

Лабораторные маркеры адаптации организма биатлонистов высокой квалификации к тренировочным нагрузкам

Ирина Рыбина¹, Евгений Ширковец², Антонина Нехвядович¹

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты многолетнего биохимического мониторинга тренировочного процесса 32 биатлонистов высокой квалификации, обработаны данные 6487 биохимических и гематологических тестов. Определены физиологические значения биохимических маркеров у биатлонистов высокой квалификации, позволяющие учитывать особенности метаболизма, связанные с полом спортсменов, периодом подготовки, а также характером и направленностью тренировочных нагрузок. Использование разработанных критериев изменения биохимических показателей для оценки срочной и долговременной адаптации позволяет оценить переносимость нагрузок, избежать перенапряжения соответствующих систем энергообеспечения мышечной деятельности и вырабатывать оптимальные корректирующие воздействия на разных этапах подготовки спортсменов. Представлены методические подходы оценки диагностической информативности лабораторных показателей для мониторинга тренировочного процесса.

Ключевые слова: спорт, адаптация, лабораторные маркеры, мониторинг тренировочного процесса, спортсмены высокой квалификации.

АБСТРАКТ

The article presents the results of multi-year biochemical monitoring of the training process of 32 highly qualified biathletes and the data of 6487 biochemical and hematological tests. Physiological values of biochemical markers were determined in highly qualified biathletes that allows to take into account the characteristics of the metabolism associated with athletes' gender, the stage of preparation, and the mode and direction of training loads. The use of the developed criteria for changes in biochemical indicators to assess the urgent and long-term adaptation makes it possible to evaluate the tolerance for physical loads, to avoid overstrain of the systems providing energy for muscular activity, and to develop optimal corrective actions at different stages of athlete's preparation. Methodological approaches are described to evaluate the diagnostic informativeness of laboratory indicators for monitoring the training process.

Keywords: sport, adaptation, laboratory markers, monitoring of training process, highly qualified athletes.

Постановка проблемы. Изучению адаптационных возможностей организма спортсменов под влиянием напряженной физической деятельности уделяется большое внимание в спорте высших достижений, поскольку важнейшей задачей спортивной подготовки является достижение высокого результата и сохранение при этом здоровья спортсмена. Контроль адаптационных процессов требует адекватных и информативных методов. Биохимические методы в значительной степени отвечают вышеуказанным требованиям и широко используются для оценки воздействия физических нагрузок на организм спортсменов [1, 4–7, 11]. Специалисты, работающие в области спортивной биохимии, постоянно осуществляют поиск надежных методов и диагностических тестов, наиболее точно отражающих картину изменений метаболизма при физических нагрузках с разной направленностью воздействий на организм [6–8, 11]. Важным условием эффективного использования биохимических методов оценки адаптации является адекватная их интерпретация. Только в этом случае оправдано их применение для коррекции тренировочного процесса и медико-биологического обеспечения подготовки спортсменов.

Одной из проблем в спортивной биохимии является разработка объективных критериев адекватности реакции организма спортсмена на физическую нагрузку, или, проводя аналогию с медицинской лабораторной диагностикой, – для диагностики нормы и патологии. Вектор решения данной проблемы направлен на поиск достоверных корреляционных взаимосвязей клинико-лабораторных показателей с наличием неадекватных ответов на физическую нагрузку. Важнейшим шагом в этом направлении является разработка биологически обоснованных количественных ориентиров результатов лабораторного обследования, которое служит основанием оценки тренировочных нагрузок и состояния перетренированности, а также здоровья и патологических процессов.

Ключевым моментом эффективного управления тренировочным процессом в

биатлоне является индивидуализация тренировочных программ с учетом реакции организма спортсменов на нагрузки. Анализ срочных тренировочных эффектов позволяет прогнозировать изменение работоспособности спортсменов в соответствии с объемом, интенсивностью, направленностью и динамикой физических нагрузок. Для этого целесообразно использовать показатели, которые дают информацию о срочном эффекте нагрузки, а также о характере и продолжительности восстановления функций организма после выполненной нагрузки [6, 7, 11].

Цель исследования – изучение динамики биохимических маркеров в процессе срочной и долговременной адаптации организма биатлонистов высокой квалификации к тренировочным нагрузкам различной направленности.

