельности мышечных групп и печени. Несомнена важность адекватного потребления углеводов для оптимального приспособления организма к интенсивным стресс-сигналам, как у спортсменов (особенно в соревновательный период), так и у студентов-медиков, учебная нагрузка которых примерно в два раза превышает таковую у студентов технических специальностей (Гунина, Дмитриев, 2018; Дмитриев, Гунина, 2018; Раджабкадиев и др., 2019).

Тем не менее нами установлен дефицит пищевого потребления углеводов, составляющий в группе спортсменов 17,6% ФП, а в группе студентов 27,8% ФП (табл. 3.3.1, рис. 4.2.1). Поступление углеводов в организм юношей Севера было обеспечено кашами (у спортсменов каждый день из различных круп, а у студентов предпочтение имела манная крупа), гарниров (у спортсменов чаще овощных, реже из круп, в группе студентов преобладали макаронные изделия и рис), овощей (в группе спортсменов ежедневные разнообразные овощные салаты с добавлением клюквы, а в группе студентов преобладали капуста, помидоры, огурцы 1-4 раза за 3 дня) и фруктов (у спортсменов ежедневно и более богатый ассортимент по сравнению со студентами, но чаще – бананы, яблоки, апельсины).

Сравнительный анализ меню питания обследуемых нами юношей показал, что спортсмены употребляли в пищу выпечку ежедневно, а студенты 3-5 раз за исследуемый период. Кроме того, в рационах питания спортсменов ежедневно присутствовали фруктово-ягодные компоты и кисели, в то время как студенты отмечали лишь употребление сладких газированных напитков и энергетиков (0-3 раза за 3 дня).

Сходная структура пищевого статуса спортсменов, проявляющееся в избытке жиросодержащей пищи и дефиците поступления углеводов была

также зарегистрирована отечественными и зарубежными исследователями (Олейник С, 2019; Корогодина, 2020; Швецов, 2020; Чудинин и др., 2020; Доронина, Кулага, 2022; Ткаченко, 2022; Forbes et al., 2020; Devrim-Lanpir et al., 2021). Это может привести к понижению физической выносливости и повышению риска ускоренного формирования утомления сравнительно с таковым рационом, содержащим большее количество углеводов (М.М. Коростелёва и др., 2020; Швецов, 2020).

Оптимальная обеспеченность витаминами и жизненно важными химическими элементами организма человека обуславливает его физиологический и метаболический статус (Коденцова, Вржесинская, 2013; Корчина, Корчин, 2014; Горбачёв, 2018; Скальный, 2018, 2020; Корчина и др., 2019; Коденцова и др., 2020; Тутельян и др., 2020; Бикбулатова и др., 2021).

Биоэлементы не выполняют энергетическую функцию, но участвуют в процессе переваривания и усвоения пищи (Скальный, 2018, 2020; Beck et al., 2021).

В нашем исследовании, помимо Fe и витамина А у спортсменов, был выявлен дефицит пищевого поступления остальных микронутриентов различной степени выраженности, но более глубокий он отмечался в группе студентов (табл. 3.3.2, рис. 4.2.1).

Кальций и магний принимают активное участие во многих биохимических процессах в организме человека и животных, являясь незаменимыми минералами для сердечно-сосудистой и нервной систем, опорно-двигательного аппарата (Керимов, Алиева, 2016; Батулин и др., 2022). Дефицит их в организме обусловлен как с недостаточным потреблением соответствующих продуктов питания, так и с низким поступлением ультрапресной питьевой воды, в которой содержание вышеуказанных элементов низкое, что характерно для природных вод северных территорий РФ (Горбачев, 2018; Ковшов, Новикова, Фёдоров, 2019; Корчина, Корчин, 2022). Установлено, что оптимальное потребление

и восполнение пищевого Са связано с достаточным поступлением (более 75%) его в организм с молочными продуктами (особенно кисломолочных), что обусловлено потенцированием всасывания Са в кишечнике благодаря лактозе, содержащейся в них (Farre Rovira, 2015). Итак, дефицит потребления молочных продуктов неизбежно приведет к развитию недостаточности Са в организме и формированию нарушений обмена веществ. Несмотря на то, что у всех спортсменов в ежедневном рационе присутствовали молочные продукты, они не покрывали физиологическую потребность (ФП) в Са: фактическое поступление данного макроэлемента у обследованных лиц обеих групп оказалось недостаточным: в группе спортсменов дефицит составил 13,3% ФП, а в группе студентов – 35,9% ФП [МР 2.3.1. 0253-21]. Нелишне подчеркнуть, что обеспеченность организма Са тесно связана с оптимальным поступлением с пищей витамина D (Громова, Торшин, 2017), дефицит пищевого потребления которого в группе спортсменов достиг практически половины от физиологически необходимого количества, а в группе студентов не покрывал даже его третью часть (табл. 3.3.2, рис. 4.2.1). Доказано, что на Севере в условиях дефицита витамина D, необходимого для усвоения Са, реально усваивается лишь треть от общего количества поступившего биоэлемента (Громова, Торшин, 2017; Корчина и др. 2019; Батурин и др., 2022). Это, в свою очередь, будет способствовать задержке дальнейшего роста костей, что является фактором риска для юношеского возраста. Недостаточная обеспеченность организма витамином D и Са может способствовать снижению мышечной силы и проявлениям деструкции костной ткани (Громова, Торшин, 2017; Martinez de Victoria, 2016; Iolascon et al., 2021).

Метаболизм Са и Mg физиологически связаны, так как транспортирование Са через трансмембранные насосы требует присутствия Mg. Существенные количества этого биоэлемента содержат необработанные злаковые культуры, семена, орехи, листовая зелень и

многие фрукты, а дефицит этих продуктов в пищевых рационах обязательно вызовет развитие дефицита Mg в организме человека (Корчина, Корчин, 2014). Нами установлено достоверно большее содержание Mg в пищевых рационах спортсменов сравнительно со студентами ( $p=0,036$ ), при этом дефицит поступления данного элемента с продуктами питания в основной группе достиг 11,4% ФП, а в группе сравнения почти в 4 раза больше – 44% ФП (табл. 3.4.2, рис. 4.1). Это связано, прежде всего, со значительно большим употреблением в пищу свежих фруктов, овощей и круп в виде каш и гарниров спортсменами по сравнению со студентами.

На обеспеченность организма Ca и Mg оказывают влияние потребляемые человеком напитки, в частности, сладкие газированные напитки, в которых содержится фосфорная кислота в значимых концентрациях, усиливает дефицит Ca и Mg посредством их соединения с образованием нерастворимых солей (Дорошко, Алдарова, 2019). Результаты анкетирования показали использование вышеназванных напитков только студентами. Кофе усиливает экскрецию Ca и Mg через почки: будучи кислым напитком ( $pH$  кофе=2,2-2,5), кофе для нейтрализации кислотности использует щелочные резервы организма в виде щелочноземельных металлов – Ca и Mg. Сахар тоже потенцирует выведение этих биоэлементов из организма (Е.В. Гончаров и др., 2018). Кофе в рационах питания спортсменов отсутствовало, в то время как студенты употребляли его 1-2 раза в день.

Важнейшей биологической ролью Se, Zn, Cu в организме является их участие в деятельности ряда антиоксидантных ферментов: глутатионпероксидазы, глицинредуктазы, цитохром C, Zn-Cu-зависимой супероксиддисмутаза (Чанчаева и др., 2013; Brigelius-Floche, Maiorino, 2013; Wolonciej et al., 2016; Ali et al., 2020), которые предотвращают избыточное скопление в тканях организма человека активных форм кислорода, способных разрушать структуры ферментов, липидов,

нуклеиновых кислот и др., что может вызвать ухудшение общего состояния, снижение спортивных достижений и даже развитие болезней (Kiouri et al., 2023).

Так, в ходе комплексного исследования было нами установлено, что потребление главного микроэлемента антиоксидантной защиты организма человека – Se спортсменами едва покрывало половину физиологической потребности в нем, а в группе студентов не достигало даже третьей ее части (табл. 3.3.2, рис 4.2.1). Основным продуктом поступления этого биоэлемента с пищей животного происхождения является рыба, а значительные количества Zn и Cu содержатся в морепродуктах, редко встречались в меню у спортсменов и практически полностью отсутствовали в рационах питания у студентов медицинского вуза.

Поступление с суточными рационами питания жизненно важного химического элемента Fe оказалось избыточным в группе спортсменов (109% ФП) и дефицитным в группе студентов (83% ФП), что предопределено удовлетворяющим физиологическим потребностям потреблением мяса и мясопродуктов спортсменами - 8-6 раз и дефицитом его поступления в организм студентов - 3-4 раза за 3 дня (табл. 3.3.2, рис 4.2.1). Зарегистрирован дефицит поступления с пищей биоэлементов, входящих в активный центр ферментов антиоксидантной защиты организма человека: Se (64,6% ФП у спортсменов и 37,3% ФП у студентов,  $p=0,002$ ), Cu (90,0% ФП у спортсменов и 80,0% ФП у студентов) и Zn (84,7% ФП у спортсменов и 78,3% ФП у студентов) (табл. 3.3.2, рис 4.2.1).

Цинк совместно с Cu являются составной частью фермента Zn-Cu-зависимой супероксиддисмутазы (СОД). Наряду со способностью к разрушению и обезвреживанию свободных радикалов, Zn активизирует клеточный иммунитет, усиливая фагоцитарную активность нейтрофилов и макрофагов, а также стимулирует активность НК - киллерных клеток) (Скальный, 2018). Концентрирование Zn в животных продуктах существенно выше, чем в растительных продуктах. Наибольшее



содержание этого биоэлемента свойственно морским обитателям, а именно: устрицам, креветкам, морским ежам, сельди, макрели, а также мясу и печени рыб и животных (Корчина, Корчин, 2014; Сальникова, 2016). О присутствии в пищевых рационах рыбы и мяса было сказано выше, а морепродукты отсутствовали в рационах питания студентов и редко были зафиксированы у спортсменов. Немаловажно отметить роль Zn в оптимизации усвоения и поддержании адекватной концентрации витаминов А и Е в крови.

Параллельно с присутствием в структуре фермента антиоксидантной защиты организма Cu входит в состав ферментов аскорбиназа, тирозиназа, цитохромоксидаза и др., играющие важную роль в метаболизме (Сальникова, 2016; Скальный и др., 2018). Наилучшим пищевым источником Cu является печень животных, ливер и морепродукты.

Наибольший дефицит поступления с пищевыми рационами оказался характерен для важнейшего микроэлемента антиоксидантной защиты организма человека Se, в 1,7 раз более выраженный в группе студентов сравнительно со спортсменами (табл. 3.3.2, рис 4.2.1). Не менее 90% физиологической потребности в Se должно приходиться за счет поступления с пищей и только 10% - с питьевой водой (Евдокимов и др., 2019). Существенными пищевыми источниками биоэлемента является рыба, морепродукты, мясо, злаковые, орехи, грибы, чеснок, а в овощах и фруктах содержатся крайне незначительные концентрации Se из-за минимального содержания с малой концентрации в них белков (Голубкина, Синдирова, Зайцев, 2017; Kielczykowska, 2018; Zhang, 2019).

Установлена теснейшая связь между Se и витамином Е, которые функционируют совместно, обеспечивая надежную защиту тканей организма человека от пероксидных повреждений. Кроме этого, взаимное действие витаминов Е и С помогают включению Se в активный центр фермента антирадикальной защиты глутатионпероксидазы (ГП), усиливая тем самым ферментативную антиоксидантную защиту (Brigelius-Floche,

Maiorino, 2013; Wolonciej et al., 2016). Также доказано, что содержащий в своем составе Se фермент глутатионпероксидаза вместе с токоферолом оказывают мощное торможение процессов свободнорадикального окисления (СРО) в клеточных мембранах благодаря эффективному ингибированию витамином Е свободных радикалов, а при помощи ГП происходит разрушение гидроперекисей, что препятствует их вовлечению к СРО (Юркова, 2020; Kancheva, Kasaikina, 2013; Minich, 2022).

Следует отметить, что в группе спортсменов наблюдалось избыточное поступление витамина А (108,9% ФП), в то время как группе студентов был свойственен его недостаток (87,8% ФП) в рационе питания. Заслуживает внимания тот факт, что низкая обеспеченность витаминами Е, D и С была характерна прежде всего студентам (62,7%, 29,3%, 52,7% ФП соответственно), в то время как у спортсменов эти показатели хотя и были выше (91,3%, 50,7%, 78,3% ФП соответственно, табл. 3.3.2, рис 4.2.1,  $p=0,033$ ), но тем не менее свидетельствовали об их дефиците.

Недостаточное присутствие в пищевых рационах витаминов, особенно с антиоксидантным спектром действия, может способствовать снижению адаптивных ресурсов человеческого организма, вследствие чего возрастает риск формирования большого числа неинфекционных болезней (Коденцова и др., 2018; Погожева, Коденцова, 2020).

Антиокислительное действие ретинола обеспечено присутствием двойных связей в его молекуле, что поддерживает функциональную устойчивость мембран клеток и способствует обезвреживанию свободных радикалов (Меньщикова и др., 2017; Tanumihardjo, 2020).

Полученные нами результаты опроса совпадают с таковыми у различных обследованных групп взрослого некоренного населения Севера, которые были ранее проведены в округе (Корчин и др., 2015; Бикбулатова и др., 2021). По мнению исследователей, это связано с потребностью покрытия повышенной энергетической ценности пищи за счет высококалорийных липидов (Першина, 2019). Витамин А является

единственным микронутриентом, поступление которого с пищей в группе спортсменов составило незначительно, но превысило физиологически оптимальную норму его потребления на 8,9% ФП. Это может быть связано с ежедневным и предостаточным употреблением жиров животного происхождения спортсменами: ежедневно в их пищевых рационах имелось в наличии сливочное масло на завтрак и заправка им вторых блюд на обед, яйца потреблялись спортсменами 2-3 раза за исследуемый период, ежедневно присутствовала в меню нарезка мясная и колбасная. В пищевых рационах студентов вышеназванные продукты питания присутствовали 2-4 раза за 3 дня, что содействовало пищевому дефициту витамина А у студентов. Большая часть токоферола покрывается за счет поступления с пищей нерафинированного растительного масла любого вида, орехов, авокадо, круп, сливочного масла, сала, мяса, яиц (Ших и др., 2020).

Ретинол и токоферол, будучи антиоксидантами, действуют совместно, но витамин Е доминирует в этом тандеме, предотвращая разрушение витамина А (Галимова, 2021).

Нами выявлено преобладание потребления животных жиров над растительными обследованными лицами обеих групп исследования.

Витамин Е (токоферол) — это ключевой жирорастворимый витамин-антиоксидант, имеющийся в составе всех мембран клеток и обеспечивающий антиоксидантное, метаболическое и противовоспалительное влияние (Yamanashi et al., 2017). Обезвреживая радикалы, витамин Е прекращает агрессивный распад липидов, перехватывает и нейтрализует свободные радикалы кислорода, что в конечном счете значительно уменьшает его антирадикальный потенциал, восстановление которого происходит под воздействием аскорбиновой кислоты (Медведев и др., 2018; Саркисян и др., 2018).

Важнейшим водорастворимым витамином-антиоксидантом является аскорбиновая кислота, находящаяся во внеклеточной жидкости на

переднем рубеже антиокислительной защиты структур клеток от разрушения пероксидными радикалами (Чанчаева и др., 2013; Ших, Махова, 2015). В результате анкетирования было установлено, что в 1,5 раза лучше были обеспечены витамином С обследованные лица из числа занимающихся спортом по сравнению с группой студентов (табл. 3.3.2, рис 4.2.1,  $p=0,0033$ ), за счет преобладания в их рационе свежих овощей, фруктов и соков.

Экспертами ВОЗ доказана необходимость ежедневного употребления в пищу не менее 5 порций свежих овощей, фруктов и соков, являющихся самым важным источником пищевого поступления аскорбиновой кислоты в организм человека (одной порции соответствует крупный плод, стакан сока, порция овощного салата) (Sardarodian, Sani, 2016).

У спортсменов каждый день в рационах питания присутствовали примерно 3-4 порции овощей, фруктов и соков, а у студентов - 1-3 порции, что детерминировало дефицит поступления с пищей аскорбиновой кислоты. Одновременно с учетом обеспечения Севера преимущественно ввозными овощами и фруктами, за исключением дикорастущих ягод (клюква, черника, брусника, морошка), реальное потребление витамина С может оказаться существенно ниже, учитывая деструктурирующее воздействие на него фермента аскорбиназа, как результат продолжительного периода складирования овощно-фруктовой продукции.

Пищевые источники витамин D весьма органичны, это жирные сорта рыбы, ее жир, печень любого происхождения (Schmid, Walther, 2013), малые его количества концентрируются в молочных продуктах и яйцах.

Нашими исследованиями подтверждается, выявленная практически у 50% населения мира, недостаточность поступления его с пищей (Громова, Торшин, 2017; Алборов, Сибирякова, Гергиевская, 2022; Holick, 2017): в группе спортсменов содержание витамина D составило половину от

физиологической потребности, а в группе студентов – в 1,7 раз меньше (табл. 3.3.2, рис. 4.2.1,  $p=0,003$ ).

Итак, для адекватной обеспеченности витамином D важным фактором является оптимальное пищевое потребление и витамина E. Доказано, что оптимальный режим питания предполагает прием пищи четыре и даже пять раз в день, что обеспечивает наиболее благоприятное распределение нагрузки на желудочно-кишечный тракт и наилучшее ее усвоение (Тутельян, Никитюк, 2020). Спортсмены принимали пищу ежедневно 5 раз: помимо завтрака, обеда и ужина, имели место второй завтрак и поздний ужин. Однако в группе студентов-медиков на 4-х кратный прием пищи указали всего 4(8,7%) респондентов, 3-х разовый – 23(50,0%), а остальные 19(41,3%) юношей потребляли пищу 1-2 раза в день. Подобные отступления от нормального режима питания могут явиться причиной развития различных патологических состояний, например, длительная пауза между приемами пищи, достигающая 10-12 часов, способна спровоцировать развитие гипогликемии, застоя желчи в желчном пузыре с формированием в дальнейшем желчнокаменной болезни, заболеваний кишечника и пр.

Важнейшим условием улучшения эффективности процесса тренировок, ускоренной реабилитации вслед за значительными физическими нагрузками, поддержание высокого уровня работоспособности во время соревнований является адекватное обеспечение организма спортсменов, помимо белков, жиров и углеводов, также и микронутриентами, в особенности принадлежащим к антиоксидантной системе защиты организма. Это можно достигнуть следующими способами: во-первых, оптимизацией пищевых рационов, во-вторых, более широким применением в ежедневном меню продуктов, высокообогащенных витаминами и биоэлементами, в-третьих, дополнительным приемом микронутриентов в виде витаминно-минеральных комплексов.

