

Особенности эффективной долговременной адаптации и регуляции метаболического состояния лыжников-гонщиков

Бахарева А.С., Исаев А.П., Эрлих В.В., Аминов А.С.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), Россия

Аннотации:

Цель: научно обосновать эффективные механизмы биохимической адаптации организма лыжников-гонщиков в соревновательном периоде с помощью индикаторов перекисного окисления липидов, окислительной модификации белков, активности гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы. **Материал:** в исследовании принимали участие 14 спортсменов в возрасте 18-25 лет (сборная команда университета) с различным уровнем спортивной результативности. Оценка состояния процессов свободно-радикального окисления, системы антиоксидантной защиты, уровня кортизола проводилась путем количественного анализа показателей биохимическими методами исследований в образцах сыворотки крови. **Результаты:** установлено, что в основе биохимических изменений при интенсивных физических нагрузках в период главных стартов лежит повышение скорости катаболических процессов. Изменения направленности метаболизма организма лыжников-гонщиков на оптимальном уровне приводят к улучшению энергообеспечения работающих мышц, повышению мощности энергосистем и эффективности спортивной результативности. **Выводы:** Включение интервальных тренировок на этапах подготовки к специально-значимым соревнованиям принесло ожидаемый эффект адаптации и повышение спортивной результативности. Показана эффективная роль в обеспечении долговременных реакций, обуславливающих высокую спортивную результативность.

Ключевые слова:

перекисное окисление липидов, окислительная модификация белков, спортивная результативность, кортизол, эффективная адаптация.

Бахарева А.С., Исаев О.П., Эрлих В.В., Аминов А.С. Особенности эффективной долговременной адаптации и регуляции метаболического состояния лыжников-гонщиков. **Мета:** науково обґрунтувати ефективні механізми біохімічної адаптації організму лижників-гонщиків в змагальному періоді за допомогою індикаторів перекисного окислення ліпідів, окислювальної модифікації білків, активності гіпоталамо-гіпофізарно-адренкортикальної системи. **Матеріал:** в дослідженні брали участь 14 спортсменів у віці 18-25 років (збірна команда університету) з різним рівнем спортивної результативності. Оцінка стану процесів вільнорадикального окислення, системи антиоксидантного захисту, рівня кортизолу проводилась шляхом кількісного аналізу показників біохімічними методами досліджень в зразках сироватки крові. **Результати:** встановлено, що в основі біохімічних змін при інтенсивних фізичних навантаженнях в період головних стартів лежить підвищення швидкості катаболічних процесів. Зміни спрямованості метаболізму організму лижників-гонщиків на оптимальному рівні призводять до поліпшення енергозабезпечення працюючих м'язів, підвищення потужності енергосистем і ефективності спортивної результативності. **Висновки:** Включення інтервальных тренувань на етапах підготовки до спеціально-значущих змагань принесло очікуваний ефект адаптації та підвищення спортивної результативності. Показана ефективна роль в забезпеченні довгострокових реакцій, що обумовлюють високу спортивну результативність.

перекисне окислення ліпідів, окислювальна модифікація білків, спортивна результативність, кортизол, ефективна адаптація.

Bakhareva A.S., Isaev A.P., Erlich V.V., Aminov A.S. Effective long term adaptation and metabolic state regulation of ski-racers. **Purpose:** to scientifically substantiate effective mechanisms of organism's bio-chemical adaptation of ski-racers in competition period with the help of lipid peroxidation indicators, oxidative modification of proteins and activity of hypothalamus pituitary adrenocortical system. **Material:** in the research 14 sportsmen of 18-25 years' age (combined team of university) with different level of sportsmanship participated. Assessment of free radical oxidation, anti-oxidant system, cortisol level was fulfilled with the help of indicators' quantitative analysis by bio-chemical methods applied to blood serum samples. **Results:** it was found that in the basis of bio-chemical changes under intensive physical loads is increase of catabolic processes' speed. Change of organism's metabolic orientation of ski racers at optimal level results in working muscles' energy supply improvement, increase of energy systems' power and sports efficiency. **Conclusions:** Application of interval trainings at stages of preparation to special significant competitions results in expected adaptation and increase of sports efficiency. We also showed their effective role in ensuring long term reactions, conditioning high sports efficiency.

lipids peroxidation, oxidative modification of proteins, sports efficiency, cortisol, effective adaptation.

Введение.

С советских времен и по настоящее время в лыжных гонках эволюционируют модели чрезмерных нагрузок, которые приносили высокие спортивные результаты. Однако, сегодня в связи с применением новых технологий подготовки лыжников-гонщиков возросла специальная выносливость и спортивная результативность. Согласно современным тенденциям специальная работоспособность лыжников гонщиков определяется аэробными и анаэробными процессами в мышцах, позволяющими генерировать высокую силу и мощность в верхних и в нижних конечностях [21, 23, 24].

