

Rybina I, Sinichenko R, [Shirkovets Y]. Usage of clinical laboratory control data in the system of managing the preparatory process in winter cyclic sports events (the case of biathlon). *Science in Olympic Sport*. 2020; 2:49-56. DOI:10.32652/olympic2020.2\_5

Рыбина И, Синиченко Р, [Ширковец Е]. Использование данных клинко-лабораторного контроля в системе управления процессом подготовки в зимних циклических видах спорта (на примере биатлона). *Наука в олимпийском спорте*. 2020; 2:49-56. DOI:10.32652/olympic2020.2\_5

# Использование данных клинко-лабораторного контроля в системе управления процессом подготовки в зимних циклических видах спорта (на примере биатлона)

Ирина Рыбина<sup>1</sup>, Роман Синиченко<sup>1</sup>, [Евгений Ширковец<sup>2</sup>]

<sup>1</sup> Белорусская федерация биатлона, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup> Федеральное научное учреждение физической культуры и спорта, Москва, Российская Федерация

## Usage of clinical laboratory control data in the system of managing the preparatory process in winter cyclic sports events (the case of biathlon)

*Irina Rybina, Roman Sinichenko, [Yevgeny Shirkovets]*

**ABSTRACT.** *Objective.* To determine the possibilities of managing training process of highly skilled representatives of winter cyclic sports events on the basis of the analysis of the complex of clinical and laboratory indices in the dynamics of the preparatory period. *Methods.* Analysis of modern literature data, the results of laboratory and pedagogical examinations of athletes; statistical methods of data processing. *Results.* The article presents the results of the analysis of association between the indices of actually performed training loads and the data of the metabolic response of the body of highly skilled female biathletes on the basis of clinical and laboratory control data. Pedagogical data characterizing the training process were compared with the characteristics of the metabolic response to performed loads. *Conclusion.* Revealed as a result of conducted study statistical associations between training load intensity and direction and metabolic response of female athlete body may be used for elaboration of individual plans and efficient management of training process.

**Keywords:** biathlon, clinical laboratory control, training process management.

## Використання даних клініко-лабораторного контролю в системі управління процесом підготовки в зимових циклічних видах спорту (на прикладі біатлону)

*Ірина Рибіна, Роман Сініченко, [Євген Ширковець]*

**АНОТАЦІЯ.** *Мета.* Встановити можливості управління тренувальним процесом висококваліфікованих представників зимових циклічних видів спорту на основі аналізу в динаміці підготовчого періоду комплексу клініко-лабораторних показників. *Методи.* Аналіз даних сучасної літератури, аналіз результатів лабораторних та педагогічних обстежень спортсменів; статистичні методи обробки даних. *Результати.* У статті представлено результати аналізу взаємозв'язку показників фактично виконаних тренувальних навантажень із даними метаболічної відповіді організму висококваліфікованих біатлоністок на основі даних клініко-лабораторного контролю. Проведено зіставлення педагогічних даних, що характеризують тренувальний процес, з характеристиками метаболічної відповіді на виконанні навантаження. *Висновок.* Виявлені в результаті проведеного дослідження статистичні взаємозв'язки між інтенсивністю та спрямованістю тренувальних навантажень з метаболічною відповіддю організму спортсменок можуть бути використані під час розробки індивідуальних планів підготовки і для ефективного управління тренувальним процесом біатлоністів.

**Ключові слова:** біатлон, клініко-лабораторний контроль, управління тренувальним процесом.

## Использование данных клинко-лабораторного контроля в системе управления процессом подготовки в зимних циклических видах спорта (на примере биатлона)