Анализ суточных рационов питания у студентов Ханты-Мансийской государственной медицинской академии позволил выявить существенные отклонения от базовых принципов здорового питания у подавляющего большинства обследованных юношей. Подтвержденная неблагоприятная тенденция способна предопределить развитие в дальнейшем алиментарно-зависимых заболеваний и нуждается в активной коррекции сложившейся структуры питания молодого поколения жителей Севера.

#### **4.3. Анализ элементного статуса у юношей северного региона с различным уровнем физической активности**

Высокая физическая активность влечет за собой нарастание интенсивности метаболических процессов, что неизменно вызывает увеличение потребности, как в биосубстратах физиологического окисления, так и в эссенциальных химических элементах и витаминах (Рахманов и др., 2015; Зайцева и др., 2016; Зайцева, 2019). В связи с этим, спортсмены, отличающиеся чрезмерной физической активностью, входят в группу риска по биоэлементной и витаминной недостаточности вместе с детьми и подростками, беременными женщинами, больными и пр. Поэтому дефицит обеспеченности организма спортсменов микронутриентами способен вызвать многоплановые нарушения микронутриентного статуса с формированием в дальнейшем изменений в организме функционального и даже патологического порядка (Орджоникидзе и др., 2014; Скальный, 2020]. Многочисленными исследованиями доказана способность высокой физической активности вызывать перераспределение и развитие дисбаланса определенных химических элементов с тенденцией к увеличению уровня макроэлементов, в первую очередь Са и Mg, у спортсменов (Вировец, 2009; Раджабкадиев и др., 2021; Скальный, 2018). Это подтверждается результатами наших исследований: установлено достоверное превышение в 1,6 раз ( $p=0,009$ ) концентрации Са и Mg в 1,4 раза в волосах у

спортсменов по сравнению с подобными показателями в группе студентов (табл. 3.4.1). Подобное значимо лучшее обеспечение щелочноземельными металлами организма юношей, отличающихся высоким уровнем физической активности, можно объяснить следующими факторами: во-первых, с пищей спортсмены потребляли Ca и Mg в 1,4 и 1,7 ( $p=0,036$ ) раз больше сравнительно со студентами (табл. 3.3.2); во-вторых, достоверно лучшей ( $p=0,003$ ) обеспеченностью организма спортсменов по сравнению с юношами студентами ХМГМА витамином D: доказано его непосредственное участие в усвоении и метаболизме Ca и Mg (Громова, Торшин, 2017; Dai et al., 2018); в-третьих, важнейшим фактором является непосредственная взаимная связь между костно-мышечной системой и деятельностью скелетной мускулатуры, что напрямую связано, как с пищевым поступлением данных химических элементов, так и с их всасыванием в почках, а также использованием костных резервов Ca и Mg (Скальный и др., 2018; Latham et al., 2021). Единственным биоэлементом, поступающим в избыточном количестве в организм спортсменов с пищевыми рационами, является Fe – 109%. В то время как в группе студентов была выявлена пищевая его недостаточность, составляющая 17% ФП (табл. 3.3.2.). В этой связи вполне закономерно выглядит превышение концентрации данного биоэлемента в волосах в 1 группе обследованных лиц над 2 группой контроля в 1,3 раза без статистически значимых различий (табл. 3.4.1). В усвоении Fe немаловажную роль играет витамин C, повышающий биодоступность Fe путем восстановления его в хелатных соединениях, что делает элемент более легким в транспортировке через апикальную мембрану энтероцита. Известно, что, катализируя реакции оксигенирования и гидроксилирования, Fe участвует в продуцировании и обезвреживании свободных радикалов (Скальный и др., 2018; Dixit et al., 2021). Следует отметить статистически значимо лучшую обеспеченность рационов питания спортсменов ( $p=0,033$ ) в 1,5 раза превышающую таковую в группе студентов. Так называемый

спортивный железодефицит более чем в 2,5 раза чаще встречается среди женщин с высоким уровнем физической активности по сравнению с мужчинами (Зайцева и др., 2016; Скальный и др., 2018; Скальный, 2020).

В нашем исследовании под наблюдением находились спортсмены зимних видов спорта – лыжники и биатлонисты. Известно, что адаптация организма человека к неблагоприятным условиям Севера обязательно вызовет развитие отклонений в системе элементного гомеостаза и, параллельно, детерминирует акклиматизационную недостаточность витаминов и жизненно необходимых химических элементов (Солонин, Бойко, 2017; Горбачёв, 2018; Корчин и др., 2021). Развивающийся дисбаланс микронутриентов способен явиться пусковым механизмом развития нарушений элементного статуса, как в выраженной, так и в скрытой формах (Корчин и др., 2015, 2016; Потолицына, Бойко, 2018).

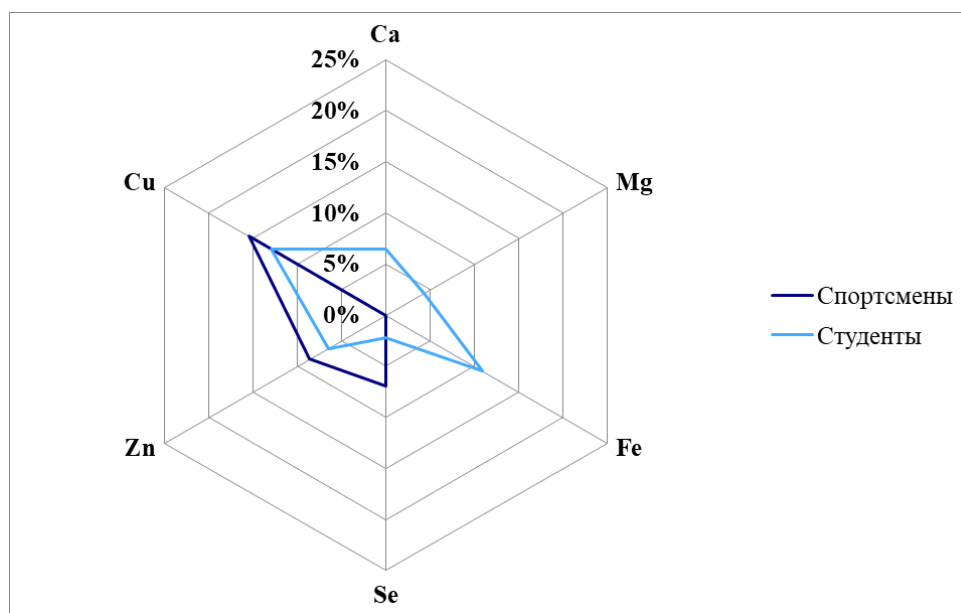
Итак, на Севере элементный статус спортсменов подвержен двойному прессингу: с одной стороны, за счет значительных физических нагрузок, а, с другой стороны, от воздействия неблагоприятных климатогеографических условий, в первую очередь, холода (Нагорнев и др., 2019; Кобелькова и др., 2022). У лиц с высоким уровнем двигательной активности зачастую наблюдается явление гипозлементозов, относящихся, в первую очередь, к микроэлементам, обладающим антиоксидантным спектром действия: Se, Zn и Cu, что ведет также к снижению активности базовых физиологических систем организма (Горбачев, 2018; Скальный и др., 2018; Степанова, Луговая, 2022). Исследованиями установлено, что антиоксидантная система защиты организма человека в ферментативное звено которой включены эссенциальные микроэлементы Se, Zn, Cu создает условия для невосприимчивости организма большому числу (примерно 200) заболеваний и патологических состояний (Чанчаева и др., 2013; Мартусевич и др., 2018; Скальный, 2018; Корчина и др., 2019). Это имеет важнейшее значение для лиц, испытывающих интенсивные физические нагрузки, в результате чего происходит активизация процессов



перекисного окисления липидов (Корнякова, Конвай, 2015; Алиев и др., 2017; Алиев, 2020; Мартусевич, Карузин, 2021; Kiełczykowska et al., 2018; Clemente-Suarez et al., 2023].

Нами установлено статистически значимо меньшее содержание Se в волосах в группе спортсменов ( $p=0,008$ ) сравнительно с группой студентов (табл. 3.4.1), несмотря на то, что поступление с пищей этого биоэлемента было в 1,7 раз выше в основной группе относительно группы контроля (табл. 3.3.2). Причем дефицит 1-2 степени встречался у представителей 1-ой группы в 3 раза чаще, чем у 2-ой (табл. 3.4.2). На рисунке 4.3.1 показано распространение недостаточности исследуемых биоэлементов у юношей северного региона.

**Рис. 4.3.1. Распространение дефицита биоэлементов у юношей Ханты-Мансийского автономного округа - Югры с различной физической подготовленностью**



Необходимо подчеркнуть, что в обеих группах юношей ХМАО-Югры средние величины концентрации Se в волосах находились близко к нижней границе физиологически оптимальных значений. Не вызывает сомнений, что именно алиментарный фактор является определяющим в прогрессивно увеличивающейся недостаточности микронутриентов у

человека, что обусловлено разбалансированным пищевым рационом, длительными периодами хранения и транспортировки продуктов, повышенной потребностью в витаминах и эссенциальных химических элементах в условиях проживания в северных регионах.

Изучение селенового статуса населения ХМАО, проводимые раньше, позволили установить, что Ханты-Мансийский автономный округ является регионом умеренной недостаточности Se в почве, воде, укосе трав и, соответственно, выращенных на этой земле продуктах питания и в мясе домашних животных (Корчина, 2007). Изучение факторов, оказывающих непосредственное влияние на селеновый статус населения России, позволил установить существенное влияние содержания данного биоэлемента в употребляемой пшенице, являющейся базовым компонентом хлеба, хлебобулочных и макаронных изделий, большого числа круп. Анализ поставок зерновых в ХМАО-Югра показал, что пшеница завозится в округ также из селенодефицитных регионов: Томской, Новосибирской и Тюменской областей, Татарстана (Корчина, 2007; Голубкина, Синдирева, Зайцев, 2017; Корнякова и др., 2023).

Для Zn присуща способность аккумулироваться в тканях организма человека в присутствии Se, что обуславливает позитивное воздействие в случае их совместного применения в лечении заболеваний и профилактике развития патологий (Скальный, 2018; Maynar et al., 2018; Skalny et al., 2021). По аналогии с Se содержание Zn и Cu в пищевых рационах оказалась выше в группе спортсменов, а их концентрация в волосах – в группе студентов, соответственно. Также чаще неглубокий дефицит данных биоэлементов был установлен именно в группе спортсменов (рис. 4.3.1). Общеизвестно, что пища и питьевая вода являются главными звеньями пищевой цепи для поступления в организм человека химических элементов (Батурин и др., 2016; Корчина, Корчин, 2022). В программе «АСПОН-питание», с помощью которой производился подсчет макро – и микронутриентов в нашем исследовании, использованы среднероссийские

показатели содержания макро – и микронутриентов. Если концентрирование белков, жиров и углеводов практически не зависит от биогеохимических особенностей местности и примерно одинакова во всех регионах России, то содержание химических элементов в пищевых продуктах тесно связано с территорией, на которой они были выращены. Установлено значимое воздействие биогеохимических условий местности на показатель обеспеченности рационов питания микронутриентами – витаминами и жизненно важными химическими элементами. Это в сильной степени влияет на обеспечение оптимального метаболизма человека, в особенности подверженного экстремальным физическим нагрузкам. Бедные макро – и микроэлементами подзолистые почвы Севера, в том числе ХМАО-Югра, маломинерализованная природная вода (Корчина, Корчин, 2022), преобладание в рационах питания населения северных регионов продуктов питания, подвергнутых глубокой обработке с превалирующим содержанием жиров животного происхождения над растительными маслами, способствуют формированию не только белковой, но и элементно-витаминной недостаточности (Бикбулатова и др., 2021]. Вместе с тем в нашем исследовании было установлено явное несоответствие между показателями, поступивших с пищей биоэлементов Se, Zn, Cu и их содержанием в волосах обследованных лиц: значимо большие значениями потребления Se, Zn и Cu с продуктами питания в группе спортсменов (табл. 3.3.2) в сочетании с более низкими величинами их концентрации в волосах представителей основной группы (табл. 3.4.1). Это можно объяснить интенсификацией процессов окислительного метаболизма у спортсменов в ответ на усиление окислительного стресса при интенсивных физических нагрузках.

#### **4.4. Взаимосвязи между параметрами окислительно-антиоксидантного баланса, элементным статусом и работоспособностью у лыжников и биатлонистов Ханты-Мансийского автономного округа**

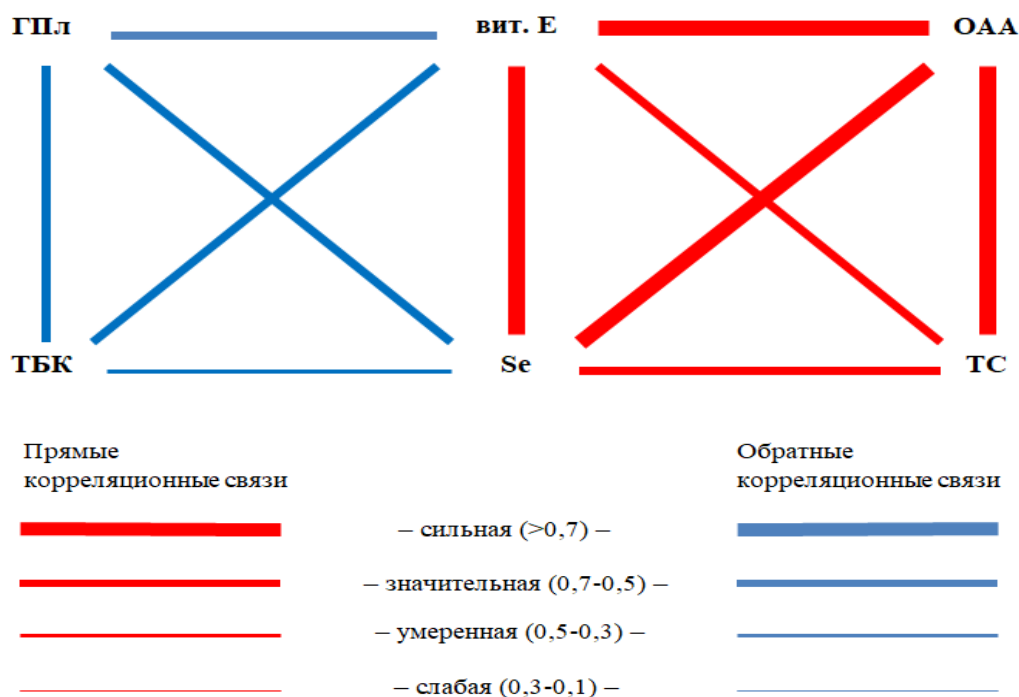
Спорт высоких достижений закономерно детерминирует наращивание интенсивности физических нагрузок для улучшения спортивных результатов, что нарушает равновесие в системе окислительно-восстановительного гомеостаза (Калинкин и др., 2014; Величко, 2015; Гасанова и др., 2019; Грушин и др., 2019; Алиев, 2020; Еликов, 2021; Canals-Garzon et al., 2022; Clemente-Suarez et al., 2023; Sawada et al., 2023).

С учетом непосредственного участия витаминов-антиоксидантов и биоэлементов, входящих в активный центр ферментов АОЗ, были изучены корреляционные связи между показателями ПОЛ/АОЗ и микронутриентами с у спортсменов-лыжников и биатлонистов северного региона (табл. 4.4.1, рис. 4.4.1).

**Таблица 4.4.1. Взаимосвязи между показателями окислительного метаболизма и микронутриентного статуса при интенсивной физической нагрузке у спортсменов зимних видов спорта**

Показатели	Коэффициент корреляции r	p-level
ГПл ↔ витамин Е	– 0,648	0,006
МДА ↔ витамин Е	– 0,509	0,019
Se ↔ витамин Е	0,773	<0,001
Se ↔ ОАА	0,768	<0,001
Se ↔ ТС	0,551	0,010
витамин Е ↔ ОАА	0,749	<0,001
витамин Е ↔ ТС	0,725	<0,001
Se ↔ ГПл	– 0,656	<0,001
Se ↔ МДА	– 0,473	0,036

Помимо этого, установлена предохранительная роль витаминов Е и С в антиокислительной защите мембран клеток, в частности, в процессе обезвреживания активных форм кислорода токоферол утрачивает собственные антиоксидантные свойства, которые способны к восстановлению при непосредственном участии витамина С (Ших, Махова, 2015). Однако витамину Е отведена роль главного антиоксиданта клеточных мембран, деятельность которого более результативна, чем аскорбиновой кислоты (Канаровский и др., 2017; Кочнева, 2018; Бикбулатова и др., 2021; Schmolz, 2016). Это отображено обратными значительными взаимосвязями между витамином Е и параметрами ПОЛ: ГПл ↔ витамин Е ( $r = -0,648$ ), МДА ↔ витамин Е ( $r = -0,509$ ) (табл. 4.4.1, рис. 4.4.1). Исследованиями доказана эффективная синергическая связь между Se и витамином Е (Корчина, Корчин, 2014; Minich, 2022). Таковое подтверждено в наших исследованиях сильной прямой корреляционной связью: токоферол – Se:  $r = 0,773$  (табл. 4.4.1).



**Рис. 4.4.1. Корреляции связи между параметрами окислительного метаболизма и микронутриентным статусом у спортсменов зимних видов спорта северного региона**

Известно, что составной частью ферментативного звена АОС являются жизненно важные химические элементы: Se, Zn, Cu и др., которые принимают активное участие в защите клеточных структур (Oberlis, Skalny, Skalnaya, 2015; Choi, Liu, Pan, 2018; Olechnowicz et al., 2018; Skalny et al., 2021; Venkataramani, 2021).

Статус сильнейшего антиоксиданта подтвержден у проведенном нами исследовании прямыми сильной и значительной взаимосвязями между  $\text{Se} \leftrightarrow \text{ОАА}$  –  $r = 0,768$  и  $\text{Se} \leftrightarrow \text{ТС}$  –  $r = 0,571$ . Равно как сильными взаимосвязями: витамин  $\text{Е} \leftrightarrow \text{ОАА}$  ( $r = 0,749$ ) и витамин  $\text{Е} \leftrightarrow \text{ТС}$  ( $r = 0,725$ ). Соответственно были выявлены значительные обратные корреляции между параметрами ПОЛ в крови и концентрацией Se волосах:  $\text{Se} \leftrightarrow \text{ГПл}$  ( $r = -0,656$ ),  $\text{Se} \leftrightarrow \text{МДА}$  ( $r = -0,473$ ).