В предыдущих исследованиях нами в качестве индикаторов метаболического состояния у дзюдоистов определена экскреция креатина и неорганического фосфора. Биохимическая основа специальной выносливости дзюдоистов связана с высокой развитостью креатинфосфатного пути биоэнергетики. Общая выносливость связана с приоритетным наличием ли-

пидного обмена в энергообеспечении двигательной активности [10]. При оценке метаболического состояния лыжников-гонщиков в условиях концентрированного развития локально-региональной мышечной выносливости в базовом периоде подготовки выявлена вариативность продуктов в гептановой фазе липидных экстрактов. Это приводит к увеличению доли аэробного пути энергообеспечения [4].

В настоящее время физиология спорта обладает огромным информационным материалом исследований кардиопульмональной системы. Значительно меньше исследований в спектре долговременной (биохимической адаптации), регуляция и фазы которой остаются в поле зрения исследователей [5, 13, 20]. При этом необходимо отметить, что достаточно много исследований посвящено перекисному окислению липидов, индикатору стресса, аллостаза. В меньшей мере представлены работы по белковому синтезу, который имеет большое значение в пластических и энергетических процессах. Также и в буферной составляющей, поддерживающих уровень катионов

и сокращающих упруго-вязкие свойства скелетных мышц. Исключительно важное направление связано с изучением молекулярных особенностей метаболизма сократительных мышечных белков. Важно исследовать энергообеспечение и восстановление внутриклеточного метаболизма скелетных мышц, их миофибрилл и сократительных белков. Прежде всего, необходимо изучить процессы в клеточной мембране и мембранах самоплазматического ретикула (СПР), механизмах действия рецепторов, расположенных в мембранах, белков-транспортеров глюкозы.

На сегодня в информационном современном поле физиологии спорта и двигательной активности сложилось противоречие между объемными характеристиками положительного и негативного влияния физических упражнений на психофизиологический потенциал (широкое значение) лыжников-гонщиков. Такое положение обусловило выбор темы нашего исследования.

Гипотеза. Предполагается, что интегративная деятельность организма спортсменов в экстремальных средовых условиях проявляется в совокупном отражении свободнорадикального окисления липидов, антиоксидантной активности плазмы крови и белкового синтеза. Все это суммарно детерминирует энергообеспечение, пластические и защитные функции организма обследуемых.

Цель исследования заключается в изучении индикаторов биохимических процессов у лыжников-гонщиков с высоким уровнем спортивной результативности.

Материал и методы

Участники. Контингент исследования составили лыжники-гонщики (мужчины) состава сборной команды университета в возрасте 18-25 лет. В первую группу входили спортсмены с более высокой спортивной результативностью (1 группа, $n=5$); вторая – с меньшим уровнем спортивной результативности (2 группа, $n=9$). Исследование проводилось на соревновательном этапе подготовки (февраль месяц).

Организация исследования. Нами проведено лабораторное исследование состояния процессов свободнорадикального окисления, системы антиоксидантной защиты, оценки активности гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальной системы (определение уровня кортизола). Для этого использовали количественный анализ показателей биохимическими методами исследований в образцах сыворотки крови. Объектом лабораторных исследований служила гепаринизированная кровь, забираемая из кубитальной вены утром, натощак. Все обследуемые дали согласие на забор крови, что не противоречит Хельсинскому соглашению.

Состояние процессов перекисного окисления липидов включало количественное определение первичных, вторичных и конечных продуктов перекисного окисления в плазме крови с раздельной регистрацией липопероксидов в гептановой и изопропанольной фазах липидного экстракта [6, 11, 12, 22].

Состояние процессов окислительной модификации белков включало оценку содержания карбонильных продуктов окислительной модификации белков плазмы крови по их реакции с 2,4 – динитрофенилгидразином с последующей спектрофотометрической регистрацией продуктов взаимодействия – динитрофенилгидразонов [2, 7, 8]. Содержание карбонильных продуктов окислительной модификации белков определялось в 5 (пяти) образцах сыворотки крови.

Спектрофотометрическое детектирование продуктов липопероксидации в гептановых и изопропанольных экстрактах сыворотки крови и уровня карбонилированных белков производилось с помощью спектрофотометра «СФ-56» (ЛОМО - Спектр, Санкт – Петербург, Россия).

Определение содержания кортизола производилось флюорометрическим микрометодом [3]. Содержание кортизола определялось в 5 (пяти) образцах сыворотки крови. Определение интенсивности флюоресценции для количественной детекции уровня кортизола производилось с помощью анализатора биожидкостей «Флюорат – 02 АБЛФТ» (Люмэкс, Санкт-Петербург, Россия) при длине волны возбуждения флюоресценции 405 нм, эмиссии 546 нм.

Статистический анализ. Статистическая обработка материалов исследований велась с помощью пакета программ Statistica 10.0, SPSS 17 на базовой основе ключевых методов. Достоверность различия между группами проводилась с помощью критерия Манна-Уитни.

Результаты исследования

Известно, что состояние процессов перекисного окисления липидов в плазме крови является одним из критериев объективной оценки уровня специальной подготовленности спортсмена и развития аэробных механизмов энергообеспечения (табл. 1).