Методы и организация исследования. Для анализа динамики срочной адаптации проанализированы результаты многолетнего мониторинга 180 тренировочных занятий различной направленности. Исследования проводили в процессе повседневных тренировочных занятий в течение подготовительного периода. Проанализированы четыре группы тренировочных нагрузок, различающихся по их преимущественному воздействию на организм: *первая* – с интенсивностью на уровне аэробного порога (АП) (общая продолжительность 2–2,5 ч); *вторая* – на уровне анаэробного порога (АнП) (общая продолжительность 35–40 мин); *третья* – гликолитической направленности (общая продолжительность 20–25 мин); *четвертая* – силовой направленности (общая продолжительность 1–1,5 ч). В качестве критерия оценки интенсивности циклической нагрузки в разных зонах энергообеспечения использовали концентрацию лактата периферической крови, которую определяли несколько раз в течение тренировочного занятия. Она свидетельствовала о развертывании соответствующих механизмов энергообеспечения. Забор крови осуществляли из пальца утром натощак и после окончания вечернего занятия для анализа суммарного

ТАБЛИЦА 1 – Динамика активности креатинфосфокиназы и содержания мочевины под влиянием тренировочных нагрузок различной направленности у биатлонисток высокой квалификации ($X \pm SD$)

Показатель	Виды тренировочных нагрузок			
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	4-я группа
	АП (n = 53)	АнП (n = 66)	гликолитическая (n = 16)	силовая (n = 45)
Лактат, ммоль·л ⁻¹	2,09 ± 0,75	4,02 ± 1,09	9,81 ± 1,55	
Мочевина до нагрузки, ммоль·л ⁻¹	5,25 ± 1,22	5,22 ± 1,18	5,14 ± 0,91	5,03 ± 1,04
Мочевина после нагрузки, ммоль·л ⁻¹	6,78 ± 1,20 ^{*4}	6,73 ± 1,44	6,43 ± 1,18	6,23 ± 1,05 ^{*1}
Мочевина (прирост, ммоль·л ⁻¹)	1,54 ± 1,02	1,50 ± 0,84	1,29 ± 0,78	1,41 ± 0,92
Мочевина (прирост, %)	32,4 ± 23,6	30,5 ± 18,9	25,8 ± 18,0	31,9 ± 22,5
КФК до нагрузки, ЕД·л ⁻¹	178,7 ± 132,6	138,7 ± 83,0	140,6 ± 88,0	173,7 ± 139,6
КФК после нагрузки, ЕД·л ⁻¹	246,0 ± 160,7	210,4 ± 115,1	215,5 ± 113,2	308,4 ± 245,9
КФК (прирост, ЕД·л ⁻¹)	67,3 ± 69,9 ^{*4}	71,7 ± 56,1 ^{*4}	74,9 ± 55,1 ^{*4}	134,7 ± 155,5 ^{*1,2,3}
КФК (прирост, %)	49,9 ± 50,8 ^{*4}	58,3 ± 44,4	59,5 ± 46,1	97,7 ± 81,0 ^{*1}

* Различия достоверны с соответствующей группой, $p < 0,05$.

адаптационного сдвига в течение тренировочного дня. В крови определяли следующие клинико-лабораторные показатели: концентрацию мочевины, глюкозы, триглицеридов, активность ферментов креатинфосфокиназы (КФК), аспаратаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ), содержание гемоглобина, гематокрит, а также количество лейкоцитов, эритроцитов и ретикулоцитов.

Для оценки долговременной адаптации систематизированы и статистически обработаны результаты многолетнего биохимического мониторинга (2004–2014 гг.) тренировочного процесса 32 биатлонисток (16 мужчин и 16 женщин) высокой квалификации – мастер спорта (МС) и мастер спорта международного класса (МСМК) – в возрасте 23–29 лет. Проанализированы данные 6487 биохимических и гематологических тестов. Для исследования использовали капиллярную кровь. При проведении клинико-лабораторных исследований использовали следующее оборудование: анализатор PICCOLO Xpress (ABAXIS, США), фотометр «PM 2111» (Солар, Беларусь), гематологические анализаторы «Sysmex XT-2000i» (Sysmex, Япония) и «QBC Autoread» (Becton Dickinson, США), портативный анализатор гормонов «i-CHROMA READER» (Республика Корея), анализатор лактата «BIOSEN» (ЕКФ, Германия).

Статистическую обработку данных проводили с использованием методов описательной статистики, сравнительного критерия Манна-Уитни и критерия Фишера. Для оценки диагностической информативности

клинико-лабораторных исследований в спорте применяли общепринятую методику, используемую в практической медицине [3].

Результаты исследования и их обсуждение. Изменение динамики биохимических показателей рассматривалось нами как информативный инструмент для оценки срочной и долговременной адаптации к выполняемым тренировочным нагрузкам. Критериями срочной адаптации служили абсолютное и относительное изменение клинико-лабораторных показателей под влиянием тренировочных занятий определенной направленности (табл. 1).