Таким образом, выявленные нами значительные взаимосвязи между показателями окислительно-антиоксидантного баланса и микронутриентами подтверждает ослабление антирадикальной защиты на фоне активизации окислительного стресса у юношей-спортсменов зимних видов спорта, проживающих на Севере, а также на возможность коррекции данных нарушений при помощи экзогенных антиоксидантов.

С учетом зависимости физической работоспособности от характеристик окислительно-восстановительного равновесия и специфических физиологических показателей нами были изучены корреляционные связи между показателями окислительного метаболизма, с одной стороны, и показателями, характеризующими физическую работоспособность, с другой стороны (табл. 4.4.2, рис. 4.4.2). Выявлены умеренные обратные корреляционные связи между показателем максимального потребления кислорода и первичными и вторичными продуктами ПОЛ:  $\text{МПК} \leftrightarrow \text{ГПл}$  ( $r = -0,551$ );  $\text{МПК} \leftrightarrow \text{МДА}$  ( $r = -0,522$ ). Установлены еще более тесные взаимосвязи между параметрами, характеризующими окислительный стресс, и уровнем порога анаэробного обмена:  $\text{ПАНО} \leftrightarrow \text{ГПл}$  ( $r = -0,734$ );  $\text{ПАНО} \leftrightarrow \text{МДА}$  ( $r = -0,706$ ).

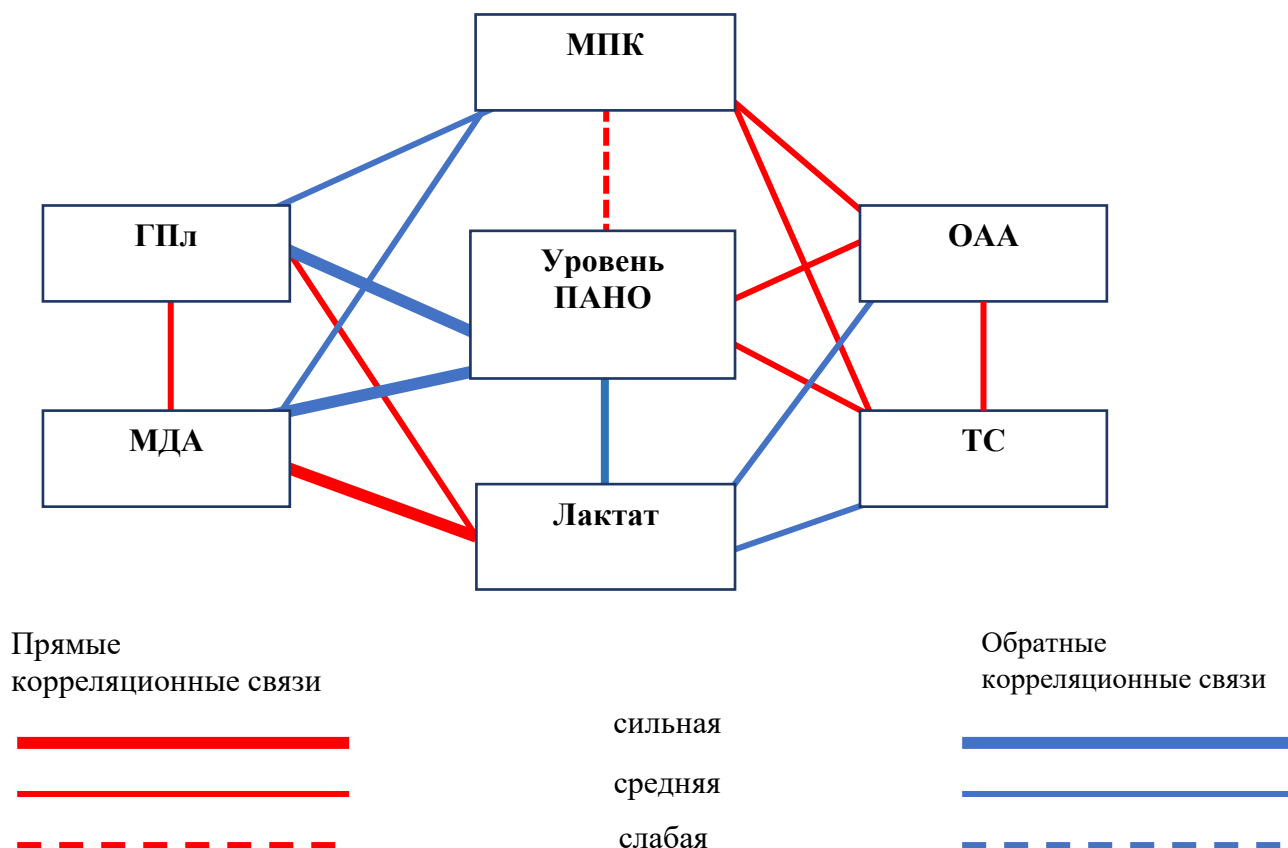
Соответственно, сильные прямые взаимосвязи характеризовали уровень накопления лактата в крови и параметры ПОЛ: Лактат↔ГПл ( $r = 0,741$ ); лактат↔МДА ( $r = 0,723$ ).

**Таблица 4.4.2. Взаимосвязи между показателями физической работоспособности и параметрами окислительного метаболизма у лыжников и биатлонистов Ханты-Мансийского автономного округа**

Показатели	Коэффициент корреляции $r$	p-level
МПК ↔ ГПл	– 0,551	0,011
МПК ↔ МДА	– 0,522	0,012
ПАНО ↔ ГПл	– 0,734	<0,001
ПАНО ↔ МДА	– 0,706	<0,001
Лактат ↔ ГПл	0,741	<0,001
Лактат ↔ МДА	0,723	<0,001
МПК ↔ ОАА	0,609	0,003
МПК ↔ ТС	0,518	0,009
ПАНО ↔ ОАА	0,579	0,007
ПАНО ↔ ТС	0,497	0,015
лактат ↔ ОАА	– 0,591	0,007
лактат ↔ ТС	– 0,488	0,011
лактат ↔ ПАНО	– 0,507	0,013

В свою очередь были зарегистрированы прямые значимые взаимосвязи между величинами, характеризующими антиоксидантную активность и параметрами физической работоспособности: МПК↔ОАА ( $r = 0,609$ ); МПК↔ТС ( $r = 0,518$ ); ПАНО↔ОАА ( $r = 0,579$ ); ПАНО↔ТС ( $r = 0,497$ ) в сочетании с обратной значительной корреляционной связью между накоплением молочной кислоты в мышцах и восстановительным компонентом антирадикальной защиты организма: лактат↔ОАА ( $r = -0,591$ ). Обснованными выглядят выявленные прямые значимые корреляции

между концентрацией лактата в крови, как биохимического маркера физического утомления, с одной стороны, и показателем порога анаэробного обмена, с другой стороны: лактат ↔ ПАНО ( $r = -0,507$ ).



**Рис. 4.4.2. Взаимосвязи между параметрами окислительно-антиоксидантного баланса и физической работоспособностью.**

Таким образом, установленные в рамках корреляционного анализа значимые взаимосвязи между параметрами окислительного метаболизма и функциональными и биохимическими показателями физической работоспособности являются подтверждением отклонения окислительно-восстановительного равновесия в направлении активации окислительного стресса при повышении физической нагрузки.



#### **4.5. Корректирующее воздействие дигидрокверцетина на параметры окислительного метаболизма и показатели выносливости у спортсменов зимних видов спорта северного региона**

Различные виды физической нагрузки вызывают многократное повышение потребления кислорода организмом человека в зависимости от напряжения и длительности их, что обусловлено процессом активизации свободнорадикального окисления (с увеличением продуктов ПОЛ) в организме при усиленном напряжении мышечных групп и свидетельствует о снижении ресурсов системы АОЗ, что подтверждается многочисленными данными проведенных исследований (Калинкин и др., 2014; Величко, 2015; Корнякова, Конвай, 2015; Еликов, Галстян, 2017; Колесникова, Даренская, Колесников, 2017; Блинова, Страхова, Колесов, 2019; Гасанова и др., 2019; Грушин и др., 2019; Григорьева, 2020; Шлапакова, Костин, Тягунова, 2020; Bjørklund, Chirumbolo, 2017; Clemente-Suárez et al., 2023; Sawada et al., 2023). Эти изыскания имеют несомненную важность в связи с необходимостью изучения увеличения работоспособности не только у спортсменов, но и у работников, чья трудовая деятельность сопряжена с активной работой мышечного аппарата.

Доказано, что самые первые диагностические индикаторы оксидативного стресса — это сдвиги параметров антиокислительного статуса крови (Саркисян и др., 2018; Еликов, Коростелёва, 2021; Ali et al., 2020; Roy, Bansal, Siddiqui, 2023). В норме окислительно-антиоксидантное равновесие отличается паритетом ПОЛ и АОЗ, что содействует поддержанию оксидации на минимальном уровне, что препятствует активизации процессов ПОЛ (Чанчаева, Айзман, Герасев, 2013; Меньщикова и др., 2017; Грушин и др., 2019).

Установлено, что выполнение любого вида активной работы, включая спортивную деятельность, приводит к увеличению скорости

использования O<sub>2</sub> и активации ПОЛ, что обусловлено переизбытком организма спортсмена кислородом (Ray, Huang, Tsuji, 2012; Roy, R. Bansal, L. Siddiqui, 2023).

Постоянно меняющиеся виды обеспечения организма кислородом (чередование периодов гипоксии и гипероксемии) провоцирует в ответ активизацию процессов перекисного окисления липидов (Величко, 2015; Гасанова и др., 2019; Грушин и др., 2019; Steinbacher, Eckl, 2015; León-López, 2018; Gunina et al., 2021). Важно подчеркнуть неспособность системы антиоксидантной защиты противостоять увеличенному количеству активных форм кислорода, что проявляется неполным восстановлением физического потенциала спортсмена на пороге решающих соревнований, что диктует необходимость добавочного применения антиоксидантов. Отмечено всестороннее изучение в последние годы использования антиоксидантов в спорте (Симонова и др., 2014; Яшин и др., 2016; Блинова и др., 2018; Калинина и др., 2018; Намазов и др., 2019; Григорьева, 2020; Пушкина, 2020; Lambrecht, 2014; Sardarodian, Sani, 2016; Clemente-Suárez, 2023). Научными исследованиями доказана необходимость дополнительного приема антиоксидантов для увеличения ресурсов антиоксидантной защиты организма, повышения физической работоспособности, предупреждения наращивания утомления и мобилизации процессов восстановления (Гунина, 2016; Калинина и др., 2018; Пушкина, 2020; Sardarodian, Sani, 2016; Clemente-Suárez et al., 2023). Так, в спортивной медицине в настоящее время применяют следующие антиоксидантные средства: альфа-липоевую кислоту (Корнякова и др., 2017; Тутельян и др., 2019; Олейник, 2019; Габитов и др., 2020), мелатонин (Куприянов, 2013; Czuczejko et al., 2019; Kruk et al., 2021), супероксиддисмутазу (Пушкина, 2020; Ali et al., 2020), коэнзим Q<sub>10</sub>, ликопин (Штерман и др., 2019; Ovchinnikov et al., 2022), витамины А, Е, С (Коденцова, Вржесинская, Мазо, 2013; Намазов и др., 2019; Раджабкадиев и др., 2019; Григорьева, 2020; Мартусевич, Карузин, 2021; Minoz et al.,

2017), микроэлементы (Вировец, 2009; Орджоникидзе и др., 2014; Зайцева и др., 2016; Горбачёв, 2018; Скальный и др., 2018; Корнякова и др., 2023; Olechnowicz et al., 2018]. В числе большого количества препаратов, обладающих антирадикальным действием, оптимальный результат получили в результате превентивного применения спортсменами дигидрокверцетина (ДГК) для понижения риска формирования оксидативного стресса и обеспечения устойчивости окислительно-антокидантного равновесия (Харченко, Дмитриев, 2016; Фомичев и др., 2017; Калинина и др., 2019). Дигидрокверцетин (витамин Р, биофлавоноид) содержится в оболочке большого числа овощей и фруктов, репчатый лук, расторопша, кора и древесина кедра и лиственницы (Плотников и др., 2005). Дигидрокверцетин - антиоксидант прямого действия, способный нейтрализовать свободные радикалы кислорода, разрывая цепи окисления, восстанавливая окисленные соединения, активируя ферменты АОЗ (супероксиддисмутаза и каталаза), восстанавливая антиоксидантную активность SH-групп, аскорбиновой кислоты и токоферола, связывая металлы (Fe и др.) с переменной валентностью (Бизюк, Королевич, 2013; Зверев, 2017; Мартусевич и др., 2018; Миняйло и др., 2020).

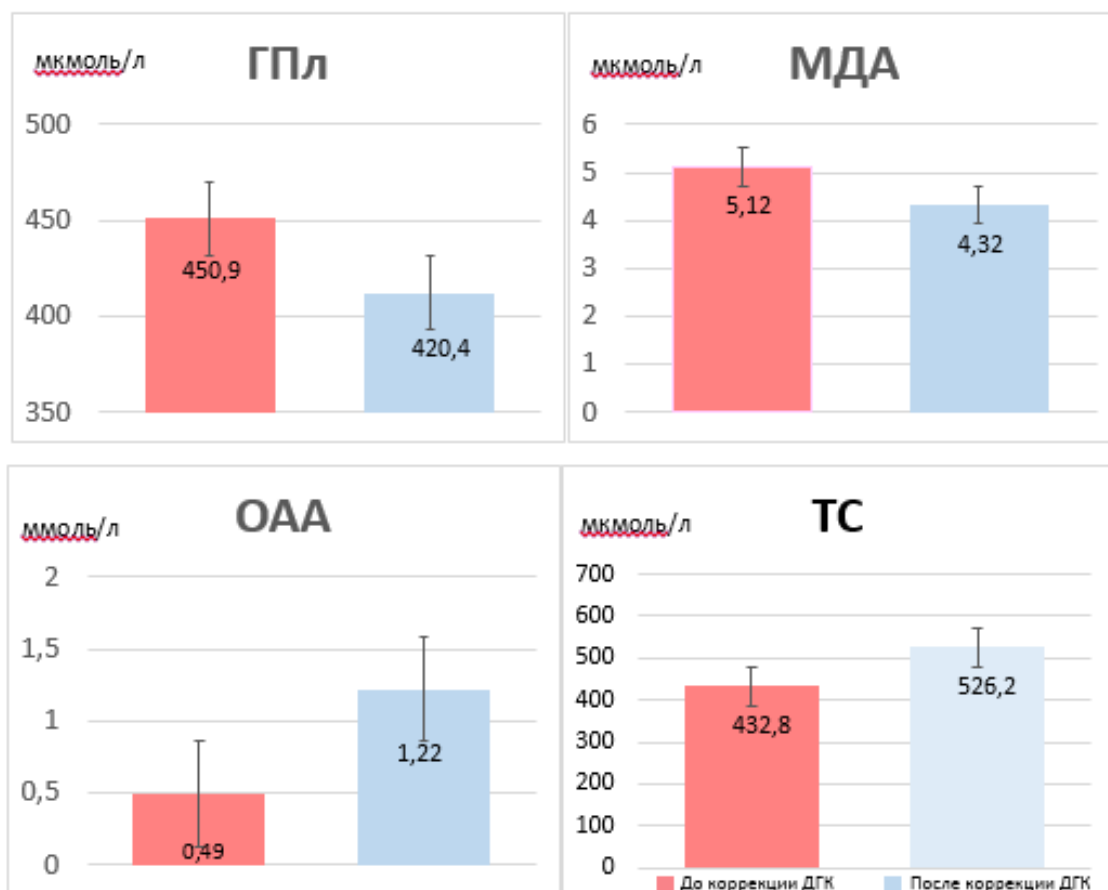
Установлено преобладание антиоксидантной активности ДГК над витаминами-антиоксидантами (А, Е, С, D) (Накусов, 2010). Наряду с мощной антиоксидантной активностью, ДГК обладает кардиопротекторными, иммуномодулирующими, противовирусными, противовоспалительными, антиканцерогенными, противодиабетическими и др. свойствами (Бизюк, Королевич, 2013; Шелковская и др., 2015; Зверев, 2017; Самбукова и др., 2017; Li et al., 2016; Asmi et al., 2017; Tungmunthum et al., 2018; Martinez et al., 2019). Умеренное активирование ПОЛ, сопровождающая физические нагрузки, благоприятно влияет на репарацию мышц, способствуя ее адаптации к напряженной мышечной деятельности (Корнякова, Бадтиева, Конвай,

2020). В случае же избыточного накопления свободных радикалов на фоне снижения активности системы АОЗ наблюдается повреждение мембран миоцитов с нарушением их свойств (Ammar et al., 2016). Следует отметить, что в настоящее время в литературных источниках редко встречаются ссылки на исследования обоснования применения антиоксидантов, в особенности, ДГК в случае развития вызванным физической нагрузкой утомления. Результаты использования дигидрокверцетина (120 мг в течение двух месяцев) у спортсменов зимних видов спорта в условиях северного региона представлены в таблице 4.5.1.

**Таблица 4.5.1. - Влияние дигидрокверцетина на показатели физической работоспособности, окислительного метаболизма и содержание витаминов-антиоксидантов у юношей спортсменов в условиях физической нагрузки "до отказа" ( $M \pm m$ )**

Показатели	Обследованные спортсмены		
	до коррекции ДГК n=28	после коррекции ДГК, n=28	P
Время нагрузки, сек.	18,9±1,02	22,6±1,24	<b>0,025</b>
МПК, абсолютное, мл/мин	3324±187,6	4067±206,2	<b>0,010</b>
МПК, относительное, мл/мин/кг	46,9±2,54	60,1±3,17	<b>0,001</b>
МЕТ, у.е.	17,9±0,96	19,6±1,14	0,259
ЧСС макс, уд/мин	196,8±5,80	174,6±6,22	<b>0,016</b>
Лактат, ммоль/л	9,46±0,78	6,82±0,59	<b>0,017</b>
ГПЛ, мкмоль/л	450,9±11,6	420,4±8,2	<b>0,016</b>
МДА, мкмоль/л	5,12±0,26	4,32±0,22	<b>0,026</b>
ОАА, ммоль/л	0,49±0,05	1,22±0,09	<b>0,000</b>
ТС, мкмоль/л	432,8±31,5	526,2±25,1	<b>0,024</b>
КОС, у.е.	9,82±0,88	2,89±0,27	<b>0,000</b>
Витамин А, мкг/мл	0,49±0,03	0,61±0,05	<b>0,044</b>
Витамин Е, мкг/мл	4,53±0,21	5,15±0,32	0,277
Витамин D, нг/мл	21,7±1,9	23,6±2,1	0,505
Витамин С, мг/мл	4,10±0,37	4,75±0,44	0,263

Выявлено позитивное действие ДГК на параметры работоспособности: существенное повышение МПК (абсолютного и относительного на 22,3% и 28,1%) снижение ЧСС (макс.) на 12,4% и лактата (в 1,4 раза) в крови. Отмечена нормализация параметров окислительно-восстановительного баланса у находящихся под наблюдением юношей-спортсменов: помимо коэффициента окислительного стресса (КОС) все показатели как перекисного окисления липидов, так и антиоксидантной системы защиты человека стали соответствовать физиологически оптимальным параметрам (рис. 4.5.1).