По результатам исследования (табл. 1) видно, что в группе лидеров наблюдается повышенное содержание первичных продуктов ПОЛ в гептановой ($p > 0,05$) и в изопропанольной фазах ($p > 0,05$) липидного экстракта. Известно, что за счет накопления первичных ПОЛ-диеновых конъюгатов увеличивается полярность гидрофобных углеводных хвостов жирных кислот, образующих липидный слой клеточных мембран. Участки с возросшей полярностью вытесняются из мембран. Это облегчает процесс самообновления мембранных структур, увеличивает интенсивность электронного транспорта в дыхательной цепи и способствует устойчивой гиперфункции миокарда при гипоксии [9, 17]. В тоже время, в группе лидеров наблюдается пониженное содержание вторичных ($p < 0,05$) и конечных ($p < 0,01$) гептанрастворимых. Данный факт говорит о том, что у спортсменов-лидеров в период соревнований в крови наблюдается более повышенное содержание глюкозы, которое в свою очередь ведет к торможению распада жиров (как менее эффективного источника энергообеспечения при соревновательных скоростях).

Интенсификация процессов перекисного окисле-

ния липидов в группе лидеров одновременно сопровождалась повышенным уровнем антиокислительной активности, определяемой по содержанию вторичных продуктов перекисного окисления липидов после индукции аскорбатом (рис. 1).

Известно, что при окислительном стрессе радикальной атаке активированных кислородных метаболитов подвергаются наряду с липидами и клеточные белки. Одним из перспективных направлений в науке имеет место практическое исследование окислительной модификации белков в биологическом материале при патологических состояниях. Результатом окислительной деструкции белков является нарушение нативной структуры белков (рис. 2).

Под действием активных форм кислорода могут происходить два процесса: фрагментация белков, маркерами которой являются альдегид-динитрофенилгидразоны (АДНФГ); агрегация белков, маркерами которой являются кетон-динитрофенилгидразоны КДНФГ [15].

Измерению подлежат продукты окисления белков, образующиеся спонтанно и индуцируемо в реакции Фентона [1]. Считается, что показатели спонтанной

окислительной модификации белка характеризуют общее физиологическое состояние организма, а показатели окислительной модификации белка характеризуют резервно-адаптационные возможности организма [15].

В ранних стадиях окислительного стресса преобладают альдегид-динитрофенилгидразоны (АДНФГ), в поздних стадиях - кетон-динитрофенилгидразоны (КДНФГ).

Более высокие значения в группе лидеров содержания продуктов спонтанной окислительной модификации белка ($p < 0,05$) указали на интенсификацию процессов окисления. Интенсивность индуцированной окислительной модификации белков в группе с более низким уровнем спортивной результативности значительно меньше ($p < 0,05$). Это свидетельствует о меньшем резерве белков для окисления. Одновременно, индуцированная окислительная модификация белка позволила установить большую устойчивость системы к перекислению в группе лидеров.

Следовательно, интенсивные нагрузки в соревновательном периоде повышают потребность организма спортсменов в белке. Белок выполняет пластическую

Таблица 1. Содержание молекулярных продуктов перекисного окисления липидов на соревновательном этапе подготовки в двух группах ($M \pm m$)

| Группа | изопропанолрастворимые | | | гептанрастворимые | | |
|--------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Первичные (ДК) | Вторичные (КДсСТ) | Конечные (ШО) | Первичные (ДК) | Вторичные (КДсСТ) | Конечные (ШО) |
| | E_{232}/E_{220} | E_{278}/E_{220} | E_{400}/E_{220} | E_{232}/E_{220} | E_{278}/E_{220} | E_{400}/E_{220} |
| 1 | 0,45±0,01 | 0,25±0,07 | 0,02±0,002 | 0,63±0,01 | 0,12±0,02 | 0,06±0,09 |
| 2 | 0,43±0,02 | 0,18±0,05 | 0,02±0,002 | 0,48±0,02 | 0,19±0,03 | 0,17±0,04 |
| p | > 0,05 | < 0,05 | > 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,01 |

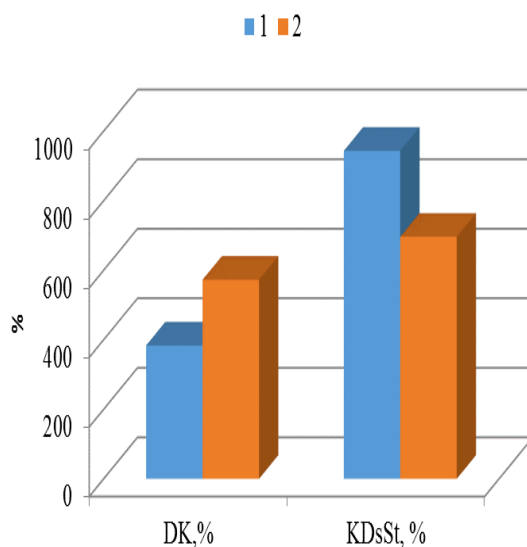


Рис. 1 Показатели уровня индуцированного перекисного окисления липидов (DK - диеновые конъюгаты; KDSt - кетодиены и сопряженные триены) в плазме крови в двух группах (1 группа (1), 2 группа (2)), %

и энергетическую функции, заключающуюся в транспорте глюкозы в анаэробных условиях двигательных действий [26].