Представленные данные свидетельствуют о достоверно более высокой концентрации мочевины после выполнения нагрузки на уровне аэробного порога по сравнению с тренировкой силовой направленности ($p < 0,05$). Наибольшие максимальные значения концентрации мочевины отмечались после нагрузок аэробной направленности. Различия постнагрузочных величин биохимических показателей при различных типах нагрузок в значительной степени отражают процессы, связанные с механизмами энергообеспечения выполняемых нагрузок. Если рассматривать динамику средних величин и вариаций содержания мочевины в диапазоне 25–75 %, то можно выделить тенденцию к увеличению данного показателя после нагрузок, направленных на развитие аэробного компонента энергообеспечения. Постнагрузочные значения мочевины после нагрузок на уровне АП варьировались от 4,03 до 10,1 ммоль·л⁻¹, а прирост этого пока-

зателя наблюдался в диапазоне величин от 0,34 до 4,16 ммоль·л⁻¹ (от 6,8 до 100 %). Тренировка на уровне АП вызвала наибольший прирост содержания мочевины как в абсолютных, так и относительных значениях. Значительный прирост концентрации мочевины отмечался также при проведении тренировок с интенсивностью на уровне АнП, после которых постнагрузочные значения находились в пределах 4,06–11,1 ммоль·л⁻¹. Наименьшее изменение мочевины наблюдалось при проведении скоростных или силовых тренировок. В ряде случаев постнагрузочные значения мочевины превышали физиологические значения популяционных норм (2,8–8,3 ммоль·л⁻¹).

Наибольшие средние значения абсолютного прироста КФК наблюдались после нагрузок силовой направленности, которые достоверно отличались от соответствующих изменений при других режимах тренировочных нагрузок ($p < 0,05$). Динамика активности фермента под влиянием тренировки различной направленности характеризовалась значительной индивидуальной вариативностью (рис. 1). Следует обратить внимание, что скорость выхода фермента КФК в кровь, обусловленная повышением проницаемости клеточных мембран, индивидуальна и максимальные значения могут быть достигнуты значительно позже времени его определения. После нагрузки на уровне аэробного порога значения вышеуказанного фермента варьировались от 90 до 880 ЕД·л⁻¹, на уровне ПАНО – 89–695 ЕД·л⁻¹, при нагрузках гликолитической направленности – 105–515 ЕД·л⁻¹.

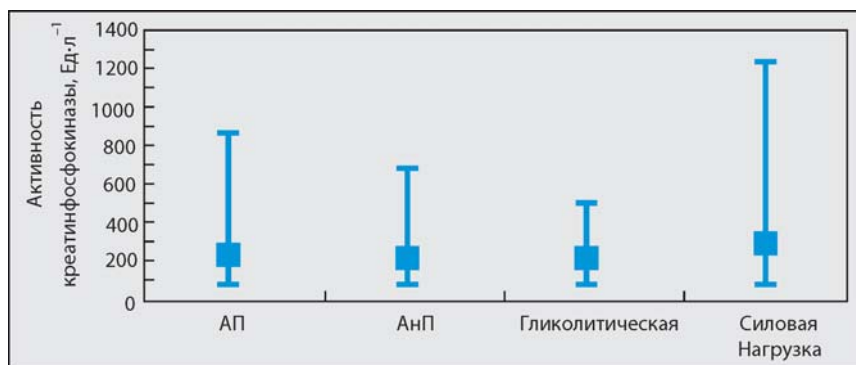


РИСУНОК 1 – Активность креатинфосфокиназы в периферической крови биатлонисток после выполнения нагрузок различной направленности

Наибольшие значения активности КФК выявлялись после нагрузки силовой направленности, они находились в пределах 87–1221 Ед·л⁻¹. Следует отметить, что усредненные значения данного показателя сравнительно мало отличались при различных типах тренировочной деятельности, тогда как крайние величины варьировали в значительных пределах.

Характер срочной метаболической адаптации к нагрузкам различной направленности определяется особенностями механизма энергообеспечения и путей ресинтеза АТФ, которые задействованы в процессе соответствующего тренировочного занятия. Срочная адаптация, возникающая под влиянием однонаправленного тренировочного воздействия, приводит к соответствующим метаболическим и функциональным сдвигам, которые являются необходимыми предпосылками для запуска механизмов долговременной адаптации.

В результате выполненных исследований выявлена высокая информативность показателя соотношения лимфоцитов и нейтрофилов периферической крови для оценки адаптационных изменений гомеостаза под влиянием высокоинтенсивных физических нагрузок. Процентная частота встречаемости различных типов неспецифических адаптационных реакций организма (НАРО) по Гаркави и соавт. [2] была следующей: реакция хронического стресса – 3,8, тренированности – 16,2, спокойной активации – 28,6, повышенной активации – 29,0, переактивации – 22,4.