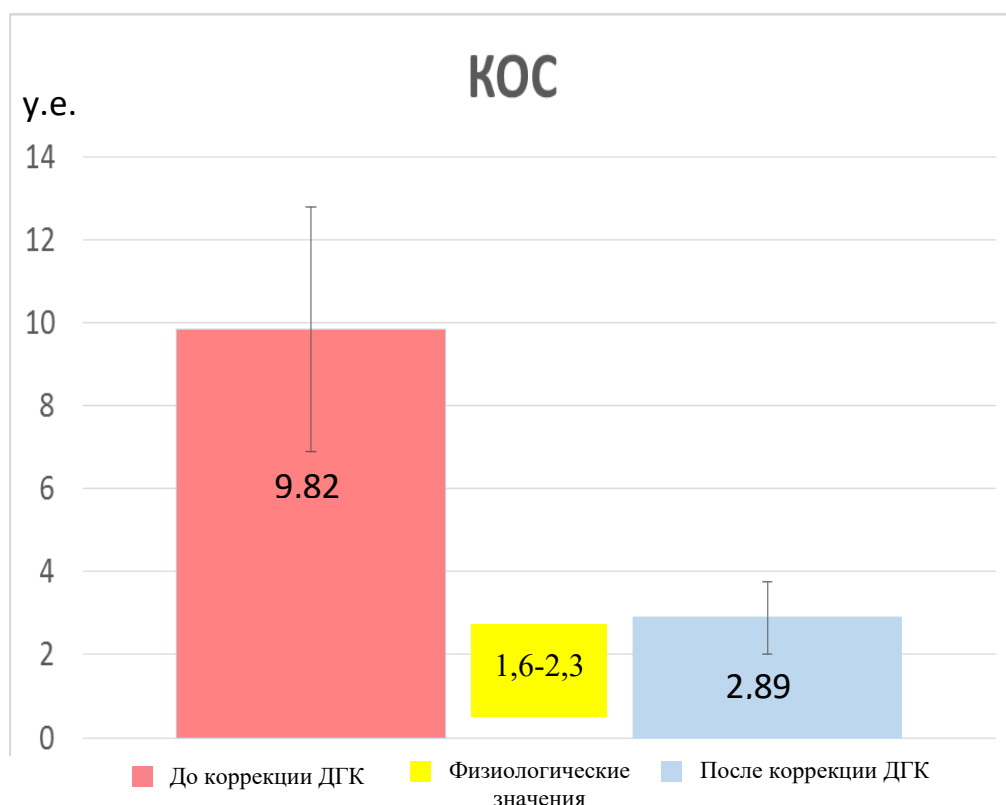


**Рис. 4.5.1. Сравнительные показатели окислительного метаболизма до и после двухмесячного приема дигидрокверцетина юношами-спортсменами северного региона**

При этом наблюдалось достоверное снижение (в 1,15 раза) первичных (гидроперекиси липидов – ГПл,  $p=0,012$ ) и вторичных (малоновый диальдегид – МДА,  $p=0,021$ ) показателей ПОЛ параллельно со

статистически значимым повышением параметров АОЗ: ОАА ( $p=0,006$ ) и ТС ( $p=0,037$ ). В то же время КОС, несмотря на достоверное понижение в 2,8 раза сравнительно с исходным значением, все-таки оказался в 1,5 раза выше верхней границы физиологической нормы (рис. 4.5.2).

Нами отмечено лишь незначительное повышение концентрации витаминов-антиоксидантов в сыворотке крови, что связано с экономией расхода антирадикальных собственных ресурсов в виде данных микронутриентов.



**Рис. 4.5.2. Параметры коэффициента окислительного стресса до и после коррекции дигидрокверцетином у спортсменов Севера**

Таким образом, метаболическая коррекция состояния системы окислительного метаболизма с использованием дигидрокверцетина у лыжников и биатлонистов ХМАО повлекла за собой нормализацию окислительно-антиоксидантного баланса: достоверному понижению показателей перекисного окисления липидов в сочетании с повышением антиоксидантных показателей.

В обычных условиях физическая активность представляет собой мощный оздоровительный фактор, расширяющий функционирование органов и систем человеческого организма. Благотворное воздействие на деятельность кардиоваскулярной, дыхательной, костно-суставной, мышечной и других систем организма не вызывает сомнений, что немаловажно на фоне роста интеллектуальных, психоэмоциональных и пр. нагрузок в сочетании с постоянно ухудшающейся экологической обстановкой. Общеизвестно принципиальное значение двигательной активности на метаболизм и функциональное состояние практически всех систем организма человека. Важно подчеркнуть, что обследуемые нами юные спортсмены, тренировались в суровых природно-климатических условиях Севера.

Физиологические системы каждого человека, проживающего в неблагоприятных природно-климатических условиях, испытывают ежедневные большие нагрузки (Нагорнев и др., 2019; Стародед и др., 2020; Ульяновская и др., 2020). Вместе с тем занятия спортом оказывают дополнительное воздействие на организм спортсмена, проживающего и тренирующегося на Севере, что отражается на состоянии функциональных систем его организма (Кобелькова и др., 2022). Плюс ко всему у лыжников и биатлонистов в холодное время года тренировки проходят на свежем воздухе в любую погоду, включая морозную. Исходя из этого, важным является сохранение оптимальных функций организма спортсменов с наличием солидных запасов прочности на продолжительный период времени (Бойко и др., 2019; Солопов, 2019]. В то же время имеется достаточно данных о значимости процессов пероксидации для мышечной нагрузки и участия ПОЛ в развитии дизадаптационных расстройств у лиц, занимающихся спортом: активация перекисного окисления липидов с повышением числа реакционных форм кислорода в сочетании с истощением резервов антиоксидантной системы защиты. Все это сопутствует интенсивным физическим нагрузкам и способно спровоцировать значимые отклонения в функционировании организма спортсмена, сводя

на нет положительное действие физической активности на работоспособность, выносливость и результативность занятий спортом (Калинкин и др., 2014; Величко, 2015; Гасанова и др., 2019; Грушин и др., 2019; Алиев, 2020; Bailey, Lawrenson, Mc Eney, 2007; Gomez-Cabrera et al., 2009, 2010; Fogarty et al., 2011; Steinbacher, Eckl, 2015; Munoz et al., 2017; Powers et al., 2020; Gunina et al., 2021; Sawada et al., 2023).

Перманентные изменения работы мышечного аппарата на протяжении занятий спортом детерминирует формирование дисбаланса между повышением потребления  $O_2$  на фоне снижения его потребления органами и тканями организма. Это приводит к развитию относительной кислородной недостаточности в скелетных мышцах, способное стимулировать переизбыток активных форм кислорода с развитием окислительного стресса (Steinbacher, Eckl, 2015; Sawada et al., 2023). Нами зарегистрировано повышение содержания в сыворотке крови первичных (ГПл) и вторичных (МДА) продуктов перекисного окисления липидов, значения которых оказались выше максимального предела референтных величин (табл. 4.5.1), что соответствует результатам изысканий других авторов (Гунина, 2016; Величко, 2015; Львовская и др., 2015; Грушин и др., 2019; Bjørklund, Chirumbolo, 2017; Munoz et al., 2017; Gunina et al., 2021).

Известно, что появление большого количества пероксидных радикалов сопряжено с активацией процессов адаптации к негативным условиям Севера. Это означает, что поддержка окислительного-антиоксидантного баланса является определяющим фактором в формировании компенсационных процессов при спортивных сверхнагрузках. Непрерывное увеличение объема и интенсификация физических нагрузок негативно влияет на антиоксидантные резервы организма спортсменов (Gunina et al., 2021; Clemente-Suárez et al., 2023], что подтверждается и нашим исследованием: сниженные показатели ОАА ТС были зафиксированы у 35% лыжников и биатлонистов ХМАО. Это способствует неблагоприятному действию на работоспособность,



повышение спортивных достижений и способствовать формированию утомления со снижением результативности тренировочного процесса (Корнякова и др. 2016; Брук и др., 2017; Дикунец и др., 2019; Гарнов и др., 2018; Шараш, Будко, 2020; Еликов, 2021; Ovchinnikov et al., 2022).

Итак, проведенный нами анализ влияния значительных физических нагрузок на окислительный гомеостаз у юных лыжников и биатлонистов северного региона расширяет пределы исследований различных экстремальных факторов с точки зрения их прооксидантного воздействия на организм человека. Изучение роли окислительно-восстановительных механизмов при интенсивной мышечной активности позволит выявить новые подходы к исследованиям биохимии физической культуры, что имеет важное значение для фундаментальных и прикладных исследований в спорте высоких достижений.

Максимальная мобилизация всех адаптивных способностей организма неминуемо сопровождает спортивные успехи. Высокая физическая активность обуславливает наряду с дополнительным потреблением микронутриентов с антиоксидантной активностью и прием биодобавок, включающих большие количества витаминов и биоэлементов. Доказано увеличение активности ферментов АОЗ и стрессоустойчивости у спортсменов под влиянием регулярных тренировок (Колесникова и др., 2017; Powers et al., 2016; Gunina et al., 2021; Clemente-Suárez et al., 2023). Активные формы кислорода способны воздействовать позитивно с формированием адаптации организма спортсменов к повышению физической нагрузки и негативно с атиквацией окислительного стресса. Из обследуемых спортсменов 27(46,6%) были перворазрядниками, 22(37,8%) имели звания кандидата в мастера спорта и лишь 9(15,6%) – мастерами спорта. Другими словами, большая часть юных спортсменов из-за молодого возраста кратковременного периода занятий спортом на момент обследования еще пребывали в стадии метаболической адаптации к высокому уровню физических нагрузок, что спровоцировало отклонение

окислительно-восстановительного баланса в сторону активации ПОЛ, что и выявили результаты нашего исследования (табл. 3.6.1; табл. 4.5.1).

Установлено, что продолжительные расстройства окислительного метаболизма развиваются в случае значительных по интенсивности и объему, а также длительных физических нагрузках (Гунина, 2016, 2018; Powers et al., 2020). Нелишне отметить, что "цена адаптации" повышается из-за неконтролируемого стимулирования процессов перекисного окисления липидов в сочетании со снижением ресурсов антиоксидантной системы защиты, что ведет к дезорганизации адаптивных систем организма и развитию преморбидных состояний у спортсменов, являющихся предикторами формирования у них неинфекционных заболеваний (Колесникова и др., 2017; Меньщикова и др., 2017).

Многочисленные исследования доказали общий путь активных аэробных и анаэробных нагрузок, ведущих к оксидативному стрессу (Грушин и др., 2019; Powers et al., 2016, 2020; Gomez-Cabrera et al., 2021; Clemente-Suárez et al., 2023; Sawada et al., 2023). Но, по мнению ряда ученых, в циклических видах спорта, к каким относятся лыжные гонки и биатлон, превалируют аэробные нагрузки, являются причиной наиболее активно проявляющегося оксидативного стресса по сравнению с силовыми видами спорта (толкание ядра, метание диска, борьба и др.), для которых в большей степени характерны повреждения мышц. (Корнякова и др., 2016; Алиев и др., 2017, 2020; Еликов, Коростелёва, 2021). Это подтверждено результатами нашего исследования. С учетом вышеизложенного, актуальная диагностика и корригирование окислительно-антиоксидантного равновесия у спортсменов является определяющим в комплексе мероприятий обеспечения здоровья, реабилитации во время периода восстановления и, в конечном счете, содействует повышению их спортивных результатов.

На фоне большого числа биологически активных добавок с антирадикальной активностью, дигидрокверцетин отличается высокой эффективностью и безопасностью использования. Нелишне отметить, что

даже такая мощная антирадикальная поддержка, как ежедневный прием 120 мг ДГК на протяжении трех месяцев привел к несомненному улучшению параметров окислительного метаболизма, но показатели ПОЛ все же оказались у верхнего предела физиологически оптимальных значений, а параметры АОЗ - у нижнего в комбинации с увеличенным в 1,5 раза параметром КОС (табл. 4.1.1).

На наш взгляд, существует две причины данному положению вещей:

- во-первых, юноши занимались аэробными видами зимнего спорта (лыжные гонки, биатлон), что само по себе предполагает большее поступление кислорода с последующим его преобразованием, в том числе и в активные формы кислорода, в организме спортсменов во время тренировок и соревнований; во-вторых, находящиеся под наблюдением лица, являясь жителями северного региона и студентами Югорского колледжа-интерната олимпийского резерва ХМАО, тренировочный процесс которых проходил в суровых условиях, что можно рассматривать как жизнедеятельность при дополнительных функциональных нагрузках, приводящих к развитию синдрома полярного напряжения, или северного стресса. Наряду с биохимическими изменениями паратетров окислительно-антиоксидантного баланса спортсмены отметили улучшение общего самочувствия, повышение порога усталости, укорочение периода восстановления после интенсивных тренировок и пр.

Таким образом, интенсификация свободнорадикального окисления, вызванного результатами чрезмерных физических нагрузок, демонстрирует наличие прежде всего приоритетного фактора, который влияет на предел выносливости, работоспособности, поступательного роста спортивных достижений у спортсменов и может повлечь за собой дизадаптивные расстройства и даже развитие патологических состояний. Поэтому с физиологической точки зрения целесообразно проводить профилактическую коррекцию метаболической адаптации спортсменов, используя в своем арсенале более широкое использование биологически активных веществ, в первую очередь флавоноидов, которые обладают

мощным антирадикальным эффектом, что позволяет не только предотвращение избыточного накопления свободных радикалов, но и восстановление функциональной активности АОС.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интенсивная работа мышц зачастую является причиной физического утомления и оказывает негативное воздействие на работоспособность и результативность тренировок. Физическое утомление может содействовать развитию по спроществии времени перенапряжения, представляющего угрозу эффективности подготовительного периода перед ответственными соревнованиями (Корнякова и др., 2016; Шераш, Будко, 2020]. При физическом утомлении появляется снижение работоспособности и возникает субъективное ощущение нарастающей усталости, что сопровождается нарушением координации движений, потливостью, одышкой, ослаблением функций кислородтранспортной системы (Корнякова и др., 2020).

В связи с этим возникла необходимость в разработке современных методов исследования, позволяющим спрогнозировать уже на раннем этапе развитие утомления. К таковым можно отнести следующие: физиологические, биохимические, психофизиологические. В спортивной медицине наиболее часто осуществляют текущий контроль за состоянием функциональных систем организма, подвергающегося максимальным физическим нагрузкам, посредством проведения биохимического анализа различных показателей метаболического статуса (Самойлов и др., 2018; Балберова и др., 2020; Головин, Айзман, 2022; Гришина и др., 2022; Дикунец и др., 2022). Вместе с тем следует отметить, что до сих пор нет единого мнения о целесообразности их применения в качестве диагностического критерия раннего выявления утомления.

Известно, что интенсивная тренировочная деятельность спортсмена сопровождается воздействием физической нагрузки, которая влияет на окислительно-антиоксидантный баланс, детерминируя превалирование образования свободных радикалов (Алиев, 2020; Sawada et al., 2023].

Принимая во внимание указанные сведения, в настоящее время при проведении диагностики утомления и перетренированности используют оценку функционального состояния системы АОЗ, которая адекватно реагирует на изменения характера и объема физической нагрузки. Так, в исследованиях ряда авторов было убедительно продемонстрировано снижение показателей активности ферментов и концентрации глутатиона в крови спортсменов (Корнякова с соавт., 2016; Gunina et al., 2021). Авторами было установлено, что у спортсменов циклических видов спорта, которые были обследованы в ходе тренировочного цикла, утомление развивалось на фоне заметного снижения (от 10% до почти 20%) активности ферментов АОС в крови. Этому предшествовало стойкое повышение уровня (до 32,6%) вторичного продукта ПОЛ - малонового диальдегида. Полученные данные указывают на несостоятельность защитной функции АОС в обезвреживании липопероксидов в организме, содержание которых увеличивается в скелетных мышцах при интенсивных физических нагрузках и сопровождается деструкцией мембран миоцитов (Clemente-Suárez et al., 2023).

Таким образом, на основании полученных результатов, по-видимому, следует считать, что вышеуказанные показатели состояния антиоксидантного статуса могут представлять собой информативный биохимический критерий, позволяющий спрогнозировать уже в начальном периоде развитие физического утомления.

Другим направлением в исследовании воздействия физических нагрузок на работоспособность и предупреждение в последующем формирования утомления — это подбор наиболее эффективных препаратов с выраженным антиоксидантным действием. В литературе имеются сведения об использовании различных антиоксидантов в коррекции дисбаланса ПОЛ/АОС и улучшении адаптационных возможностей организма на фоне напряженной мышечной работы. Так, в исследованиях Намазова А.К. и др. (2019) была доказана эффективность

комплексного антиоксидантного препарата "Триовит" (состав: витамины С, Е,  $\beta$ -каротин, биоэлемент селен), применение которого в период подготовки к соревнованиям положительно влиял на показатели физической выносливости (Намазов и др., 2019). Наряду с этим заслуживает внимание использование в спортивной медицине  $\alpha$ -липоевой кислоты, эффективность которой проявляется в виде повышения базового уровня активности системы АОЗ, снижения концентрации высокореакционных продуктов ПОЛ, улучшении параметров работоспособности (Корнякова и др., 2017; Тутельян и др., 2019; Габитов и др., 2020). В ходе апробации данного средства было установлено, что механизм его антиоксидантного действия осуществляется посредством ликвидации избыточной продукции АФК, липопероксидов, гидроксильных радикалов, обладающих способностью вызывать фрагментацию молекул ДНК и нарушать синтез белка.