В.А. Рогожкиным [13] установлено, что увеличение входа глюкозы в мышечную клетку происходит за счет увеличения количества таких белков транспортеров и за счет повышения скорости метаболического оборота этих белков. Транспорт глюкозы в мышечную клетку оказывается тесно связанным с наличием в ней специфических белков транспортеров, их мобилиза-

цией. Снижение уровня глюкозы помогает отодвинуть продуцирование в печени аминокислот [5]. Это стимулируют гликагон и кортизол [16].

Анализ результатов содержания в плазме крови лыжников-гонщиков общего белка и уровня кортизола выявил разнонаправленную зависимость этих показателей между собой (табл. 3). Показатели кортизола в группе лидеров были ниже на 113,2 нмоль/л ($p < 0,05$). Содержание общего белка у них превалировало на 9,64 г/л ($p < 0,05$) в отличие лыжников-гонщиков

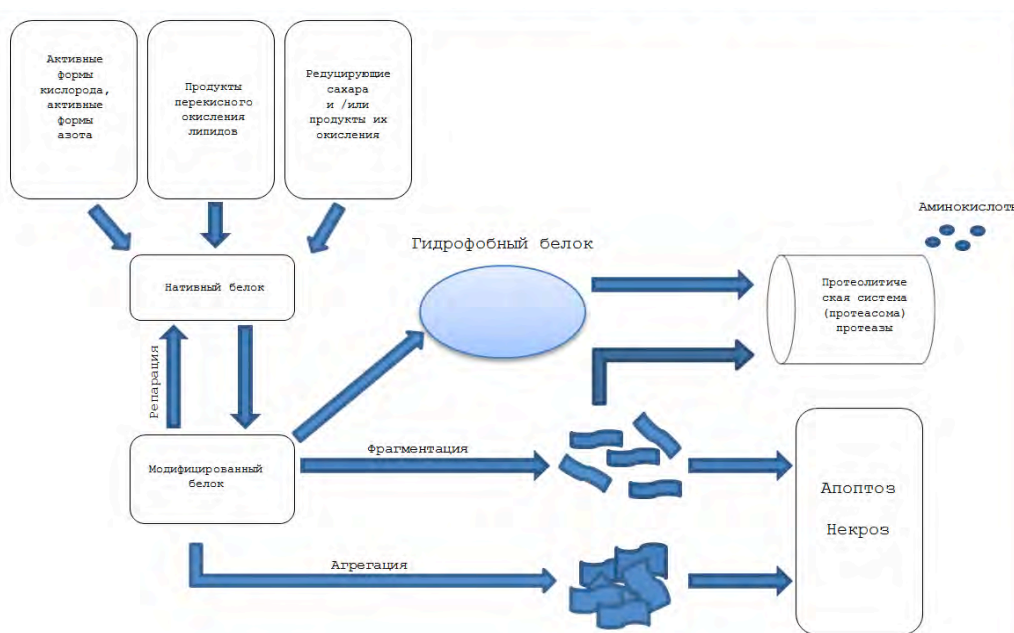


Рис. 2 Пути образования и утилизации модифицированных белков по Davies, K.J. [18]

Таблица 2. Содержание карбонилированных белков (уровень окислительной модификации белка) в двух группах ($M \pm m$)

| Группа | спонтанно | | | индуцируемо | | |
|--------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | КБ1, ЕДоп/г белка | КБ2, мкмоль/г белка | КБ3, мкмоль/г белка | КБ1, ЕДоп/г белка | КБ2, мкмоль/г белка | КБ3, мкмоль/г белка |
| 1 | 5,82±1,25 | 0,43±0,21 | 0,54±0,21 | 92,03±1,74 | 3,21±1,12 | 1,55±0,17 |
| 2 | 1,11±0,47 | 0,26±0,17 | 0,30±0,15 | 76,21±1,43 | 3,03±1,11 | 1,27±0,11 |
| p | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |

Примечания:

КБ1 - аАДФГ - алифатические альдегид-динитрофенилгидразоны ($\lambda_{max} = 270$).

КБ2 - аКДФГ н - алифатические кетон-динитрофенилгидразоны нейтрального характера ($\lambda_{max} = 370$).

КБ3 - аКДФГ осн - алифатические кетон-динитрофенилгидразоны основного характера ($\lambda_{max} = 430$).

ЕДоп / г белка – единицы оптической плотности на 1 г белка.

мкмоль/г белка - мкмоль на 1 г белка.

Таблица 3. Содержание общего белка и уровня кортизола в крови лыжников-гонщиков двух групп ($M \pm m$)

| группа | Общий белок, г/л | кортизол, нмоль/л |
|------------|------------------|-------------------|
| 1 (лидеры) | 81,61±8,47 | 367,3± 54,14 |
| 2 | 71,97±8,12 | 480,5±32,17 |
| p | < 0,05 | < 0,05 |

с меньшим уровнем спортивной результативности.