Анализ результатов многолетних наблюдений показал, что возникновение неспецифических адаптационных реакций организма, характеризующихся антистрессорным характером, в биохимическом

плане в значительной степени связано с адекватными метаболическими изменениями под влиянием тренировочных нагрузок и, соответственно, является условием адекватной срочной и долговременной адаптации организма спортсмена к физической нагрузке и повышению его работоспособности. Тип и степень напряженности неспецифических адаптационных реакций организма характеризуются возрастанием «метаболической стоимости» выполненных физических нагрузок, что может служить причиной для снижения скорости течения адаптационных процессов к тренировочным нагрузкам. Реакция стресса и переактивации характеризуется большим напряжением метаболизма по сравнению с другими адаптационными реакциями. Активность КФК на этих уровнях адаптационных реакций составляет $226,8 \pm 28,3$ Ед·л⁻¹ для реакции хронического стресса и $256,8 \pm 38,3$ Ед·л⁻¹ для переактивации, что достоверно выше, чем при «реакции тренировки» ($137,5 \pm 9,3$ Ед·л⁻¹) ($p < 0,05$). Для другого важного в мониторинге физических нагрузок фермента АСТ также отмечаются достоверно более высокие значения его активности для реакций хронического стресса ($35,2 \pm 2,9$ Ед·л⁻¹) и переактивации ($34,2 \pm 2,0$ Ед·л⁻¹) по сравнению со спокойной ($26,2 \pm 1,4$ Ед·л⁻¹) и повышенной активацией ($29,0 \pm 1,5$ Ед·л⁻¹) ($p < 0,05$). Реакция хронического стресса и переактивации в нашем исследовании ассоциируется с более высокими значениями активности фермента аланинаминотрансферазы по сравнению с другими типами адаптационных реакций. При реакции переактивации превышение носит достоверный характер по сравнению с реакциями спокойной и повышенной активации ($26,3 \pm 1,3$, $23,2 \pm 0,9$ и $22,8 \pm 0,9$ Ед·л⁻¹ соответственно) ($p < 0,05$).

Реакция повышенной активации характеризовалась достоверно более низкими значениями кортизола ($540,3 \pm 21,0$ нмоль·л⁻¹) по сравнению с переактивацией ($648,2 \pm 45,1$ нмоль·л⁻¹) и «реакцией тренировки» ($623,7 \pm 36,9$ нмоль·л⁻¹).

Определение активности ферментов в сыворотке крови является информативным для оценки состояния метаболизма ряда органов и систем [6, 8, 13]. Особый интерес представляют тканевые ферменты, поступающие в кровь из скелетных мышц и других тканей в результате нарушения проницаемости клеточных мембран под влиянием тренировочных нагрузок [6, 8, 11]. В спорте высших достижений существуют определенные трудности с трактовкой результатов исследования активности ферментов под влиянием физических нагрузок, поскольку данные показатели могут иметь высокие диагностические ассоциации с рядом заболеваний и наличием возможных предпатологических составляющих. В связи с этим представляет интерес выявление физиологических значений активности вышеуказанных ферментов у спортсменов, вызванных физическими упражнениями, что позволяет получить ориентиры для трактовки результатов исследований и выявить опасные значения показателей для спортсменов. Это дает возможность предотвратить травмы, развитие хронической усталости и перетренированности.

В таблице 2 представлены результаты изучения активности сывороточных ферментов у представителей биатлона. Из представленных данных видны достоверные различия в значениях активности ферментов в половом аспекте, которые, по-видимому, связаны с различной мышечной массой испытуемых и особенностями компонентного состава тела представителей мужского и женского пола. Влияние половых различий на активность ферментов также может быть в определенной степени обусловлено особенностями гормонального статуса обследуемых контингентов и положительным влиянием эстрогенов на состояние мышц [19].

Результаты статистического анализа активности ферментов на разных этапах подготовки позволили выявить особенности их тренда. Отмечалась тенденция к снижению среднegrupповых данных активности ферментов при переходе от общеподготовительного к специально-подготовительному периоду. Величины активности КФК на спе-

ТАБЛИЦА 2 – Активность ферментов и метаболитических маркеров в капиллярной крови у биатлонистов высокой квалификации