Наше внимание привлекли исследования ряда авторов по использованию мощного антиоксиданта растительного происхождения - микронизированного дигидрокверцетина (ДГК), которым обогащали продукты в ежедневном рационе питания спортсменов, претерпевающим умеренные физические нагрузки (Митчелл и др., 2014; Калинина и др., 2019; Asmi et al., 2017; Riva et al., 2018). В последние годы появились публикации результатов исследования эффективности применения инкапсулированной наноэмульсии дигидрокверцетина в составе продуктов питания у спортсменов, физическая нагрузка которых была малой интенсивности (тренировочный процесс проходил не менее двух раз в неделю) (Калинина и др., 2019). Результаты приема дигидрокверцетина указывали на рациональность введения его в пищевой рацион спортсменов для ежедневного приема с учетом минимизации рисков расстройства окислительно-антиоксидантного баланса обеспечения регуляции процессов окислительного гомеостаза.

Таким образом, многими исследованиями была зафиксирована эффективность применения естественных антиоксидантов: витаминов С, Е,  $\beta$ -каротина, микроэлементов селена, цинка, а также различных форм ДГК, которые осуществляли адекватную поддержку окислительно-восстановительного равновесия, обеспечивая тем самым заметную устойчивость к физическим нагрузкам, улучшая показатели работоспособности и ускоряя восстановление организма. В литературе имеются сведения о том, что следует обоснованно назначать антиоксиданты, а именно: после предварительной оценки состояния антиоксидантного статуса спортсменов путем проведения мониторинга на индивидуальном уровне (Яшин и др., 2016). Пополнение экзогенными антиоксидантами системы АОЗ будет целесообразно лишь в том случае, когда она не способна эффективно нейтрализовать избыток продуктов ПОЛ, образующихся особенно в период соревнований и восстановления после интенсивных физических нагрузок в подготовительном цикле тренировок (Kancheva, Kasaikina, 2013; Clemente-Suárez et al., 2023].

Итак, следует констатировать, что в спортивной медицине следует придерживаться аргументированного применения различных антиоксидантов, суть которого заключается в том, чтобы результативно поддерживать окислительный гомеостаз (прооксидантно-антиоксидантное равновесие), что, безусловно, является основополагающим в процессе развития метаболической адаптации у спортсменов, испытывающим интенсивные физические нагрузки. Современный анализ состояния показателей окислительного метаболизма позволяет провести индивидуальную оценку общей антиокислительной активности биоматериалов (кровь, слюна) человека, содержания первичных и вторичных продуктов ПОЛ (гидроперекись липидов, малоновый диальдегид и др.), что предоставляет возможность иметь в распоряжении наиболее полную и объективную информацию. Это позволит более широко использовать различные витаминно-минеральные комплексы,



экзогенные антиоксиданты наряду с тщательно сбалансированным по макро- и микронутриентному составу рационом питания.

Несмотря на увеличение в последние годы количества научных публикаций, посвященных изучению влияния интенсивных физических нагрузок на организм спортсменов, которые нередко сопровождаются активизацией свободнорадикального окисления и приводят к развитию утомления и снижению работоспособности, ряд вопросов нуждаются в решении:

1. учитывая влияние негативных северо-специфических факторов на формирование расстройств адаптации у жителей высоких широт, включая спортсменов, требуется комплексный подход к оценке физиологических особенностей метаболических процессов;
2. нехватка в научной спортивной литературе точных методических рекомендаций для выбора рациона питания, наилучшим образом отвечающего запросам юного возраста спортсменов, испытывающим интенсивные физические нагрузки, особенно при проживании и проведении тренировок в условиях негативных климатических факторов Севера;
3. витаминно-элементный статус юных спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта типа лыжных гонок и биатлона в северном регионе, большинство исследователей оценивали лишь по содержанию единичных витаминов и химических элементов в биосубстратах, что затрудняло общее оценивание метаболических сдвигов, являющихся свидетельством раннего формирования у них нарушений адаптации.

Поэтому было проведено комплексное исследование физиологических особенностей кардиореспираторной системы, пищевых рационов, параметров витаминно-элементного статуса и окислительно-антиоксидантного баланса у юношей: спортсменов с высоким уровнем физической активности и студентов медицинского вуза, отличающихся низкой физической подготовленностью. Также были установлены

взаимосвязи между физической работоспособностью, параметрами окислительного метаболизма, обеспеченностью организма витаминами А, Е, D, С и биоэлементом Se у юношей спортсменов, которые продемонстрировали снижение физической работоспособности после максимальной физической нагрузки. Наряду с этим мы посчитали целесообразным провести коррекцию метаболического статуса мощным антиоксидантом - дигидрокверцетином, так как к данному флавоноиду растительного происхождения растет интерес в последние годы, в том числе и среди спортсменов (Калинина и др., 2019; Asmi et al., 2017; Riva et al., 2018). Этот этап исследования был обусловлен тем, что максимальные физические нагрузки, которые испытывают спортсмены как в периоде тренировок, так и соревнований, способствуют формированию лакто- и кетоацидоза, избыточному накоплению высокореакционных свободных радикалов и липопероксидов, создающих предпосылки для преждевременного развития утомления и снижения показателей физической работоспособности организма. Следует также отметить, что тренировочный процесс у обследованных нами юношей проходил в условиях дополнительного негативного воздействия природно-климатических факторов Севера, которые усугубляли состояние окислительного метаболизма посредством истощения эндогенных антиоксидантов, входящих в состав антирадикальной системы защиты организма (Шадрина, Потолицына, Паршукова и др., 2018). В связи с этим продолжительный прием (в течение двух месяцев) дигидрокверцетина способствовал повышению антиоксидантных ресурсов организма и достижению оптимального равновесия в системе ПОЛ/АОС, снижению уровня лактата в крови, улучшению показателей мышечной работоспособности спортсменов.

Таким образом, для достижения высоких спортивных результатов необходима своевременная профилактическая коррекция метаболических сдвигов путем оптимизации рациона питания и использования

эффективных биологически активных средств, в том числе флавоноидов растительного происхождения, обладающих мощным антиоксидантным действием.

## 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), необходимо 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 совершенствования адаптационных возможностей организма, подвергающегося интенсивным физическим нагрузкам, а также для возрастания выносливости и предотвращения преждевременного утомления рекомендуется проводить комплекс профилактических мероприятий, направленных на возмещение дефицита витаминов-антиоксидантов и дисбаланса микроэлементов с использованием сбалансированного по нутриентам адекватного питания и БАДов.
3. При выявленном нарушении окислительного метаболизма, обусловленного 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алборов, Р.Г. Витамин D: источник и биологическая роль / Р.Г. Алборов, Е.А. Сибирякова, А.В. Георгиевская // Записки ученого. – 2022. – № 1-1. – С. 98-101.
2. Алиев, С.А. Влияние интенсивных физических нагрузок на оксидативный стресс и антиоксидантные изменения организма спортсменов / С.А. Алиев // Chronos: естественные и технические науки. – 2020. – Т. 30, № 2. – С. 17-22.
3. Анализ гипотез развития синдрома перетренированности / М.А. Дикунец, Г.А. Дудко, Е.Н. Шачнев [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т.9, № 2. – С. 5-14.
4. Анализ питания студенческой молодежи /А.А. Антонова, Г.А. Яманова, А.Э. Мусаева [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 8-2(110). – С. 64-66.
5. Андриянова, Е.Ю. Преимущества и недостатки тестов по оценке уровня общей физической работоспособности спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой / Е.Ю. Андриянова // Наука и спорт: современные тенденции. – 2022. – Т. 10, № 3. – С. 6-13.
6. Балберова, О.В. Параметры функциональной подготовленности, сопряженные с высокой физической работоспособностью у спортсменов циклических видов спорта / О.В. Балберова, Е.В. Быков, А.В. Чипышев // Современные вопросы биомедицины. – 2020. – Т. 4, № 3 (12). – С. 5-14.
7. Батурин, А.К. Роль кальция в обеспечении здоровья и снижении риска развития социально значимых заболеваний / А.К. Батурин, Х.Х. Шарафетдинов, В.М. Коденцова // Вопросы питания. – 2022. – Т. 91, № 1. – С. 65-75.

8. Бахарева, А.С. Физиологическая адаптация к большим тренировочным нагрузкам, развивающим выносливость спортсменов / А.С. Бахарева, А.П. Исаев, Е.Ю. Савиных // Человек. Спорт. Медицина. – 2016. – Т. 16, № 1. – С. 29-33.
9. Бахарева, А.С. Особенности функционального ответа организма лыжников-гонщиков с различными скоростными показателями в нагрузочном тесте / А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова, В.В. Эрлих // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6, № 2 (19). – С. 12-17.
10. Бизунок, Н.А. Современные представления о дефиците витамина D, средствах его профилактики и лечения / Н.А. Бизунок, В.Г. Крючок, О.Г. Агейчик // Лечебное дело. – 2017. – Т. 54, № 2. – С.14–23.
11. Бизюк, Л.А. Антиоксидант дигидрокверцетин: клинико-фармакологическая эффективность и пути синтеза / Л.А. Бизюк, М.П. Королевич // Лечебное дело. – 2013. – Т. 29, № 1. – С. 13-19.
12. Бикбулатова, Л.Н. Оценка поступления микронутриентов с пищей у некоренного населения городов Ханты-Мансийск и Салехард / Л.Н. Бикбулатова, В.И. Корчин, Т.Я. Корчина // Экология человека. – 2021. – № 9. – С. 20-26.
13. Биохимические основы здорового питания спортсменов в условиях активного мышечного анаболизма / Н.Н. Котляр, Е.Г. Цапов, Е.В. Коробейникова, К.Е. Жарова // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2019. –Т. 10, № 2. – С. 139-143.
14. Бичев, В.Г. Перетренированность у спортсменов / В.Г. Бичев // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – Т. 46, № 7-1. – С. 28-32.
15. Блинова, Т.В. Влияние интенсивных физических нагрузок на биохимические показатели систем антиоксидантной защиты и



- оксида азота у спортсменов-пловцов / Т.В. Блинова, Л.А. Страхова, С.А. Колесов // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – № 10. – С. 860-865.
16. Бонько, Т.И. Актуальность использования эргогенических средств в подготовке спортсменов / Т.И. Бонько, О.А. Ницина // В сборнике: Физическая культура и спорт: актуальные проблемы, тенденции и пути оптимизации. Материалы международной научно-методической конференции. Иркутский государственный университет. – 2019. – С. 32-35.
  17. Быков Е.В. Построение тренировочного процесса на основе совершенствования методов контроля функционального состояния и учета генетических факторов: монография / Е.В. Быков, О.И. Коломиец, Н.Г. Зинурова, А.В. Чипышев, Е.В. Леконцев / Под ред. Е.В. Быкова. – Челябинск: Уральская академия, 2018. – 130 с.
  18. Взаимосвязь гематологических и биохимических параметров крови у спортсменов разных возрастных групп / А.З. Даутова, Г.Г. Янышева, Р.Ю. Якубов [и др.] // Наука и спорт: современные тенденции. – 2022. – Т. 10, № 3. – С. 14-21.
  19. Величко, Т.И. Свободнорадикальные процессы и возможное проявление оксидативного стресса в условиях физических нагрузок / Т.И. Величко // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2015. – Т. 19, № 4. – С. 286-293.
  20. Вировец, А.А. О повышенных потерях макро- и микроэлементов при занятии спортом и целесообразности их компенсации биологически активными добавками / А.А. Вировец // Вопросы питания. – 2009. – Т. 78, № 2. – С. 67-73.
  21. Витаминные и антиоксидантные свойства токоферолов: характеристика молекулярных механизмов действия / В.А. Саркисян, В.М. Коденцова, В.В. Бессонова, А.А. Кочеткова // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № 3. – С. 5-11.

22. Влияние климатогеографических факторов Арктики на здоровье человека: метаболические и патофизиологические аспекты / С.Н. Нагорнев, И.П. Бобровницкий, С.М. Юдин [и др.] // Российский журнал восстановительной медицины. – 2019. – № 2. – С. 4-30.
23. Влияние климатогеографических факторов Севера на адаптивные реакции организма человека / С.А. Ульяновская, Д.В. Баженов, В.Г. Шестакова, М.Н. Калинин // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2020. – Т. 64, № 1. – С. 147–154.
24. Влияние физических нагрузок на состояние перекисного окисления липидов и системы антиоксидантной защиты / С.А. Алиев, А.К. Гасанова, С.С. Алибекова [и др.] // Научный альманах. – 2017. – Т. 31, № 5-3. – С. 255-261.
25. Возможности регулирования процессов гомеостаза при включении в рационы питания людей, занимающихся спортом малой интенсивности, продуктов, обогащенных антиоксидантами / И.В. Калинина, И.Ю. Потороко, Н.В. Попова [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 110–116.
26. Возрастные технологии, механизмы управления и регуляции звеньев специальных функциональных систем в условиях подготовки спортивного резерва / А.П. Исаев, А.В. Шевцов, В.И. Заляпин [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № S2. – С. 21-31.
27. Габитов Т.Р. Перспективы применения альфа-липоевой кислоты при физических нагрузках / Т.Р. Габитов, А.А. Цибизова, А.Л. Ясенеvская // Культура физическая и здоровье. – 2020. – Т. 83, № 3. – С. 152-160.
28. Галимова, Р.М. Синергизм и антагонизм витаминов / Р.М. Галимова // В сборнике: Научные труды студентов и молодых ученых Ижевской ГСХА. ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, Ижевск, 2021. – С. 391-394.

29. Герасименко, Н.Ф. Методологические аспекты полноценного, безопасного питания: значение в сохранении здоровья и работоспособности / Н.Ф. Герасименко, В.М. Позняковский, Н.Г. Челнакова // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т.17, № 1. – С.79–86.
30. Гизатуллин, Р.З. Недопинговые психолого-педагогические, медико-биологические методы восстановления и повышения работоспособности спортсменов-единоборцев / Р.З. Гизатуллин, И.Ш. Мутаева, А.М. Мутаев // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2019. – Т. 14, № 4. – С. 40-47.
31. Головин, М.С. Физиологические и биохимические показатели, характеризующие физическую работоспособность при нагрузочном тестировании на тредбане и велоэргометре / М.С. Головин, Р.И. Айзман // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 14-21.
32. Голубкина, Н.А. Внутрирегиональная вариабильность селенового статуса населения. Юг России / Н.А. Голубкина, А.В. Синдирева, В.Ф. Зайцев // Экология развития. – 2017. – Т. 12, №1. – С.107-127
33. Гончаров, Е.В. Рационализация питания учащейся молодежи / Е.В. Гончаров, П.А. Волкова, Э.М. Клюкина // Аллея науки. – 2018. – Т. 3, № 1 (17). – С. 450-454.
34. Горбаткова, Е.Ю. Гигиеническая оценка питания студентов высших учебных заведений / Е.Ю. Горбаткова, Т.Р. Зулькарнаев, У.З. Ахмадуллин, Х.М. Ахмадуллина // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 5. – С. 540-545.
35. Горбачев, А.Л. Физиологическая роль микроэлементов в поддержании физической формы спортсменов. – Магадан: СВГУ, 2018. – 65 с.

36. Григорьева, Н.М. Использование антиоксидантов в спортивной практике / Н.М. Григорьева // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. – 2020. – Т. 25, № 1. – С. 23-36.
37. Гришина, Ж.В. Референтные интервалы биохимических показателей крови у юных спортсменов / Ж.В. Гришина, С.О. Ключников, В.С. Фещенко // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2022. – Т. 67, № 4. – С. 60-68.
38. Громова, О.А., Торшин И.Ю. Витамины и минералы между Сциллой и Харибдой / под ред. Е.И. Гусева, В.Б. Спиричева. – М.: МЦНМО, 2013. – 693 с.
39. Громова, О.А. Торшин И.Ю. Витамин D – смена парадигмы / под ред. акад. РАН Е.И. Гусева, проф. И.Н. Захаровой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 576 с.
40. Гунина, Л.М. Механизмы влияния антиоксидантов при физических нагрузках / Л.М. Гунина // Наука в олимпийском спорте. – 2016. – № 1. – С. 25-32.
41. Гунина, Л.М. Роль нутритивно-метаболического обеспечения в повышении эффективности соревновательной деятельности в юношеском спорте и спорте высших достижений / Л.М. Гунина, А.В. Дмитриев // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2018. – Т. 26, № 4. – С. 45-60.
42. Даутова, А.З. Уровень липидов в крови мужчин-спортсменов в зависимости от спортивной специализации / А.З. Даутова, В.Г. Шамратова // Наука и спорт: современные тенденции. – 2021. – Т. 9, № 3. – С. 6-14.
43. Денисова, Г.С. Пути совершенствования организации рационального питания студентов / Г.С. Денисова Л.А. Березуцкая // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2017. – Т. 4, № 1. – С. 73-84.

44. Дигидрокверцетин и арабиногалактан – природные биорегуляторы в жизнедеятельности человека и животных, применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: монография / Ю.П. Фомичев, Л.А. Никанова, В.И. Дорожкин [и др.] – М.: «Научная библиотека», 2017. – 702 с.
45. Динамика функциональных показателей, характеризующих порог анаэробного обмена, в велоэргометрическом тесте "до отказа" у юношей лыжников / Т.П. Логинова, Н.Н. Потолицына, Гарнов И.О. [и др.] // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2016. – Т. 138, № 6. – С. 4-8.
46. Дмитриев, А.В. Витамин D: роль в спорте и спортивной медицине (обзор литературы) / А.В. Дмитриев, А.С. Калинин // Наука в олимпийском спорте. – 2017. – № 1. – С. 56-74.
47. Дмитриев, А.В., Гунина Л.М. Основы спортивной нутрициологии: монография. СПб.: ООО «РА Русский Ювелир», 2018. – 560 с.
48. Добровольский, О.Б. Биохимические и гематологические критерии управления тренировочным процессом в спорте / О.Б. Добровольский, А.Ю. Сиденков, И.А. Лазарева // Спортивная медицина: наука и практика. – 2014. – № 4. – С. 24-31.
49. Доронина, О.К. Современные стратегии спортивного питания (обзорная статья) / О.К. Доронина, Е.Н. Кулага // Человек, Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № S2. – С. 131-138.
50. Дорошко, К.С. Здоровьесберегающее образование о вопросах вредного питания школьников / К.С. Дорошко, Л.М. Алдарова // Физическая культура, спорт и здоровье. – 2019. – № 33. – С. 138-141.
51. Евдокимов, В.П. Продукты питания как источник обеспечения селеном жителей Европейского Севера России / В.П. Евдокимов, Ю.А. Бахматова, Е.Н. Синицкая. – 2019. – № 9. – С. 59-64.