Кортизол является гормоном, увеличивающим интенсивность разложения белков и высвобождения из них аминокислот. Это обеспечивает наличие исходных соединений для синтеза глюкозы. Таким образом, в данном случае наблюдается снижение интенсивности метаболизма в группе лидеров. Это свидетельствует об экономизации работы организма в состоянии покоя.

Дискуссия

Основной целью тренировочного процесса в спорте является достижение наибольшего кумулятивного адаптационного эффекта, который должен отражаться в приросте показателей работоспособности и улучшении спортивных результатов [27].

В связи с изменениями в современных лыжных гонках, новыми способами подготовки лыжных трасс, введением в программу соревнований спринтерских дисциплин учеными во всем мире пересматриваются морфофункциональные характеристики элитных лыжников. Также совершенствуются способы оценки техники и специальной работоспособности [21, 19, 25]. Большинство исследований в условиях мобилизационного стресса с индикатором перекисного окисления липидов и антиоксидантной активности проведено на животных [6]. Исследования в спорте с изучением этих индикаторов стресс-напряжения относятся к работам конца прошлого века, связанных с оценкой метаболического и кардиоваскулярного состояния.

Прогресс спортивной результативности в настоящих исследованиях обусловлен применением тренировочных нагрузок с концентрированным развитием локально-региональной мышечной выносливости в аэробном режиме на этапе базовой подготовки. В этом случае вегетативные системы организма не являются ограничителями работоспособности [14]. Включение интервальных тренировок на этапах подготовки к

специально-значимым соревнованиям принесло ожидаемый эффект адаптации и повышение спортивной результативности. Показана эффективная роль в обеспечении долговременных реакций, обуславливающих высокую спортивную результативность (второе место мужской сборной команды ЮУрГУ по лыжным гонкам на IV Всероссийской зимней универсиаде 2016 года).

Выводы

1. Более высокая спортивная результативность в группе лидеров характеризуется преобладанием значений первичных продуктов перекисного окисления липидов (диеновых конъюгатов) в гептановой и в изопропанольной фазах экстракта; меньшим уровнем вторичных гептанрастворимых продуктов перекисного окисления липидов (кетодиенов и сопряженных триенов).

2. У лидеров наблюдается более высокий уровень антиоксидантной активности: сниженный – кортизола; повышенный – общего белка по сравнению с группой более низкой результативности.

3. Интенсификация процессов окисления белков в группе лидеров ведет к повышению содержанию глюкозы в крови и накоплению гликогена, основного источника энергообеспечения в анаэробных условиях двигательных действий.

5. Работа механизмов энергообеспечения в группе лидеров характеризуется более эффективной комбинацией развития аэробных и анаэробных способностей.

4. Увеличение доли резервно-адаптационного потенциала у лидеров характеризуется повышенным содержанием альдегид- и кетон-динитрофенилгидразонов основного характера и кетон-динитрофенилгидразонов нейтрального характера.

Конфликт интересов

Авторы утверждают, что конфликта интересов не существует.

Литература

1. Аристова Н.А. Механизмы хемилюминесценции в реакции Фентона / Н.А. Аристова, И.П. Иванова, С.В. Трофимова, И.М. Пискарев, О.Е. Бурхина // «Исследовано в России». – 2011. – Т. 14. – С. 909–919.
2. Арутюнян А.В. Методы оценки свободнорадикального окисления и антиоксидантной системы организма / А.В. Арутюнян, Е.Е. Дубинина, Н.Н. Зыбина // Методические рекомендации. – СПб.: ИКФ «Фолиант», 2000. – 104 с.
3. Балашов Ю.Г. Флюорометрический микрометод определения кортикостероидов: сравнение с другими методами / Ю.Г. Балашов // Физиол. журн. СССР. – 1990. – № 12 – С. 280–283.
4. Бахарева А.С. Оценка метаболического состояния лыжников-гонщиков высокой квалификации при развитии локально-региональной мышечной выносливости / А.С. Бахарева, А.П. Исаев, О.Б. Цейликман, А.С. Аминов // Теория и практика физической культуры. – 2016. – № 3. – С. 12–13.
5. Виру А.А. Гормоны и спортивная работоспособность. / А.А. Виру, П.К. Кырче. – М.: Физкультура и спорт, 1983. – 159 с.