Показатель	Мужчины		Женщины	
	n	X ± SD	n	X ± SD
Аспаратаминотрансфераза, Ед·л ⁻¹	96	30,8 ± 8,0	359	31,8 ± 11,2
Аланинаминотрансфераза, Ед·л ⁻¹	94	28,0 ± 7,8*	351	25,1 ± 7,9
КФК, Ед·л ⁻¹	135	252,1 ± 14,5*	617	202,9 ± 6,98
Мочевина, ммоль·л ⁻¹	137	5,64 ± 0,89*	854	5,20 ± 1,14
Триглицериды, ммоль·л ⁻¹	63	0,66 ± 0,21*	258	0,77 ± 0,29
Глюкоза, ммоль·л ⁻¹	63	4,70 ± 0,45*	258	4,29 ± 0,45
Гемоглобин, г·л ⁻¹	102	155,1 ± 7,6*	361	142,8 ± 7,1
Гематокрит, %	102	47,9 ± 2,5*	362	44,3 ± 2,1

* Различия достоверны по сравнению с данными у женщин, $p < 0,05$.

циально-подготовительном этапе подготовительного периода достоверно ниже, чем на общеподготовительном ($188,0 \pm 7,48$ и $223,5 \pm 13,3$ Ед·л⁻¹ соответственно, $p < 0,05$). Повышенная напряженность энергообмена в мышцах в общеподготовительный период может быть связана с большими объемами тренировочных нагрузок, а также с различной скоростью адаптации организма спортсменом к тренировочным нагрузкам. В данный период закладываются основы общей физической подготовленности и увеличение возможностей основных функциональных систем организма. Важной задачей данного этапа является увеличение способности переносить большие тренировочные нагрузки. Для этого используются различные средства подготовки, отличные от соревновательных, способствующие развитию общей физической подготовленности. Несмотря на то что в специальной литературе существуют противоречивые мнения о наличии положительной взаимосвязи между объемом силовой нагрузки и активностью КФК, ряд авторов придерживаются мнения о наличии такой зависимости [14, 17]. На активность фермента КФК также могут оказывать влияние такие факторы, как уровень подготовленности спортсмена, пол, группы мышц, участвующих в выполнении упражнения, объем нагрузок силового характера [13], возраст, раса, мышечная масса, направленность физической нагрузки и климатические условия [9, 16], а также индивидуальные особенности метаболизма [10]. Кроме того, в специальной литературе имеются данные о том, что активность КФК в большей степени возрастает после упражнений с участием мышц верхней части тела, чем после упражнений для нижних конечностей [12, 15, 18].

Об интенсивности и степени напряжения метаболитических процессов при выполнении физических нагрузок информативным является превышение популяционных норм верхней границы активности фермента, что наблюдалось для биатлона в 31,1 % измерений для активности КФК, 15,4 и 4,6 % – для активности аспарат- и аланинаминотрансфераз соответственно.

Интерпретация результатов определения аминотрансфераз не всегда является простой задачей, поскольку повышение активности АСТ может являться результатом повышения напряжения энергообмена как в сердечной мышце, так и в скелетных мышцах, печени и др. Информативным показателем при решении данного вопроса является определение соотношения активности АСТ и АЛТ, или коэффициента де Ритиса. Этот показатель широко используется в клинической практике для дифференциальной диагностики заболеваний печени и миокарда. Коэффициент де Ритиса (АСТ/АЛТ) составил для представителей биатлона $1,17 \pm 0,37$ для мужчин и $1,33 \pm 0,49$ – для женщин. Повышение активности одного или обоих ферментов при одновременном росте или снижении коэффициента де Ритиса может быть ценным диагностическим тестом для определения органной специфичности напряженности метаболитических процессов. Увеличение соотношения АСТ/АЛТ ассоциируется с преимущественно мышечными повреждениями во время напряженных мышечных нагрузок.

Ряд биохимических маркеров, ассоциированных с переносимостью тренировочных нагрузок, имеет достоверные различия в половом аспекте (см. табл. 2). Концентрация

мочевины и глюкозы у мужчин достоверно выше, чем у женщин, а концентрация триглицеридов – ниже ($p < 0,05$). Число выходов за пределы нижней границы нормы составила для триглицеридов 6,9 %. В этих случаях отмечалась несбалансированность процессов мобилизации липидов из депо для обеспечения восстановительных процессов энергосубстратами после нагрузок, вовлекающих липиды в энергообеспечение мышечных сокращений. Встречаемость снижения уровня глюкозы ниже нижней границы референтного диапазона наблюдалась в 6,3 % измерений. Обнаружены разнонаправленные тенденции сдвигов и наличие взаимосвязи между трендом изменения концентрации глюкозы и триглицеридов. Содержание триглицеридов в крови находится в обратной зависимости от содержания глюкозы. Чем выше уровень тренированности, тем при более высокой концентрации глюкозы наступает мобилизация липидов, стабильнее уровень глюкозы и значительнее окисление жирных кислот.