52. Еликов, А.В. Антиоксидантный статус у спортсменов при выполнении дозированной физической нагрузки и в восстановительном периоде / А.В. Еликов, А.Г. Галстян // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 2. – С. 23-31.
53. Еликов, А.В. Роль системы антиоксидантной защиты в развитии детренированности у спортсменов / А.В. Еликов, М.М. Коростелева // Спортивная медицина: наука и практика. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 78-83.
54. Елова, А.С. Исследование нутриентного состава питания студентов медицинского вуза / А.С. Елова, О.А. Завьялова // Материалы всероссийского научного форума студентов с международным участием «Студенческая наука – 2021». – Рязань, 2021. – Т. 4. – С. 206-207.
55. Заикина, И.В. Роль витамина D, цинка и селена в развитии неинфекционных заболеваний (обзор литературы) / И.В. Заикина, Н.Е. Комлева, А.Н. Микеров // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 7. – С. 730-735.
56. Зайцева, И.П. Влияние регулярных занятий спортом на концентрацию микронутриентов и минеральный состав крови / И.П. Зайцева, Е.С. Березкина, А.В. Скальный // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2016. – Т. 102, № 1. – С. 89-99.
57. Зайцева И.П. Закономерности обмена микронутриентов и иммунологической реактивности организма студентов с различным уровнем физической активности: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук: 03.03.01. - физиология / Зайцева Ирина Петровна. М.: 2019. – 44 с.
58. Зайцева, Н.В. Научные принципы применения биомаркеров в медико-экологических исследованиях (обзор литературы) / Н.В.

- Зайцева, М.А. Землянова, В.П. Чашин, А.Б. Гудков // Экология человека. – 2019. – № 9. – С. 4-14.
59. Зверев, Я.Ф. Флавоноиды глазами фармаколога. Антиоксидантная и противовоспалительная активность / Я.Ф. Зверев // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2017. – Т. 15, № 4. – С. 5-13.
  60. Значимость биохимических и гематологических показателей лыжников-гонщиков в процессе адаптации к тренировочным нагрузкам / А.С. Бахарева, В.И. Заляпин, Е.В. Харитонов, Г.В. Буданов // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 3. – С. 30–36.
  61. Изучение особенностей питания населения Европейской и Азиатской части арктической зоны России / А.К. Батурин, А.В. Погожева, А.И. Мартинчик // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 2. – С. 83-88.
  62. Интегральный показатель оценки окислительного стресса в крови человека / Л.И. Колесникова, Н.В. Семенова, Л.А. Гребенкина [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии. – 2014. – Т. 157, № 6. – С. 680-683.
  63. Казимов, М.А. Оценка физического развития и питания студентов-медиков / М.А. Казимов, Р.Х. Алиева, В.М. Казимова // Сибирский медицинский журнал. – 2018. – Т. 33, № 2. – С. 90-96.
  64. Канаровский, Е.Ю. Кинетика антиоксидантной активности  $\alpha$ -токоферола и некоторых его гомологов. Часть 1. Обзор проблемы. Теоретическая модель Е.Ю. Канаровский, О.В. Ялтыченко, Н.Н. Горинчой // Электронная обработка материалов. – 2017. – Т. 53, № 5. – С. 48-66.
  65. Керимов, А.А. Вопросы диагностики и значения уровня магния в организме человека / А.А. Керимов, Н.Р. Алиева // Биомедицина. – 2016. – № 4. – С. 8-12.

66. Кобелькова, И.В. Некоторые аспекты влияния экстремальных климатических факторов на физическую работоспособность спортсменов / И.В. Кобелькова, М.М. Коростелева, Д.Б. Никитюк // Спортивная медицина: наука и практика. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 25-36.
67. Ковшов, А.А. Оценка рисков нарушений здоровья, связанных с качеством питьевой воды, в городских округах Арктической зоны Российской Федерации / А.А. Ковшов, Ю.А. Новикова, В.Н. Федоров // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2019. – Т. 16, № 2. – С. 215-222.
68. Коденцова, В.М. Витамины и окислительный стресс / В.М. Коденцова, О.А. Вржесинская, В.К. Мазо // Вопросы питания. – 2013. – Т. 82, № 3. – С. 11-18.
69. Коденцова, В.М. Витамины как обязательный компонент сбалансированного питания спортсменов / В.М. Коденцова, О.А. Вржесинская // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2013. – № 4. – С. 4-10
70. Коденцова, В.М. Микронутриентные метаболические сети и множественный дефицит микронутриентов: обоснование преимуществ витаминно-минеральных комплексов / В.М. Коденцова, Д.В. Рисник // Микроэлементы в медицине. – 2020. – Т. 21, Вып.4. – С. 3-20.
71. Козлов, А.И. 25-гидроксивитамин D в различных группах населения Севера России / А.И. Козлов, Г.Г. Вершубская // Физиология человека. – 2019. – Т. 45, № 5. – С. 125-136.
72. Колесникова, Л.И. Свободнорадикальное окисление: взгляд патофизиолога / Л.И. Колесникова, М.А. Даренская, С.И. Колесников // Бюллетень сибирской медицины. – 2017. – Т. 16, № 4. – С. 6–29.



73. Коломиец, О.И. Особенности метаболических адаптационных изменений при различных физических нагрузках / О.И. Коломиец, Н.П. Петрушкина, Е.В. Быков // Наука. Инновации. Технологии. – 2017. – № 1. – С. 207-216.
74. Комплексный подход в оценке функционального состояния высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта в подготовительный период / Т.М. Брук, К.А. Стрелычева, Н.В. Осипова [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2017. – Т. 7, № 1. – С. 24-28.
75. Комплексный подход в диагностике и реабилитации спортсменов / Е.А. Галкина, С.А. Суворов, В.В. Храмов [и др.] // Бюллетень науки и практики. – 2022. – № 8. – С. 180-187.
76. Корнякова В.В. Изменение антиоксидантного статуса крови у спортсменов циклических видов спорта с разные периоды тренировочного процесса / В.В. Корнякова, В.Д. Конвай // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1. – С. 398-400.
77. Корнякова, В.В. Современное состояние вопроса прогнозирования физического утомления у спортсменов / В.В. Корнякова, И.В. Ашвиц, В.А. Муратов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11-5. – С. 923-925.
78. Корнякова, В.В. Биохимические критерии выявления утомления у высококвалифицированных спортсменов-пловцов / В.В. Корнякова, В.А. Бадтиева, В.Д. Конвай // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2020. – Т. 97, № 6-2. – С. 59.
79. Корогодина, Е.А. Особенности диет для различных видов спорта с включением в рацион спортивного питания / Е.А. Корогодина // Региональный вестник. – 2020. – Т. 54, № 15. – С. 21-22.
80. Коростелёва, М.М. Нутритивная поддержка в спорте: часть и роль макронутриентов в повышении выносливости спортсменов (обзор

- зарубежной литературы) / М.М. Коростелева, И.В. Кобелькова, Р.А. Ханферьян // Спортивная медицина: наука и практика. – 2020. – Т. 10, № 3. – С. 18-26.
81. Коррекция окислительного стресса природными антиоксидантами / Н.В. Симонова, В.А. Доровских, О.Н. Ли [и др.] // Бюллетень: физиологии и патологии дыхания. – 2014. – № 53. – С. 84-88.
82. Корчин, В.И. Сравнительная обеспеченность витаминами А, Е, С взрослого населения северного региона / В.И. Корчин, И.В. Лапенко, Ю.С. Макаева // Символ науки. – 2015. – № 12. – С. 212-216.
83. Корчин, В.И. Актуальные проблемы адаптации населения, проживающего в условиях урбанизированного Севера / В.И. Корчин, Ю.С. Макаева // Здоровье и образование в XXI веке. – 2016. – №.12. – С. 8-101.
84. Корчина, Т.Я. Экологические факторы Севера и селеновый статус некоренного населения / Т.Я. Корчина // Экология человека. – 2007. – № 5. – С. 3-7.
85. Корчина, Т.Я. Витамины и микроэлементы: особенности северного региона / Т.Я. Корчина, В.И. Корчин. – Ханты-Мансийск: Изд. дом «Новости Югры», 2014. – 516 с.
86. Корчина, Т.Я. Обеспеченность витамином D женщин Тюменского Севера / Т.Я. Корчина, А.С. Сухарева, В.И. Корчин // Экология человека. – 2019. – № 5. – С.31-36.
87. Корчина, Т.Я. Сравнительный анализ химического состава природных вод Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов / Т.Я. Корчина, В.И. Корчин // Здоровье населения и среда обитания. – 2022. – № 1. – С. 27-31.
88. Корчина, Т.Я. Взаимосвязи между элементным статусом и окислительным метаболизмом у жителей Ханты-Мансийского автономного округа с некачественной водоподготовкой / Т.Я.

- Корчина, В.И. Корчин // Здоровье населения и среда обитания. – 2022. – № 4. – С. 14-21.
89. Кочнева, Е.В. Клинические аспекты дефицита витамина Е / Е.В. Кочнева // Вопросы диетологии. – 2018. – № 8(4). – С. 33–43.
90. Кулемзина, Т.В. К вопросу о восстановлении спортсменов с синдромом перетренированности / Т.В. Кулемзина, Н.В. Криволап, С.В. Красножон // Вестник Луганского государственного педагогического университета. Серия 2. Физическое воспитание и спорт. – 2022. – Т. 81, № 2. – С. 80-84.
91. Куприянов, С.В. Влияние мелатонина на антиоксидантный статус спортсменов в условиях интенсивных физических нагрузок / С.В. Куприянов, Е.М. Лузикова, Д.А. Эркенов // Наука и спорт: современные тенденции. – 2018. – Т. 19, № 2. – С. 22-26.
92. Липоевая кислота: физиологическая роль и перспективы клинического применения / В.А. Тутельян, А.А. Махова, А.В. Погожева [и др.] // Вопросы питания. – 2019. – Т. 88, № 4. – С. 6-11.
93. Лукина, Е.А. Метаболизм железа в норме и патологии / Е.А. Лукина, А.В. Деженкова // Клиническая онкогематология. – 2015. – № 8 (4). – С. 355-361.
94. Львовская, Е.И. Особенности свободнорадикального окисления липидов высококвалифицированных конькобежцев-спринтеров в различные периоды тренировочного цикла / Е.И. Львовская, Н.А. Буторина, Я.О. Унжаков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: "Образование, здравоохранение, физическая культура". – 2015. – Т. 15, № 3. – С. 32-39.
95. Лямина, Н.П. Немедикаментозные здоровьесберегающие технологии в коррекции модифицируемых факторов риска у лиц молодого возраста / Н.П. Лямина, С.В. Лямина // Вопросы

- курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2019. – Т. 96, № 2-2. – С. 109-110.
96. Майлян, Д.Э. Роль дефицита магния в патогенезе сердечно-сосудистых заболеваний: современное состояние проблемы / Д.Э. Майлян, В.В. Коломиец // Российский кардиологический журнал. – 2017. – Т. 146, № 6. – С. 167-172.
  97. Макоева, Ф. К. Гигиеническая оценка пищевого статуса спортсмена // Медицинская наука и образование Урала. – 2021. – № 4. – С. 59-62.
  98. Малеев, Д.О. Формирование адаптоспособности лыжников-гонщиков в условиях интегративного тренировочного процесса / Д.О. Малеев // Вестник Томского государственного университета. – 2021. – № 463. – С. 156-161.
  99. Малоновъй диальдегид как показатель интенсивности перекисного окисления липидов в организме, в реакции к физической нагрузке / А.К. Гасанова, Г.М. Бехбутова, Е.М. Меджидова [и др.] // Научный вестник Академии физической культуры и спорта. – 2019. – Т. 1, № 1. – С. 65-68.
  100. Маркер адаптивных свойств гормонально-генетического профиля организма юных спортсменов при влиянии сочетанного воздействия гипоксии и физической нагрузки / Д.А. Сарайкин, В.И. Павлова, Ю.Г. Камскова [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 3. – С. 54-61.
  101. Мартинчик, А.Н. Оценка количества потребляемой пищи методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания. Метод. рекомендации / А.Н. Мартинчик. М.: – 1996. – 19 с.
  102. Мартусевич, А.К. Антиоксидантная терапия: современное состояние, возможности и перспективы / А.К. Мартусевич, К.А. Карузин, А.С.Самойлов // Биорадикалы и антиоксиданты. – 2018. – Т. 5, № 1. – С. 5- 23.

103. Мартусевич, А.К. Метаболическая оценка эффективности применения витаминно-минеральных комплексов у профессиональных спортсменов / А.К. Мартусевич, К.А. Карузин // Вопросы питания. – 2021. – Т. 90, № 1. – С. 94-101.
104. Медведев, О.С. Биологические свойства токотриенолов / О.С. Медведев, А.Ю. Иванова, Н.А. Медведева // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № 2. – С. 5-16.
105. Методология комплексной оценки адаптационного потенциала спортсмена к нагрузке / А.А. Спасский, М.А. Мягкова, А.И. Левашова [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т. 9, № 3. – С. 49-61.
106. Миняйло, Л.А. Метаболическая коррекция окислительно-восстановительного гомеостаза при помощи флавоноида дигидрокверцетина и биосорбента зостерина / Л.А. Миняйло // Научный медицинский вестник Югры. – 2020. – Т. 23, № 1. – С. 25-34.
107. Митчел, Э. Влияние кверцетина на устойчивость к повышенным физическим нагрузкам / Э. Митчелл, Дж.Лин, В. Аквароне // Вопросы диетологии. – 2014. – № 3 (4). – С. 21-27.
108. Мойсеёнок, Е.А., Оценка факторов, оказывающих влияние на развитие недостаточности витамина D / Е.А. Мойсеёнок, Л.В. Якубова, А.С. Морголь, А.В. Лемеш // Современные проблемы гигиены, радиационной и экологической медицины. – 2017. – № 7. – С. 137-145.
109. МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным

санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой, 22 июля 2021г.

110. Накусов, Т.Т. Влияние кверцетина и дигидрокверцетина на свободно-радикальные процессы в разных органах и тканях крыс при гипоксической гипоксии: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Накусов Тамерлан Тамерланович: 03.01.04. – Ростов-на-Дону, 2010. – 26 с.
111. Намазов, А.К. Влияние приема антиоксидантов на эффективность предсоревновательной подготовки студентов боксеров / А.К. Намазов, Л.В. Шамрай, К.А. Намазов // Научный вестник Академии физической культуры и спорта. – 2019. – Т. 1-3. – С. 111-117.
112. Никулина, Г.Ю. Современные критерии перенапряжения и гипотезы синдрома перетренированности у спортсменов / Г.Ю. Никулина // Прикладная спортивная наука. – 2020. – Т.11, № 1. – С. 98-105.
113. Никифорова, Н.А. Особенности питания жителей Севера (обзор литературы) / Н.А. Никифорова, Т.А. Карапетян, Н.В. Доршакова // Экология человека. – 2018. – № 11. – С. 20-22.
114. Нутрициом как направление "главного удара": определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи / В.А. Тутельян, Д.Б. Никитюк, А.К. Батурин [и др.] // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 24-34.
115. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство / под ред. В.А. Тутельяна, Д.Б. Никитюка. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 656 с.
116. Оберлис, Д. Биологическая роль макро–и микроэлементов у человека и животных / Д. Оберлис, Б. Харланд, А.В. Скальный. – СПб.: Наука, 2008. – 544 с.

117. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы / В.М. Коденцова, О.А. Вржесинская, Д. В. Рисник [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 4. – С. 113-124.
118. Окислительный стресс при занятиях физической культурой: методы диагностики и коррекции антиоксидантного статуса / Л.А. Калинин, Е.А. Стаценко, А.Г. Пономарева [и др.] // Вестник спортивной науки. – 2014. – № 1. – С. 31-35.
119. Окислительный стресс. Патологические состояния и заболевания / Е.Б. Меньщикова, Н.К. Зенков, В.З. Ланкин [и др.]. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2017. – 284 с.
120. Олейник, С.А. Спортивная фармакология и диетология. М.: Диалектика, 2019. – 256 с.
121. Определение референтных интервалов биохимических показателей крови с учетом вида спорта при выполнении тренировочных нагрузок различной направленности / И.Л. Гилеп, А.Н. Будко, С.О. Гаврилова [и др.] // Прикладная спортивная наука. – 2021. – Т. 13, № 1. – С. 28-36.
122. Орджоникидзе, З.Г. Значение микроэлементов для достижения высоких спортивных результатов и сохранения здоровья спортсменов / З.Г. Орджоникидзе, О.А. Громова, А.В. Скальный // Микроэлементы в медицине. – 2014. – Т. 2, Вып.2. – С. 40-45.
123. Особенности адаптации организма лыжников-гонщиков к соревновательной деятельности в климатических условиях Среднегорья / Н.В. Шераш, А.И. Бадурев, А.Н. Будко [и др.] // Прикладная спортивная наука. – 2019. – Т.10, № 2. – С. 79-85.
124. Особенности функционирования системы глутатиона при физических нагрузках и влияние на нее алиментарных факторов / С.А. Колесов, Р.С. Рахманов, Т.В. Блинова [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2017. – Т. 7. – № 2. – С. 39–45.

125. Особенности функциональной подготовленности спортсменов циклических видов спорта с разной спецификой тренировочного процесса / Е.В. Быков, О.В. Балберова, А.В. Чипышев, Е.Г. Сидоркина // Вестник МГПУ Журнал Московского городского педагогического университета. Серия «Естественные науки». – 2020. – Т. 38, № 2. – С.78-89.
126. Оценка влияния длительного непрерывного пребывания в искусственной гипоксической газовой среде при нормальном атмосферном давлении на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы человека / А.В. Любимов, А.О. Иванов, Э.Н. Безкишский [и др.] // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2018. – Т. 16, № 3. – С. 47-53.
127. Оценка оксидативно-антиоксидантного статуса и аэробной работоспособности элитных лыжников-гонщиков в динамике тренировок и условиях естественного Среднегорья / А.А. Грушин, И.Е. Зеленкова, О.С. Глазачев [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т. 9, № 4. – С. 11-20.
128. Оценка и интерпретация биохимических показателей высококвалифицированных спортсменов в ходе тренировочно-спортивной деятельности / А.С. Самойлов, С.М. Разинкин, Е.В. Голобородько [и др.] Методические рекомендации. Под ред. проф. В.В. Уйба // М.: ФМБА России, 2018. – 40 с.
129. Параметры функциональной подготовленности, сопряженные с высокой физической работоспособностью у спортсменов циклических видов спорта / О. Балберова, Е. Быков, А. Чипышев, Е. Сидоркина // Современные вопросы биомедицины. – 2020. – Т. 4. – № 3(12). – С. 5-14.