References

1. Aristova NA, Ivanova IP, Trofimova SV, Piskaryov IM, Burkhina OE. Mekhanizmy khemiluminescencii v reakcii Fentona [Mechanisms of hemi-luminescence in Fenton's reaction]. *Issledovano v Rossii*, 2011 14:909-919. (in Russian).
2. Arutyunyan AV, Dubinina EE, Zybina NN. *Metody ocenki svobodnoradikal'nogo okisleniia i antioksidantnoj sistemy organizma* [Methods of assessment of free radical oxidation and organism's antioxidant system]. Saint-Petersburg: IKF Foliant; 2000. (in Russian).
3. Balashov YG. Fluiorometricheskij mikrometod opredeleniia kortikosteroidov: sravnenie s drugimi metodami [Fluorometric micro-method of corticosteroids' determination; comparison with other methods]. *Fiziologicheskij zhurnal SSSR*, 1990;12:280–283. (in Russian).
4. Bakhareva AS, Isaev AP, Tseylikman OB, Aminov AS. Ocenka metabolicheskogo sostoiianiia lyzhnikov-gonshchikov vysokoj kvalifikacii pri razvitiu lokal'no-regional'noj myshechnoj vynoslivosti [Assessment of metabolic state of elite ski racers under development of local regional muscular endurance]. *Teoriia i praktika fizicheskij*

6. Волчегорский И.А. Экспериментальное моделирование и лабораторная оценка адаптационных реакций организма / И.А. Волчегорский, И.И. Долгушин, О.Л. Колесников, В.Э. Цейликман. – Челябинск, 2000. – 167 с.
7. Дубинина Е. Е. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод ее определения / Е.Е. Дубинина, С.О. Бурмистров, Д.А. Ходов, И.Г. Поротов // Вопросы медицинской химии. – 1995. – Т. 41. – №. 1. – С. 24–26.
8. Дубинина Е.Е. Окислительная модификация протеинов, ее роль при патологических состояниях / Е.Е. Дубинина, А.В. Пустыгина // Укр. біохім. журн. – 2008. – Т. 80, №6. – С. 5–18.
9. Дятлов Д.А. Анализ содержания продуктов липопероксидации в крови лыжников-гонщиков различной спортивной квалификации / Д.А. Дятлов, И.А. Волчегорский, Е.И. Львовская, С.Л. Сашенков // Теория и практика физической культуры. – 1997. – № 4. – С. 24–27.
10. Исаев А.П. Метаболизм в процессе мышечной деятельности юных спортсменов-дзюдоистов / А.П. Исаев, С.А. Личагина, С.А. Кабанов, Е.Ю. Горяева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура. – Челябинск Издат. центр ЮУрГУ, 2006. – Вып. 7. – Том 1. – № 3. – С. 67–69.
11. Львовская Е. И. Нарушение процессов липидной пероксидации при термической травме и патогенетическое обоснование лечения антиоксидантами из плазмы крови: автореф. дисс. ... д-ра мед. наук / Е. И. Львовская. – Челябинск, 1998. – 45 с.
12. Львовская Е.И. Спектрофотометрическое определена конечных продуктов перекисного окисления липидов / Е.И. Львовская, И.А. Волчегорский, С.Е. Шемяков, Р.И. Лифшиц // Вопросы медицинской химии. – 1991. – №. 4. – С. 92–94.
13. Рогозин В.А. Методы биохимического контроля в спорте: учебное пособие / В.А. Рогозин. – Л.: Медицина, 1990. – 50 с.
14. Селуянов В.Н. Подготовка бегуна на средние дистанции / В.Н. Селуянов. – М.: ТВТ Дивизион, 2007. – 112 с.
15. Фомина М. А. Способ комплексной оценки содержания продуктов окислительной модификации белков в тканях и биологических жидкостях: Методические рекомендации / М. А. Фомина, Ю.В. Абаленихина. – Рязань: РИОРязГМУ. – 2014. – 60 с.
16. Харгривс М. Метаболизм в процессе физической деятельности / под. ред. М. Харгривса. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 285 с.
17. Coggan A.R. Metabolic adaptations to endurance training: substrate metabolism during exercise / A.R. Coggan, B.D. Williams / Ed. M. Hargreaves. – Human Kinetics: Champaign, IL. – 1995. – P. 177–210.
18. Davies K.J. Degradation of oxidized proteins by the 20S proteasome [Text] / K.J. Davies // Biochimie. – 2001. – Vol.83, №3/4. – P. 301-310.
19. Goya-Esteban R. Heart Rate Variability Non Linear Dynamics in Intense Exercise/ R. Goya-Esteban, //Computing in Cardiology. – 2012. –V. 39. – P. 177-180.
20. Henriksson J. Metabolism in the Contracting Skeletal Muscle / J. Henriksson // Endurance in Sports. – Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1992. – P. 226–243.
21. Holmberg H. Integrative biomechanics and physiology in c-c skiing/H. Holmberg // 6 International Congress on Science and Skiing 2013, St. Christoph a. Arlberg.-Austria. P. 7.
22. Jones L. A. Spectrophotometric studies of some 2, 4-dinitrophenylhydrazones / L. A. Jones, J. C. Holmes, R. B. Seligman // Analytical Chemistry. – 1956. – Vol. 28, № kul'tury, 2016;3:12–13. (in Russian).
5. Viru AA, Kyrche PK. *Gormony i sportivnaia rabotosposobnost'* [Hormones and sports workability]. Moscow: Physical Culture and Sport; 1983. Russian.
6. Volchegorskiy IA, Dolgushin II, Kolesnikov OL, Tselikman VE. *Eksperimental'noe modelirovanie i laboratornaia oценка adaptacionnykh reakcij organizma* [Experimental simulation and laboratory estimation of organism's adaptation reactions]. Chelyabinsk: ChGPU Publ., 2000. (in Russian).
7. Dubinina EE, Burmistrov SO, Khodov DA, Porotov IG. Okislitel'naia modifikaciia belkov syvorotki krovi cheloveka, metod ee opredeleniia [Oxidative modification of human blood serum proteins; the method of its determination]. *Voprosy medicinskoj khimii*. 1995;80(6):24–26. (in Russian).
8. Dubinina EE, Pustygina AV. Okislitel'naia modifikaciia proteinov, ee rol' pri patologicheskikh sostoianiiakh [Proteins' oxidative modification, its role with pathological states]. *Ukrains'kij biokhimichnij zhurnal*, 2008;80(6):5-18. (in Russian).
9. Dyatlov DA, Volshegorskiy IA, Lvovskaya EI, Sashenkov SL. Analiz sodержaniia produktov lipoperoksidacii v krovi lyzhnikov-gonshchikov razlichnoj sportivnoj kvalifikacii [Analysis of lipids peroxidation products in blood of ski racers of different sports qualification]. *Teoriia i praktika fizicheskoi kul'tury*. 1997;4:24–27. (in Russian).
10. Isaev AP, Lichagina SA, Kabanov SA, Goryaeva EY. Metabolizm v processe myshechnoi deiatel'nosti iunykh sportsmenov-dziudoistov [Metabolism in the process of muscular functioning of junior Judo sportsmen]. *Vestnik IuUrGU*, 2006;3:67–69. (in Russian).
11. Lvovskaya EI. *Narushenie processov lipidnoj peroksidacii pri termicheskoi travme i patogeneticheskoe obosnovanie lecheniia antioksidantami iz plazmy krovi*. Cand. Diss. [Violation of lipids' peroxidation processes with thermal trauma and path-genetic substantiation of treatment with antioxidants from blood plasma. Cand. Diss.]. Chelyabinsk; 1998. (in Russian).
12. Lvovskaya EI, Volchegorskiy IA, Shemyakov SE, Lifshits RI. *Spektrofotometricheskoe opredelena konechnykh produktov perekisnogo okisleniia lipidov* [Spectral photometric determination of lipids' peroxidation final products]. *medicinskoj khimii*, 1991;4:92–4. (in Russian).
13. Rogozin VA. *Metody biokhimicheskogo kontroliia v sporte* [Methods of bio-chemical control in sports]. Leningrad: Medicine; 1990. (in Russian).
14. Seluyanov VN. *Podgotovka beguna na srednie distancii* [Training of middle distance runner]. Moscow: Division; 2007. (in Russian).
15. Fomina MA, Abalenikhina YV. *Sposob kompleksnoj ocenki sodержaniia produktov okislitel'noj modifikacii belkov v tkaniakh i biologicheskikh zhidkostiakh* [Method of complex estimation of proteins' oxidative modification products in tissues and biological liquids]. Ryazan: RIORyazGMU; 2014. (in Russian).
16. Hargreaves M. *Metabolizm v processe fizicheskoi deiatel'nosti* [Metabolism in the process of physical functioning]. Kiev: Olympic Literature; 1998. (in Russian).
17. Coggan AR, Williams BD. Metabolic adaptations to endurance training: substrate metabolism during exercise. In: Hargreaves M, editor. *Exercise metabolism*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1995. p. 177–210.
18. Davies KJ. Degradation of oxidized proteins by the 20S proteasome. *Biochimie*. 2001;83(3-4):301–310.
19. Goya-Esteban R, Barquero-Pérez O, Sarabia-Cachadiña E, de la Cruz-Torres B, Naranjo-Orellana J, Rojo-Álvarez JL. Heart rate variability non linear dynamics in intense exercise.