Изучение содержания гемоглобина и значения гематокрита как важнейших маркеров адаптации системы транспорта кислорода к тренировочным нагрузкам у представителей биатлона показало, что полученные результаты находились в пределах верхней половины общепопуляционных диапазонов физиологических значений. Сравнительный анализ выявил достоверно более высокие уровни гемоглобина и гематокрита у мужчин по сравнению с женщинами ($p < 0,05$). Снижение концентрации гемоглобина под влиянием тренировочных нагрузок ниже физиологических значений, полученных для данного вида спорта, может быть использовано в качестве важного индикатора определения плохой переносимости тренировочных нагрузок.

Анализ маркеров активации эритропоэза показал отсутствие достоверных различий в содержании ретикулоцитов и фракции незрелых форм представителей мужского и женского пола циклических видов спорта. В возрастном аспекте выявлена разнонаправленная тенденция тренда ретикулоцитов у спортсменов мужского и женского пола. У спортсменов в возрастном аспекте отмечается увеличение содержания молодых клеток эритроцитарного ряда, у спортсменов – снижение, что обусловлено различием динамики процессов активации и ингибирования эритропоэза. Эстрогены оказывают

тормозящее влияние на кроветворные процессы, продукты метаболизма андрогенов – стимулирующее.

Достоверное возрастание числа ретикулоцитов и индекса созревания ретикулоцитов (IRF) от обще- к специально-подготовительному периоду ($p < 0,05$), по-видимому, является следствием выполнения значительного объема тренировочных нагрузок, направленных на развитие выносливости. Это приводит к длительной стимуляции костного мозга вследствие процессов гемолиза эритроцитов, вызванного физической нагрузкой.

В разработанной методике определения диагностической информативности для последующего прогнозирования результатов соревновательной деятельности спортсмены по объективным критериям подразделялись на группы с успешной и неуспешной реализацией соревновательной деятельности. При интерпретации результатов лабораторных исследований в спорте высших достижений полученные значения классифицируются как положительные, т. е. выявляемые в группе спортсменов с недостаточным уровнем функциональной подготовленности и результативностью соревновательной деятельности, и как отрицательные, т. е. выявляемые в группе спортсменов с хорошим функциональным состоянием. Соотношение групп полученных значений использовалось для количественной оценки клинической информативности лабораторных тестов на основе расчетов вероятности той или другой категории значений при оценке функционального состояния и прогнозирования результативности. В результате исследований выявлено, что наибольшей диагностической чувствительностью обладает определение активности КФК до нагрузки (84,6 и 77,1 % на обще- и специально-подготовительном этапах подготовительного периода соответственно). Вместе с тем при такой высокой чувствительности для этого показателя характерна и достаточно высокая диагностическая специфичность, т. е. вероятность того, что у более успешных спортсменов будут получены отрицательные результаты теста (87,5 и 94,4 %). Следует отметить, что все проанализированные тесты характеризуются высокой диагностической специфичностью. Обращает на себя внимание максимальная диагностическая специфичность определения активности фермента аспартатаминотрансферазы до нагрузки и содержания

мочевины после нагрузки. При определении уровня мочевины после нагрузки отмечена наименьшая диагностическая чувствительность (21,4 и 5,6 % на обще- и специально-подготовительном этапах соответственно). Диагностическая эффективность исследуемых биохимических показателей находилась в пределах 35,8 и 85,7 %.

Предсказательная ценность положительного результата исследования, т. е. вероятность того, что обследуемый с положительным результатом теста в период предсезонной подготовки в соревновательный период не продемонстрирует высоких результатов, достаточно высока для всех показателей (88–100 %). Отрицательная предсказательная ценность отдельных биохимических показателей относительно невысока и находится в интервалах от 33,3 до 77,8 %.

Результаты изучения диагностической информативности биохимических показателей показали их высокую надежность и прогностическую ценность, прежде всего, при прогнозировании успешности соревновательной деятельности спортсменов с отклонениями в результатах лабораторной диагностики. Наличие отклонений биохимических показателей в подготовительный период имеет достаточно высокую прогностическую ценность и с высокой степенью ассоциируется с отсутствием оптимальной адаптации к предлагаемым тренировочным нагрузкам. Отсутствие отклонений в диагностических результатах тестов в течение подготовительного периода позволяет в меньшей степени диагностировать успешность соревновательной деятельности, хотя и имеет высокую ассоциацию.