130. Парахонский, А.П. Роль меди в организме и значение её дисбаланса / А.П. Парахонский // Естественно-гуманитарные исследования. – 2015. – № 4 (10). – С. 72-83.
131. Перспективы использования наноэмульсий на основе дигидрокверцетина в составе продуктов для спортивного питания / И.В. Калинина, И.Ю. Потороко, А.В. Ненашева [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 100–107.
132. Перспективы использования фитопрепаратов в современной фармакологии / Т.В. Самбукова, Б.В. Овчинников, В.П. Ганапольский [и др.] // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2017. – Т. 15, № 2. – С. 56-63.
133. Перспективы применения альфа-липоевой кислоты при оксидативном стрессе / В.В. Корнякова, В.Д. Конвай, И.П. Степанова [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 11-1. – С. 63-67.
134. Першина, И.В. Особенности питания жителей Крайнего Севера / И.В. Першина // Научный вестник Арктики. – 2019. – № 6. – С. 97-107.
135. Питание и водно-питьевой режим циклически видов спорта / Н.Н. Денисова, А.В. Погожева, Э.Э. Кешабянц, В.С. Баева // Спортивная медицина: наука и практика. – 2018. – Т. 8, № 2. – С. 37-46.
136. Плотников, М.Б. Лекарственные препараты на основе дигидрокверцетина / М.Б. Плотников, Н.А. Тюкавкина, Т.М. Плотникова. – Томск: Изд-во Томского университета, 2005. – 224 с.
137. Погожева, А.В. Группы риска множественного дефицита витаминов и минеральных веществ среди населения / А.В. Погожева, В.М. Коденцова // Клиническое питание и метаболизм. – 2020. – Т. 1, № 3. – С. 137-143.

138. Показатели концентрации витамина D в крови у взрослого населения г. Ханты-Мансийска / Т.Я. Корчина, В.И. Корчин, А.С. Сухарева [и др.] // Научный медицинский вестник Югры. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 13-19.
139. Показатели артериального давления у юных элитных спортсменов при проведении пробы с дозированной физической нагрузкой / В.Н. Комолятова, Д.А. Беспорточный, Л.М. Макаров [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2022. – Т. 67, № 3. – С. 81-85.
140. Потолицына, Н.Н. Витаминный статус жителей Европейского Севера России и его зависимость от географической широты / Н.Н. Потолицына, Е.Р. Бойко // Журнал медико-биологических исследований. – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 376–386.
141. Приказ Минспорта России № 999 от 30.10.2015 г. «Об утверждении требований обеспечения подготовки спортивного резерва для спортивных сборных Российской Федерации», зарегистрированный в Минюсте России 5 апреля 2016 г., регистрационный № 41679.
142. Применение расширенного биохимического профиля спортсмена сверхвысокой квалификации для прогнозирования стойкого снижения работоспособности / М.А. Дикунец, Г.А. Дудко, Э.Д. Вирюс [и др.] // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2022. – Т. 66, № 4. – С. 86-93.
143. Прохоров, П.Ю. Сравнительный анализ потребления основных компонентов питания студентов медицинского института с разной интенсивностью двигательной активности / П.Ю. Прохоров, Л.В. Путилин, В.К. Фролов // Научные горизонты. – 2019. – № 12 (28). – С. 198-204.
144. Пушкина, Т.А. Повышение физической работоспособности высококвалифицированных спортсменов на основе применения

- комплексного антиоксидантного продукта: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Пушкина Татьяна Анатольевна: 03.03.01. – Физиология. – М., 2020. – 23 с.
145. Раджабкадиев, Р.М. Биохимические маркеры адаптации высококвалифицированных спортсменов к различным физическим нагрузкам / Р.М. Раджабкадиев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 81-91.
146. Раджабкадиев, Р.М. Об использовании витаминов в питании спортсменов / Р.М. Раджабкадиев, О.А. Вржесинская, В.М. Коденцова // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 33-39.
147. Раджабкадиев, Р.М. Энергетическая и пищевая ценность рационов питания спортсменов биатлонистов / Р.М. Раджабкадиев, А.Н. Тимонин, И.В. Кобелькова // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т.9, № 3. – С. 62-67.
148. Раджабкадиев, Р.М. Содержание некоторых минеральных веществ в рационе питания и сыворотке крови высококвалифицированных спортсменов / Р.М. Раджабкадиев, О.А. Вржесинская, В.М. Коденцова // Микроэлементы в медицине. – 2021. – Т. 20, Вып.1. – С. 27-34.
149. Рахманов, Р.С. Оценка риска здоровью спортсменов по витаминно-минеральной насыщенности организма / Р.С. Рахманов, Н.В. Чумаков, Т.В. Блинова // Медицина труда и экология человека. – 2015. – № 4. – С. 188-191.
150. Референтные интервалы биохимических показателей крови у юных спортсменов / Ж.В. Гришина, С.О. Ключников, В.С. Фещенко [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2022. – Т. 67, № 4. – С. 60-68.

151. Роль сбалансированного питания в метаболизме пищевых веществ / З.И. Жолдакова, Р.С. Рахманов, Е.С. Богомолова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2021. – Т.100, № 4. – С. 333-338.
152. Ромашов, А.Ю. Актуальность проблемы неправильного питания современного студента / А.Ю. Романов, Ю.А. Кашпарова // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2020. – Т.18, № 2. – С. 77-83.
153. Рыбина, И.Л. Особенности биохимической адаптации к нагрузкам различной направленности биатлонистов высокой квалификации / И.Л. Рыбина, Е.А. Ширковец // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 3. – С. 28-33.
154. Салова, Ю.П. Срочная адаптация сердечно-сосудистой системы юных спортсменов к тренировочным нагрузкам скоростной направленности / Ю.П. Салова // Педагогический журнал. – 2018. – Т. 8, № 5а. – С. 13-19.
155. Сальникова, Е.В. Потребность человека в цинке и его источники (обзор) / Е.В. Сальникова // Микроэлементы в медицине. – 2016. – Т.17, Вып. 4. – С.11-15.
156. Саркисян, В.А. Витаминные и антиоксидантные свойства токоферолов: характеристика молекулярных механизмов действия / В.А. Саркисян, В.М. Коденцова, В.В. Бессонов // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № 3. – С. 5-11.
157. Селен как фактор повышения эффективности функционирования системы глутатиона у легкоатлетов / В.В. Корнякова, В.А. Бадтиева, И.П. Степанова, И.Г. Штейнборн // Вестник спортивной науки. – 2023. – № 3. – С. 39-45.
158. Скальный, А.В. Микроэлементы. Изд. 4-е, переработанное / А.В. Скальный. – М.: «Фабрика блокнотов», 2018. – 295 с.

159. Скальный, А.В. Микроэлементы и спорт. Персонализированная коррекция элементного статуса спортсменов: монография / А.В. Скальный, И.П. Зайцева, А.А. Тиньков. – М.: Спорт, 2018. – 288 с.
160. Скальный, А.В. Физическая активность и обмен микроэлементов // Микроэлементы в медицине. – 2020. – Т. 21, Вып. 2. – С. 3-12.
161. Солонин, Ю.Г. Медико-физиологические проблемы в Арктике / Ю.Г. Солонин, Е.Р. Бойко // Известия Коми научного центра УрО. – 2017. – № 4. – С. 33-40.
162. Солопов, И.Н. Функциональная подготовленность спортсменов (теоретические и практические аспекты) / И.Н. Солопов // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2019. – № 1 (27). – С.15–20.
163. Стародед, А.С. Влияние медико-географических особенностей Крайнего Севера на процессы адаптации / А.С. Стародед, В.А. Майдан, С.В. Цветков // Известия Российской Военно-медицинской академии. – 2020. – Т. 39, № 3. – С. 160-163.
164. Степанова, Е.М. Некоторые биохимические показатели крови высококвалифицированных спортсменов г. Магадана / Е.М. Степанова, Е.А. Луговая // Человек. Спорт. медицина. – 2022. – Т. 22, № 4. – С. 44-50.
165. Стратегические горизонты персонализированного питания в спорте / А.Ю. Хребтова, А.И. Кузин, О.В. Камерер, Е.В. Быков // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2020. – Т. 187, № 9. – С. 400-407.
166. Сывороточное содержание мочевины и абсолютное содержание циркулирующих CD4+ клеток как биомаркеры уровня спортивных достижений у единоборцев международного уровня / С.П. Алпатов, А.Г. Кочетов, И.В. Коновалов [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 46-54.

167. Ткаченко, Я.В. Правильное питание спортсмена - залог успеха / Я.В. Ткаченко // Научные известия. – 2022. – № 28. – С. 245-247.
168. Тутельян, В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания. – М.: Издательство "ДеЛи плюс", 2012. – 283 с.
169. Улучшение антиоксидантной защиты фармнутриентом, полученным по криогенной технологии / Т.В. Блинова, Л.А. Страхова, Р.С. Рахманов [и др.] // Биомедицина. – 2018. – № 3. – С. 74-79.
170. Физиолого-биохимические механизмы обеспечения спортивной деятельности зимних циклических видов спорта / Е.Р. Бойко, Т.П. Логинова, Н.Г. Варламова [и др.] – Сыктывкар, 2019. – 256 с.
171. Физическая работоспособность и стресс-восстановление у лыжников-гонщиков в подготовительный и соревновательный периоды / И.О. Гарнов, А.А. Чалышева, Н.Г. Варламова [и др.] // Вестник спортивной медицины. – 2018. – № 4. – С. 70-74.
172. Функциональная активность антиоксидантной системы у человека на Севере в течение года / В.Д. Шадрина, Н.Н. Потолицына, О.И. Паршукова [и др.] // Экология человека. – 2018. – № 3. – С. 38.
173. Характеристика обеспеченности витаминами взрослого населения Российской Федерации / В.М. Коденцова, Н.А. Бекетова, Д.Б. Никитюк [и др.] // Профилактическая медицина. – 2018. – Т. 21, № 4. – С. 32-37.
174. Харченко, Ю.А. Перспективная биологически активная добавка с антиоксидантным действием / Ю.А. Харченко, В.Н. Дмитриев // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2016. – № 3. – С. 61-65.
175. Ходос, М.Я. Окислительный стресс и его роль в патогенезе / М.Я. Ходос, Я.Е. Казаков, М.Б. Видревич // Вестник Уральской

- медицинской академической науки. – 2017. – Т. 14, № 4. – С. 381-398.
176. Чанчаева, Е.А. Современное представление об антиоксидантной системе организма человека / Е.А. Чанчаева, Р.И. Айзман, А.Д. Герасев // Экология человека. – 2013. – № 7. – С. 50-58.
177. Чиков, А.Е. Особенности энергообеспечения мышечной работы в зависимости от длительности выполнения ступенчато-возрастающей нагрузки у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта / А.Е. Чиков, Д.С. Медведев, С.Н. Чикова // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т.20, № 4. – С. 62-68.
178. Чиркин, А.А. Зависимость биохимических маркеров здоровья от возраста и пола при занятиях спортом в пубертатном периоде / А.А. Чиркин, М.С. Алтани, Н.А. Степанова [и др.] // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. – 2019. – Т. 8, № 3. – С. 420-429.
179. Чудинин, Н.В. Нутриентный состав питания студентов младших курсов медицинского вуза / Н.В. Чудинин, И.С. Ракитина, А.А. Дементьев // Здоровье населения и среда обитания. – 2020. – Т. 323, № 2. – С. 16-20.
180. Шамов, И.А. Железо, абсорбция, транспорт / И.А. Шамов, П.О. Гасанова // Вестник гематологии. – 2016. – Т. 12, № 1. – С. 31-38.
181. Шаронов, А.Н. О сбалансированности рационов питания для Арктики / А.Н. Шаронов, С.А. Лопатин, Е.А. Шаронов // Научные проблемы материально-технического снабжения Вооруженных сил Российской Федерации. – 2019. – Т. 11, № 1. – С. 204-213.
182. Швецов, А.В. Метод углеводного насыщения в подготовке лыжников-гонщиков / А.В. Швецов // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. – 2020. – Т. 25, № 1. – С. 37-41.
183. Шелковская, О.В. Дигидрокверцетин уменьшает концентрацию перекиси водорода и гидроксильных радикалов, индуцированных

- рентгеновским излучением / О.В. Шелковская, В.Е. Иванов, О.Э. Карп // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 571.
184. Шераш Н.В. Анализ состояния утомления и перенапряжения у спортсменов национальной команды по лыжным гонкам в ходе многолетней подготовки / Н.В. Шераш, А.Н. Будко // Прикладная спортивная наука. – 2020. – Т. 11, № 1. – С. 51-59.
185. Ширковец, Е. А. Биоэнергетические критерии и тесты работоспособности спортсменов высокой квалификации / Е. А. Ширковец, Е. Д. Митусова, А. Ю. Титлов // Вестник спортивной науки. – 2020. – № 2. – С. 32-35.
186. Ших, Е.В. Роль аскорбиновой кислоты и токоферола в профилактике и лечении заболеваний с точки зрения доказательной медицины / Е.В. Ших, А.А. Махова // Терапевтический архив. – 2015. – Т. 87, № 4. – С. 98-102.
187. Шлапакова, Т.И. Активные формы кислорода: участие в клеточных процессах и развитии патологии / Т.И. Шлапакова, Р.К. Костин, Е.Е. Тягунова // Биоорганическая химия. – 2020. – Т. 46, № 5. – С. 466-485.
188. Штерман, С.В. Антиоксиданты в спортивном питании. - Ч. I / С.В. Штерман, М.Ю. Сидоренко, В.С. Штерман [и др.] // Пищевая промышленность. – 2019. – № 5. – С. 60-64.
189. Юркова, А.А. Витамин Е: состав, свойства, биологическая роль / А.А. Юркова // Modern Science. – 2020. – № 11-2. – С. 16-20.
190. Яшин, Я.И. Антиоксиданты и спорт. Основные причины неудачных применений. Возможные перспективы / Я.И. Яшин, А.Н. Веденин, А.Я. Яшин // Спортивная медицина. – 2016. – Т. 6, № 1. – С. 35-39.



191. Abbaspour, N. Review on iron and its importance for human health / N. Abbaspour, R. Hurrell, R. Kelishadi // *Journal of Research in Medical Sciences*. – 2020. – Vol. 10. – P. 2.
192. Adaptation to a low carbohydrate high fat diet is rapid but impairs endurance exercise metabolism and performance despite enhanced glycogen availability / L.M. Burke, J. Whitfield, I.A. Heikura [et al.] // *J. Physiol.* – 2021. – Vol. 599, № 3. – P. 771-790.
193. Alkadi, H. Review on Free Radicals and Antioxidants / H. Alkadi // *Infect Disord Drug Targets*. – 2020. – Vol. 20, № 1. – P. 16-26.
194. Antioxidant and anti-inflammatory effects of zinc. Zinc-dependent NF- $\kappa$ B signaling / M. Jarosz, M. Olbert, G. Wyszogrodzka [et al.] // *Inflammopharmacology*. – 2017. – Vol. 25, № 1. – P. 11-24.
195. Antioxidants and Sports Performance / V.J. Clemente-Suárez, A. Bustamante-Sanchez, J. Mielgo-Ayuso [et al.] // *Nutrients*. – 2023. – Vol. 15, № 10. – P. 2371.
196. Antioxidants Maintain Cellular Redox Homeostasis by Elimination of Reactive Oxygen Species / L. He, T. He, S. Farrar [et al.] // *Cell. Physiol. Biochem*. – 2017. – Vol. 44, № 2. – P. 532-553.
197. A Possible Antioxidant Role for Vitamin D in Soccer Players: A Retrospective Analysis of Psychophysical Stress Markers in a Professional Team / D. Ferrari, G. Lombardi, M. Strollo [et al.] // *Int. J. Environ Res. Public Health*. – 2020. – Vol. 17, № 10. – P. 3484.
198. Asmi, K.S. Therapeutic aspects of taxifolin – an update / K.S. Asmi, T. Lakshmi, S.R. Balusamy, R. Parameswari // *J. Adv. Pharm. Educ. Res*. – 2017. – Vol. 7, № 3. – P. 187-189.
199. Bailey, D.M. Electron paramagnetic spectroscopic evidence of exercise-induced free radical accumulation in human skeletal muscle / D.M. Bailey, L. Lawrenson, J. Mc Eneny // *Free Radic. Res*. – 2007. – Vol. 41, № 2. – P. 182-190.

200. Beck, K.L. Micronutrients and athletic performance: A review / R.L. Beck, P.R. von Hurst, W.J. O'Brien // *Food Chem. Toxicol.* – 2021. – Vol. 158. – P. 112618.
201. Bjørklund, G. Role of oxidative stress and antioxidants in daily nutrition and human health / G. Bjørklund, S. Chirumbolo // *Nutrition.* – 2017. – Vol. 33. – P. 311–321.
202. Brigelius-Flohe, R. Glutathion peroxidases / R. Brigelius-Flohe, M. Maiorino // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects.* – 2013. – Vol. 1830, № 5. – P. 3289-3303.
203. Caccamo, D. Health. Risks of Hypovitaminosis D: A Review of New Molecular Insights. / D. Caccamo, S. Ricca, M. Currò // *J. Mol. Sci.* – 2018. – Vol. 19, № 3. – P. 892.
204. Cadegiani, F.A. Basal Hormones and Biochemical Markers as Predictors of Overtraining Syndrome in Male Athletes: The EROS-BASAL Study / F.A. Cadegiani, C.E. Kater // *J. Athl. Train.* – 2019. – Vol. 54, № 8. – P. 906-914.
205. Choi, S. Zinc deficiency and cellular oxidative stress: prognostic implications in cardiovascular diseases / S. Choi, X. Liu, Z. Pan // *Acta Pharmacol.* – 2018. – Vol. 39, № 7. – P. 1120 –1132.
206. Damas, F. The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis / F. Damas, C.A. Libardi, C. Ugrinowitsch // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2018. – Vol. 118, № 3. – P. 485-500.
207. Devrim-Lanpir, A. Efficacy of Popular Diets Applied by Endurance Athletes on Sports Performance: Beneficial or Detrimental? A Narrative Review / A. Devrim-Lanpir, L. Hill, B. Knechtle // *Nutrients.* – 2021. – Vol. 13, № 2. – P. 491.
208. Dias, M. C. Plant Flavonoids: Chemical Characteristics and Biological Activity / M.C. Dias, D.C. Pinto, A.M. Silva // *Molecules.* – 2021. – Vol. 26, № 17. – P. 5377.