2. – P. 191–198.
23. Klusiewicz A. Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal and maximal exercise on a ski ergometer/A. Klusiewicz, J. Faff, J. Starczewska-Czapowska // *Biol. Sport*. – 2011. – № 28. – P. 31–35.
24. Losnegard T. Physiological differences between sprint-and distance-specialized cross-country skiers / T. Losnegard, J. Hallén // *Int. Journal Sports Physiol. Perform.* – 2014; 9(1). – P. 25–31.
25. Saltin B. Success in cc skiing: no longer just a question of a high aerobic capacity / B. Saltin // 6 International Congress on Science and Skiing 2013, St. Christoph a. Arlberg.-Austria. – 2013. – P. 14.
26. Vogt A.M. Metabolic control analysis of anaerobic glycolysis in human hibernating myocardium replaces traditional concepts of flux control / A.M. Vogt, N. Holger et al. // *FEBS Left*. – 2002. – Vol. 517, № 2. – P. 245–250.
27. Volkov N.I. Physiological criterions of adaptation in man to physical of adaptation in man to physical loads / N.I. Volkov, O.I. Popov // *Bulletin. Series Biological*. – Alma-Ata, 2007. № 4 (34). – P. 24–29.
- Comput Cardiol*. 2012;39:177–180.
20. Henriksson J. Metabolism in the contracting skeletal muscle. In: R.J. Shephard RJ, Åstrand P-O, editors. *Endurance in sports*. Oxford: Blackwell Science Ltd; 1992. p. 226–243.
21. Holmberg H. Integrative biomechanics and physiology in c-c skiing. In: *Proceedings of the 6th International Congress on Science and Skiing*; 2013, Dec 14-19; St. Christoph a. Arlberg, Austria. p. 7.
22. Jones LA, Holmes JC, Seligman RB. Spectrophotometric studies of some 2, 4-dinitrophenylhydrazones. *Anal Chem*. 1956;28(2):191–198.
23. Klusiewicz A, Faff J, Starczewska-Czapowska J. Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal and maximal exercise on a ski ergometer. *Biol Sport*. 2011;28:31–35.
24. Losnegard T, Hallén J. Physiological differences between sprint-and distance-specialized cross-country skiers. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9(1):25–31.
25. Saltin B. Success in cc skiing: no longer just a question of a high aerobic capacity. In: *Proceedings of the 6th International Congress on Science and Skiing*; 2013, Dec 14-19; St. Christoph a. Arlberg, Austria. p. 14.
26. Vogt AM, Nef H, Schaper J, Poolman M, Fell DA, Kübler W, Elsässer A. Metabolic control analysis of anaerobic glycolysis in human hibernating myocardium replaces traditional concepts of flux control. *FEBS Left*. 2002;517(2):245–250.
27. Volkov NI, Popov OI. Physiological criterions of adaptation in man to physical loads. *B Ser Biol*. 2007;34(4):24–29.