Выводы. В результате выполненного исследования определены физиологические значения биохимических маркеров у биатлонистов высокой квалификации, позволяющие оценить течение срочной и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам. Данные показатели позволяют учитывать особенности метаболизма, связанные с полом спортсменов, периодом подготовки, а также характером и направленностью тренировочных нагрузок. Оценка переносимости тренировочных нагрузок различной направленности, основанная на выявлении критериев изменения того или иного биохимического показателя под влиянием активации соответствующего механизма энергообеспечения, позволяет оценить индивидуальную переносимость нагрузок и избегать перенапряжения

соответствующих систем энергообеспечения мышечной деятельности.

Практическая ценность мониторинга активности изученных маркерных сдвигов ферментов в тренировочном процессе заключается в том, что, используя динамику определенных маркеров и их комбинаций под влиянием физических нагрузок, можно подобрать упражнения различного характера и интенсивности, не вызывающие негативных процессов в мышечной ткани. Высокая диагностическая ценность определения энзимов обусловлена влиянием высокоинтенсивных физических нагрузок на метаболические процессы, протекающие с участием ферментов.

Использование разработанных критериев изменения биохимических показателей для оценки срочной и долговременной адаптации позволяет оценить переносимость нагрузок, избегать перенапряжения соответствующих систем энергообеспечения мышечной деятельности и вырабатывать оптимальные корректирующие воздействия на разных этапах подготовки спортсменов.

Полученные данные о типах неспецифических адаптационных реакций организма позволяют оптимизировать тренировочный процесс путем развития и поддержания соответствующей адаптационной реакции в зависимости от этапа подготовки спортсменов. Целенаправленное возникновение и поддержание антистрессорных реакций организма с оптимальным метаболизмом способствует улучшению переносимости тренировочных нагрузок.

Результаты выполненных исследований открывают перспективы совершенствования методологий оценки адаптационных процессов в спорте высших достижений. Появление новых современных методов клинико-лабораторного контроля и технологий тренировочного процесса имеют перспективу проведения научных исследований в данном направлении с последующей разработкой критериев для практического применения в спорте высших достижений.

Предложенные подходы оценки диагностической информативности клинико-лабораторных показателей в спорте высших достижений являются перспективными для прогнозирования соревновательной деятельности с использованием современных компьютерных технологий анализа различных аспектов подготовленности спортсменов.

■ Литература

1. Волков Н. И. Биохимия мышечной деятельности / Н. И. Волков, Э. Н. Несен, А. А. Осипенко, С. Н. Корсун. — К.: Олимп. лит., 2000. — 504 с.
2. Гаркави Л. Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия. Реакция активации как путь к здоровью через процессы самоорганизации: в 2 ч. / Л. Х. Гаркави [и др.]. — Екатеринбург: Филантроп, 2003. — Ч. 2. — 196 с.
3. Меньшиков В. В. От достижений фундаментальной науки-через лабораторию-к эффективной диагностике и лечению / В. В. Меньшиков // Клини. лаборатор. диагностика. — 2003. — № 6. — С. 53.
4. Михайлов С. С. Спортивная биохимия / С. С. Михайлов. — М.: Сов. спорт, 2004. — 220 с.
5. Рогозкин В. А. Методы биохимического контроля в спорте / В. А. Рогозкин. — Л., 1990. — 178 с.
6. Banfi G. Metabolic markers in sports medicine / G. Banfi, A. Colombini, G. Lombardi, A. Lubkowska // Adv. Clin. Chem. — 2012. — N 56. — P. 1–54.
7. Braccaccio P. Biochemical markers of muscular damage / P. Braccaccio, G. Lippi, N. Maffulli // Clin. Chem. Lab. Med. — 2010. — N 48(6). — P. 757–767.
8. Braccaccio P. Serum enzyme monitoring in sports medicine / P. Braccaccio, N. Maffulli, R. Buonauro, F. M. Limongelli // Clin. Sports Med. — 2008. — N 27 (1). — P. 1–18.
9. Braccaccio P. Creatine kinase monitoring in sport medicine / P. Braccaccio, N. Maffulli, F. M. Limongelli // Br. Med. Bull. — 2007. — N 81–82. — P. 209–230.
10. Carmo F. C. Variability in resistance exercise induced hyperCKemia / F. C. Carmo, R. Pereira, M. Machado // Isok. Exerc. Sci. — 2011. — N 19. — P. 191–197.
11. Gleeson M. Biochemical and immunological markers of overtraining // J. Sport Sci. Med. — 2002. — N 1. — P. 31–41.
12. Jamurtas A.Z. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage / A. Z. Jamurtas, V. Theocharis, T. Tofas, A. Tsiokanos, C. Yfanti, V. Paschalis, Y. Koutedakis, K. Nosaka // European J. of Appl. Physiology. — 2005. — N 95. — P. 179–185.
13. Koch A. J. The creatine kinase response to resistance exercise / A. J. Koch, R. Pereira, M. Machado // J. Musculoskelet. Neuronal. Interact. — 2014. — N 14(1). — P. 68–77.
14. Machado M. Creatine kinase activity weakly correlates to volume completed following upper body resistance exercise / M. Machado, J. M. Willardson, D. P. Silva, I. C. Frigulha, A. J. Koch, S. C. Souza // Res. Q. Exerc. Sport. — 2012. — N 83. — P. 276–281.
15. Machado M. Is exercise-induced muscle damage susceptibility body segment dependent? Evidence for whole body susceptibility / M. Machado, L. E. Brown, P. Augusto-Silva, R. Pereira // J. Musculoskelet. Neuronal Interact. — 2013. — N 13. — P. 105–110.
16. Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes / V. Mougios // Br. J. Sports Med. — 2007. — N 41(10). — P. 674–678.
17. Nosaka K. Relationship between post-exercise plasma CK elevation and muscle mass involved in the exercise / K. Nosaka, P. M. Clarkson // Int. J. Sports Med. — 1992. — N 13. — P. 471–475.
18. Saka T. Differences in the magnitude of muscle damage between elbow flexors and knee extensors eccentric exercises / T. Saka, A. Bedrettin, Z. Yazici, U. Sekir, H. Gur, Y. Ozarda // J. Sports Sci. Med. — 2009. — N 8. — P. 107–115.
19. Tiidus P. M. Influence of estrogen on muscle plasticity / P. M. Tiidus // Braz. J. Biomotricity. — 2011. — N 4. — P. 143–155.