209. Dixit, P. Importance of Iron Absorption in Human Health: An Overview / P. Dixit, L. Rajan, D. Palaniswamy // *Current Nutrition & Food Science*. – 2021. – Vol. 17, № 3. – P. 293-301.
210. Effects of acute hypoxic exposure on prooxidant/antioxidant balance in elite endurance athletes / V. Pialoux, R. Mounier, E. Rock [et al.] // *Int. J. Sports Med*. – 2009. – Vol. 30, № 2. – P. 87–93.
211. Effect of Antioxidant Supplementation on Markers of Oxidative Stress and Muscle Damage after Strength Exercise: A Systematic Review / C. Canals-Garzón, R. Guisado-Barrilao, D. Martínez-García [et al.] // *Int. J. Environ Res. Public Health*. – 2022. – Vol. 19, № 3. – P. 1803.
212. Effects of vitamin C on oxidative stress, inflammation, muscle soreness, and strength following acute exercise: meta-analyses of randomized clinical trials / N.C. Righi, F.B. Schuch, A.T. de Nardi [et al.] // *Eur. J. Nutr.* – 2020. – Vol. 59, № 7. – P. 2827-2839.
213. Effects of High-Intensity Anaerobic Exercise on the Scavenging Activity of Various Reactive Oxygen Species and Free Radicals in Athletes / Y. Sawada, H. Ichikawa, N. Elbine [et al.] // *Nutrients*. – 2023. – Vol.15, № 1. – P. 222.
214. Exercise-induced lipid peroxidation: Implications for deoxyribonucleic acid damage and systemic free radical generation / M. C. Fogarty, C. M. Hughes, G. Burke [et al.] // *Front. Physiol.* – 2011. – Vol. 52, N 1. – P.35-42.
215. Exercise-induced oxidative stress: Friend or foe? / S.K. Powers, R. Deminice, M. Ozdemir, T. Yoshihara [et al.] // *Sport Health Sci.* – 2020. – Vol. 9, № 5. – P. 415-425.
216. Farre, Rovira R. Milk and milk products: food sources of calcium / Rovira R. Farre // *Nutr. Hosp.* – 2015. – Vol. 7, Suppl. 2. – P. 1-9.
217. Filgueiras, M.S. Vitamin D status, oxidative stress, and inflammation in children and adolescents: A systematic review / M.S. Filgueiras, N.P.

- Rocha, J.F. Novaes // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* – 2020. – Vol. 60, N 4. – P. 660-669.
218. Forbes, S.C. Supplements and Nutritional Interventions to Augment High-Intensity Interval Training Physiological and Performance Adaptations-A Narrative Review / S.C. Forbes, D.G. Candow, A.E. Smith-Ryan [et al.] // *Nutrients.* – 2020. – Vol. 12, № 2. – P. 390.
  219. Geographic variation of environmental, food, and human hair selenium content in an industrial region of Russia / A.V. Scalny, T.I. Burtseva, E.V. Salnikova [et al.] // *Environ. Res.* – 2019. – Vol. 171. – P. 293-301.
  220. Gomez-Cabrera, M. C. Interplay of oxidants and antioxidants during exercise: implications for muscle health / M.C. Gomez-Cabrera, J. Vina, L.L. Ji // *Phys. Sportsmed.* – 2009. – Vol. 37, N 4. – P. 116-123.
  221. Gomez-Cabrera, M. C. Effect of xanthine oxidase-generated extracellular superoxide on skeletal muscle force generation / M.C. Gomez-Cabrera, G.L. Close, A. Kayani [et al.] // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* – 2010. – Vol. 298. – P. 2-8.
  222. Grober, U. Magnesium in prevention and therapy / U. Grober, J. Schmidt, K. Kisters // *Nutrition.* – 2015. – Vol. 7, № 9. – P. 8199-8226.
  223. Higgins, M.R Antioxidants and Exercise Performance: With a Focus on Vitamin E and C Supplementation / M.R. Higgins, A. Izadi, M. Kaviani // *Int. J. Environ Res. Public Health.* – 2020. – Vol. 17(22). – P. 8452.
  224. Hinton, P.S. Iron and the endurance athlete / P.S. Hinton // *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* – 2014. – Vol. 39, № 9. – P. 1012-1018.
  225. Holick, M.F. The vitamin D deficiency pandemic: approaches for diagnosis, treatment and prevention / M.F. Holick // *Rev. Endocr. Metab.Disord.* – 2017. – Vol. 18. – P. 153-165.
  226. Influence of an Acute Exercise Until Exhaustion on Serum and Urinary Concentrations of Molybdenum, Selenium, and Zinc in Athletes / M.

- Maynar, D. Muñoz, J. Alves [et al.] // *Biol. Trace Elem. Res.* – 2018. – Vol. 186, № 2. – P. 361-369.
227. Influence of physical training on intracellular and extracellular zinc concentrations / V. Toro-Román, J. Siquier-Coll, I. Bartolomé [et al.] // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* – 2022. – Vol.19, № 1. – P. 110-125.
228. Interactions between zinc and NRF2 in vascular redox signalling / F. Yang, M.J. Smith, R.C.M. Siow [et al.] // *Biochem. Soc. Trans.* - 2024, - Vol. 52, № 1. - P. 269-278.
229. Iolascon, G. Muscle Regeneration and Function in Sports: A Focus on Vitamin D / G. Iolascon, A. Moretti, M. Paoletta // *Medicina (Kaunas)*. – 2021. – Vol. 57, № 10. – P. 1015.
230. Irving, M. Regulation of Contraction by the Thick Filaments in Skeletal Muscle / M. Irving // *Biophys J.* – 2017. – Vol. 113, № 12. – P. 2579-2594.
231. Kancheva, V.D. Bio-antioxidants - a chemical base of their antioxidant activity and beneficial effect on human health / V.D. Kancheva, O.T. Kasaikina // *Current Medicinal Chemistry.* – 2013. – Vol. 20 (37). – P. 4784–4805.
232. Kawabata, T. Iron-Induced Oxidative Stress in Human Diseases / T. Kawabata // *Cells.* – 2022. – Vol. 11(14). – P. 2152.
233. Kiełczykowska, M. Selenium - a fascinating antioxidant of protective properties / *Adv. Clin. Exp. Med.* – 2018. – Vol. 27, № 2. – P. 245-255.
234. Kruk, J. Exercise-induced oxidative stress and melatonin supplementation: current evidence / J. Kruk, B.H. Aboul-Enein, E. Duchnik // *J. Physiol. Sci.* – 2021. – Vol. 71, № 1. – P. 27.
235. Książek, A. Vitamin D, Skeletal Muscle Function and Athletic Performance in Athletes-A Narrative Review / A. Książek, A. Zagrodna, M. Słowińska-Lisowska // *Nutrients.* – 2019. – Vol. 11, № 8. – P. 1800.

236. Lambrecht, M. Antioxidants in sport nutrition / M. Lambrecht // CRC Press, 2014. – 299 p.
237. Latham, C.M. Vitamin D Promotes Skeletal Muscle Regeneration and Mitochondrial Health / C.V. Latham, C.R. Brightwell, A.R. Keeble // Front Physiol. – 2021. – Vol. 2. – P. 660498.
238. Lee, E.C. Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes / E.C. Lee, M.S. Fragala, S.A. Kavouras // J. Strength. Cond. Res. – 2017. – Vol. 31, № 10. – P. 2920-2937.
239. Linder, M.C. Ceruloplasmin and other copper binding components of blood plasma and their functions: an update / M.C. Linder // Metallomics. – 2016. – Vol. 8 (9). – P. 887-905.
240. Magnesium status and supplementation influence vitamin D status and metabolism: results from a randomized trial / Q. Dai, X. Zhu, J.E. Manson [et al.] // Am. J. Clin. Nutr. – 2018. – Vol. 108, № 6. – P. 1249–1258.
241. Magnesium intake in relation to systemic inflammation, insulin resistance, and the incidence of diabetes / D.J. Kim, P. Xun, C. Loria [et al.] // Diabetes Care. – 2010. – Vol. 33, № 12. – P. 2604-2610.
242. Martinez de Victoria, E. Calcium, essential for health / E. Martinez de Victoria // Nutr. Hosp. – 2016. – Vol.12, № 33. – P. 341-346.
243. Maynar, M. Seric concentrations of copper, chromium, manganese, nickel and selenium in aerobic, anaerobic and mixed professional sportsmen / M. Maynar, F. Llerena, I. Bartolomé // J. Int. Soc. Sports Nutr. – 2018. – Vol. 13. – P. 15-18.
244. Melatonin supplementation improves oxidative and inflammatory state in the blood of professional athletes during the preparatory period for competitions / J. Czuczejko, Ł. Sielski, B. Woźniak [et al.] // Free Radic. Res. – 2019. – Vol. 53, № 2. – P. 198-209.

245. Méplan, C. The Role of Selenium in Health and Disease: Emerging and Recurring Trends / C. Méplan, D.J. Hughes // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12, № 4. – P. 1049.
246. Minich, W.B. Selenium Metabolism and Biosynthesis of Selenoproteins in the Human Body / W.B. Minich // *Biochemistry (Mosc)*. – 2022. – Vol. 87 (Suppl 1). – S. 168-177.
247. Multifunctional role of zinc in human health: an update / D.P. Kiouri, E. Tsoupra, M. Peana [et al.] // *EXCLI J*. – 2023. – Vol. 22. – P. 809-827.
248. Oberlis, D Pathophysiology of microelementosis message 2. Zinc / D. Oberlis, A.V. Skal'nyy, M.G. Skal'naya // *Patogenez*. – 2015. – Vol. 13, № 4. – P. 9–17. (in Russian).
249. Olechnowicz, J. Zinc status is associated with inflammation, oxidative stress, lipid, and glucose metabolism / J. Olechnowicz, A. Tinkov, A. Skalny, J. Suliburska // *The Journal of Physiological Sciences*. – 2018. – Vol. 68. – P. 19-31.
250. Oxidative stress, lipid peroxidation indexes and antioxidant vitamins in long and middle distance athletes during a sport season / D. Munoz, G. Barrientos, J. Alves [et al.] // *J. Sports Med. Phys. Fitness*. – 2017. Vol. 3. – P. 24.
251. Oxidative stress in elite athletes training at moderate altitude and at sea level / J. León-López, C. Calderón-Soto, M. Pérez-Sánchez [et al.] // *European Journal of Sport Science*. – 2018. – Vol. 18, №6. – P. 832-841.
252. Oxidative stress as a factor in the deterioration of oxygen transfer during exercise / L.M. Gunina, L.L. Rybina, Y.A. Ataman [et al.] // *Фізіологічний журнал*. – 2021. – Т. 67, № 5. – С. 54-63.
253. Oxidative Stress in Human Pathology and Aging: Molecular Mechanisms and Perspectives / Y.A. Hajam, R. Rani, S.Y. Ganie [et al.] // *Cells*. – 2022. – Vol. 11, № 3. – P. 552.

254. Powers, S.K. Exercise-induced oxidative stress: past, present and future / S.K. Powers, Z. Radak, L.L. Ji // *J. Physiol.* – 2016. – Vol. 594(18). – P. 5081-5092.
255. Quercetin, inflammation and immunity / Y. Li, J. Yao, C. Han [et al.] // *Nutrients.* – 2016. – Vol. 8. – P. 167.
256. Quercetin phytosome® in triathlon athletes: a pilot registry study / A. Riva, J.A. Vitale, G. Belcaro [et al.] // *Minerva Med.* – 2018. – Vol. 109, № 4. – P. 285-289.
257. Rall, J.A. Discovery of the regulatory role of calcium ion in muscle contraction and relaxation: Setsuro Ebashi and the international emergence of Japanese muscle research / J.A. Rall // *Adv Physiol Educ.* – 2022. – Vol. 46, № 3. – P. 481-490.
258. Ray, P.D. Reactive oxygen species (ROS) homeostasis and redox regulation in cellular signaling / P. D. Ray, B. W. Huang, Y. Tsuji // *Cell Signal.* – 2012. – Vol. 24, N 5. – P. 981-990.
259. Redox-related biomarkers in physical exercise / M.C. Gomez-Cabrera, A. Carretero, F. Millan-Domingo [et al.] // *J. Redox Biol.* – 2021. – Vol. 42. – P. 101956.
260. Relationship between biomarkers of muscle damage and redox status in response to a weight lifting training session: Effect of time-of-day / A. Ammar, H. Chtourou, O. Hammouda [et al.] // *Physiol. Int.* – 2016. – Vol. 103. – P. 243–261.
261. Rosanoff, A. Essential Nutrient Interactions: Does low or suboptimal magnesium status interact with vitamin D and/or calcium status? / A. Rossanoff, Q. Dai, S.A. Shapses // *Adv. Nutr.* – 2016. – Vol. 7, № 1. – P. 25–43.
262. Roy, Z. Understanding the Role of Free Radicals and Antioxidant Enzymes in Human Diseases / Z. Roy, R. Bansal, L. Siddiqui // *Curr. Pharm. Biotechnol.* – 2023. – Vol. 24, № 10. – P. 1265-1276.



263. Royal jelly plus coenzyme Q<sub>10</sub> supplementation improves high-intensity interval exercise performance via changes in plasmatic and salivary biomarkers of oxidative stress and muscle damage in swimmers: a randomized, double-blind, placebo-controlled pilot trial / A.N. Ovchinnikov, A. Paoli, V.V. Seleznev [et al.] // J. Int. Soc. Sports Nutr. – 2022. – Vol. 19, № 1. – P. 239-257.
264. Santulli, G. Physiology and pathophysiology of excitation-contraction coupling: the functional role of ryanodine receptor / G. Santulli, D.R. Lewis, A.R. Marks // J. Muscle Res. Cell Motil. – 2017. – Vol. 38, № 1. – P. 37-45.
265. Sardarodian, M. Natural antioxidants: sources, extraction and application in food systems / M. Sardarodian, A.M. Sani // Nutr. Food. Sci. – 2016. – Vol. 46, № 3. – P. 363-373.
266. Skalny, A.V. Zinc / A.V. Skalny, M. Aschner M, A.A. Tinkov // Adv. Food Nutr. Res. – 2021. – Vol. 96. – P. 251-310.
267. Schmid, A. National vitamin D content in animal products / A. Schmid, B. Walther // Adv. Nutr. – 2013. – Vol. 4. – P. 453-462.
268. Schmolz, L. Complexity of vitamin E metabolism / L. Schmolz // World J. Biol. Chem. – 2016. – Vol. 7, № 1. – P. 14.
269. Selenium, Zink, Copper, and Total Antioxidant Status in the Serum of Patients with Chronic Tonsillitis / M. Michlska-Mosiej, K. Socha, J. Soroczynska [et al.] // Biol. Trace Elem. Res. – 2016. – Vol. 173, № 1. – P. 30–34.
270. Sies, H. Oxidative stress / H. Sies, C. Berndt, D.P. Jones // Annual review of biochemistry. – 2017. – Vol. 86. – P. 715-748.
271. Sonochemical micronization of taxifolin aimed at improving its bioavailability in drinks for athletes / I.Yu. Potoroko, I.V. Kalinina, N.V. Naumenko [et al.] // Human. Sport. Medicine. – 2018. – Vol. 18, № 3. – P. 90–100.

272. Steinbacher, P. Impact of Oxidative Stress on Exercising Skeletal Muscle / P. Steinbacher, P. Eckl // *Biomolecules*. – 2015. – Vol. 5. – P. 356-377.
273. Supplemental vitamin D enhances the recovery in peak isometric force shortly after intense exercise / T. Barker, E.D. Schneider, B.M. Dixon [et al.] // *Nutr. Metab. (Lond)*. – 2013. – Vol.10. – P. 69.
274. Tanumihardjo, S.A. The Dawn of a New Era in Vitamin A Assessment / S.A. Tanumihardjo // *J. Nutr.* – 2020. – Vol. 150, № 2. – P. 185-187.
275. The Role of Selenium Mineral Trace Element in Exercise: Antioxidant Defense System, Muscle Performance, Hormone Response, and Athletic Performance. A Systematic Review / D. Fernández-Lázaro, C.I. Fernandez-Lazaro, J. Mielgo-Ayuso [et al.] // *J. Nutrients*. – 2020. – Vol. 12, № 6. – P. 1790. doi: 10.3390/nu12061790.
276. Tungmunnithum, D. Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: An overview / D. Tungmunnithum, A. Thongboonyou, A. Pholboon // *Medicines*. – 2018. – Vol. 5, № 3. – P. 93.
277. Understanding oxidants and antioxidants: Classical team with new players // S.S. Ali, H. Ahsan, M.K. Zia [et al.] // *J. Food Biochem.* – 2020. – Vol. 44, № 3. – P. 13145.
278. Venkataramani, V. Iron Homeostasis and Metabolism: Two Sides of a Coin / V. Venkataramani // *Adv. Exp. Med. Biol.* – 2021. – Vol. 1301. – P. 25-40.
279. Vitamin D (VD3) antioxidative and anti-inflammatory activities: Peripheral and central effects / L.K. Almeida Moreira Leal, L.A. Lima, P.E. Alexandre de Aquino [et al.] // *Eur. J. Pharmacol.* – 2020. – Vol. 879. – P. 173-181.
280. Vitamin D Promotes Skeletal Muscle Regeneration and Mitochondrial Health / C.M. Latham, C.R. Brightwell, A.R. Keeble [et al.] // *Front Physiol.* – 2021. – Vol. 2. – P. 660498. doi: 10.3389/phys.2021.660498.

281. Von Hurst P. Vitamin D and skeletal muscle function in athletes / P. Von Hurst, K. Beck // *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. – 2014. – Vol. 17, № 6. – P.539-545.
282. Wołonciej, M. Trace elements an activator of antioxidant enzymes / M. Wołonciej, E. Milewska, W. Roszkowska-Jakimiec // *Postepy Higieny i Medycyny. Doswiadczalnej (Online)*. – 2016. – Vol. 31(70). – P. 1483-1498.
283. Yamanashi, Y. Transporters for the intestinal absorption of cholesterol, vitamin E, and vitamin K / Y. Yamanashi, T. Takada, R. Kurauchi // *J. Atheroscler. Tromb.* – 2017. – Vol. 24. – P. 347-359.
284. Zhang, X.W. My Element: Selenium / X.W. Zhang // *Chem. Eur. J.* – 2019. – Vol. 25. – P. 2649–2650.
285. Zinc at the crossroads of exercise and proteostasis / J.D. Hernández-Camacho, C. Vicente-García, D.S. Parsons [et al.] // *Redox Biol.* – 2020. – Vol. 35. – P. 101529.