Информация об авторах:

Бахарева Анастасия Сергеевна; <http://orcid.org/0000-0003-0518-7751>; bakharevaas@susu.ru; Южно-Уральский государственный университет, Институт спорта, туризма и сервиса; пр. Ленина, 76, г. Челябинск, 454080, Россия.

Исаев Александр Петрович; д.б.н., проф.; <http://orcid.org/0000-0002-8136-9656>; isaevap@susu.ru; Южно-Уральский государственный университет, Институт спорта, туризма и сервиса; пр. Ленина, 76, г. Челябинск, 454080, Россия.

Эрлих Вадим Викторович; д.б.н., доц.; <http://orcid.org/0000-0003-4416-1925>; vadim.erlikh@susu.ru; Южно-Уральский государственный университет, Институт спорта, туризма и сервиса; пр. Ленина, 76, г. Челябинск, 454080, Россия.

Аминов Альберт Сибатуллоевич; <http://orcid.org/0000-0003-0440-6553>; fsk-priem@mail.ru; Южно-Уральский государственный университет, Институт спорта, туризма и сервиса; пр. Ленина, 76, г. Челябинск, 454080, Россия.

Цитируйте эту статью как: Бахарева А.С., Исаев А.П., Эрлих В.В., Аминов А.С. Особенности эффективной долговременной адаптации и регуляции метаболического состояния лыжников-гонщиков // Педагогика, психология та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2016. – №3. – С. 4–10. doi:10.15561/18189172.2016.0301

Электронная версия этой статьи является полной и может быть найдена на сайте: <http://www.sportpedagogy.org.ua/html/arhive.html>

Эта статья Открытого Доступа распространяется под термином Creative Commons Attribution License, которая разрешает неограниченное использование, распространение и копирование любыми средствами, обеспечивающими должное цитирование этой оригинальной статьи (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>).

Дата поступления в редакцию: 08.06.2016
Принята: 26.06.2016; Опубликована: 28.06.2016

Information about the authors:

Bakhareva A.S.; <http://orcid.org/0000-0003-0518-7751>; bakharevaas@susu.ru; South Ural State University Institute of Sport, Tourism and Service.; 76, Lenin prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia.

Isaev A.P.; <http://orcid.org/0000-0002-8136-9656>; isaevap@susu.ru; South Ural State University Institute of Sport, Tourism and Service.; 76, Lenin prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia.

Erlikh V.V.; <http://orcid.org/0000-0003-4416-1925>; vadim.erlikh@susu.ru; South Ural State University Institute of Sport, Tourism and Service.; 76, Lenin prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia.

Aminov A.S.; <http://orcid.org/0000-0003-0440-6553>; fsk-priem@mail.ru; South Ural State University Institute of Sport, Tourism and Service.; 76, Lenin prospekt, Chelyabinsk, 454080, Russia.

Cite this article as: Bakhareva A.S., Isaev A.P., Erlikh V.V., Aminov A.S. Effective long term adaptation and metabolic state regulation of ski-racers. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 2016;3:4–10. doi:10.15561/18189172.2016.0301

The electronic version of this article is the complete one and can be found online at: <http://www.sportpedagogy.org.ua/html/arhive-e.html>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Received: 08.06.2016
Accepted: 26.06.2016; Published: 28.06.2016