■ References

1. Volkov NI, Nesen EN, Osipenko AA, Korsun SN. Biochemistry of muscular activity. Kyiv: Olymp literature; 2000. 504 p.
2. Garkavi LK, et al. Antistressor reactions and activational therapy. Activation reaction as a way to health through the processes of self-organization: in 2 parts. Ekaterinburg: Filantrop; 2003. Pt.2; 196 p.
3. Menshikov VV. From the achievements of fundamental science — through laboratory — towards an effective diagnosis and treatment. Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika. 2003;6:53.
4. Mikhailov SS. Sports biochemistry. Moscow: Sovetskii sport; 2004. 220 p.
5. Rogozkin VA. Methods of biochemical control in sports. Leningrad; 1990. 178 p.
6. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine. Adv. Clin. Chem. 2012;56:1–54.
7. Braccaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. 2010;48(6).
8. Braccaccio P, Maffulli N, Buonauro R, Limongelli F. Serum Enzyme Monitoring in Sports Medicine. Clinics in Sports Medicine. 2008;27(1):1–18.
9. Braccaccio P, Maffulli N, Limongelli F. Creatine kinase monitoring in sport medicine. British Medical Bulletin. 2007;81-82(1):209–230.
10. Carmo FC, Pereira R, Machado M. Variability in resistance exercise induced hyperCKemia. Isok. Exerc. Sci. 2011;19:191–197.
11. Gleeson M. Biochemical and immunological markers of overtraining. J. Sport Sci. Med. 2002;1:31–41.
12. Jamurtas A, Theocharis V, Tofas T, Tsiokanos A, Yfanti C, Paschalis V et al. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. European Journal of Applied Physiology. 2005;95(2-3):179–185.
13. Koch AJ, Pereira R, Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise. J. Musculoskelet. Neuronal. Interact. 2014;14(1):68–77.
14. Machado M, Willardson J, Silva D, Frigulha I, Koch A, Souza S. Creatine Kinase Activity Weakly Correlates to Volume Completed Following Upper Body Resistance Exercise. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2012;83(2):276–281.
15. Machado M, Brown LE, Augusto-Silva P, Pereira R. Is exercise-induced muscle damage susceptibility body segment dependent? Evidence for whole body susceptibility. J. Musculoskelet. Neuronal Interact. 2013;13:105–110.
16. Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. British Journal of Sports Medicine. 2007;41(10):674–678.
17. Nosaka K, Clarkson P. Relationship between Post-Exercise Plasma CK Elevation and Muscle Mass Involved in the Exercise. International Journal of Sports Medicine. 1992;13(06):471–475.
18. Saka T, Bedrettin A, Yazici Z, Sekir U, Gur H, Ozarda Y. Differences in the magnitude of muscle damage between elbow flexors and knee extensors eccentric exercises. J. Sports Sci. Med. 2009;8:107–115.
19. Tiidus PM. Influence of estrogen on muscle plasticity. Braz. J. Biomotricity. 2011;4:143–155.

¹Республиканский научно-практический центр спорта, Минск, Беларусь²Федеральный научный центр ВНИИФК, Москва, Россия
i_rybina@mail.ru

Поступила 04.04.2017