*Ирина Рыбина, Роман Синиченко, [Евгений Ширковец]*

**АННОТАЦИЯ.** *Цель.* Установить возможности управления тренировочным процессом высококвалифицированных представителей зимних циклических видов спорта на основе анализа динамики клинко-лабораторных показателей в подготовительном периоде. *Методы.* Анализ данных современной научно-методической литературы, анализ результатов лабораторных и педагогических обследований спортсменов; статистические методы обработки данных. *Результаты.* В статье представлены результаты анализа взаимосвязи показателей фактически выполненных тренировочных нагрузок с данными метаболического ответа организма высококвалифицированных биатлонисток на основе данных клинко-лабораторного контроля. Проведено сопоставление педагогических данных, характеризующих тренировочный процесс, с характеристиками метаболического ответа на выполненные нагрузки. *Заключение.* Выявленные в результате проведенного исследования статистические взаимосвязи между интенсивностью и направленностью тренировочных нагрузок с метаболическим ответом организма спортсменов могут быть использованы при разработке индивидуальных планов подготовки и для эффективного управления тренировочным процессом биатлонистов.

**Ключевые слова:** биатлон, клинко-лабораторный контроль, управление тренировочным процессом.

**Постановка проблемы.** Эффективность тренировочных воздействий и технология управления тренировочным процессом в биатлоне во многом зависят от эффективного планирования тренировочных воздействий в сочетании с своевременным контролем функционального состояния организма спортсмена для обеспечения оптимальной адаптации к тренировочным нагрузкам [2–5].

Важным моментом в обеспечении соответствующего адаптационного эффекта является взаимодействие нагрузок различной направленности, что в конечном итоге во многом определяет процесс адаптации в целом и имеет непосредственное влияние на эффективность подготовки спортсменов [6]. Варьирование интенсивности и объема тренировочных нагрузок оказывает влияние на функциональные возможности спортсмена [1].

Тенденции развития современного биатлона характеризуются увеличением скорости передвижения по дистанции и уменьшением времени нахождения на огневых рубежах и, как следствие, увеличением плотности результатов соревнований. К спортсменам, специализирующимся в биатлоне, предъявляются физиологические требования, аналогичные требованиям для представителей лыжных гонок [12, 14, 19], но в то же время необходим тщательный контроль скорости передвижения биатлонистов, чтобы обеспечить быструю и точную стрельбу [22, 26, 28]. В целом высокий уровень результативности в биатлоне зависит от многих компонентов, таких, как скорость передвижения, время, потраченное на подход к огневому рубежу и подготовку к стрельбе, время стрельбы, точность стрельбы и др. [14, 23].

Кроме того, этот специфический вид спорта, ассоциированный с выносливостью, влечет за собой необходимость поиска альтернативы использования различных техник передвижения, которые требуют различного подхода при вовлечении в работу разных мышечных групп во время лыжной гонки в условиях изменяющегося рельефа. С точки зрения биомеханики движений биатлонисты используют широкий диапазон скоростей для различного рельефа местности с переходом на разные техники. Переходы с одной техники на другую требуют не только определенного уровня мастерства, но и затрагивают метаболические аспекты и базируются на эффективности протекания биоэнергетических процессов [20, 21]. Правильный выбор экономичной техники передвижения с учетом рельефа трассы является важным фактором, оказывающим влияние на скорость передвижения. Наличие винтовки также вносит существенный вклад в физиологическую составляющую и оказывает влияние на биомеханику движений [26].

Включение в соревновательную программу биатлонистов спринтерских и суперспринтерских дистанций, а также увеличение количества стартов в сезоне обуславливают необходимость поиска современных методических принципов тренировки, обеспечивающих развитие соответствующих механизмов энергообеспечения мы-

шечной деятельности для достижения высоких результатов [1, 16, 27].

Резерв для улучшения соревновательных результатов биатлонистов тесным образом связан с биологическим и физиологическим аспектами обоснования тренировочных программ. Эффективное управление процессом подготовки биатлонистов высокой квалификации возможно при индивидуализации тренировочных планов с учетом метаболического ответа организма спортсмена на нагрузки [7]. В сложившейся ситуации для контроля протекания адаптационных процессов, происходящих под воздействием нагрузок различной интенсивности, требуется использование корректных и информативных методов контроля тренировочного процесса. Клинико-лабораторный мониторинг является одним из важных видов контроля, поскольку в значительной мере отражает суть происходящих метаболических изменений в ответ на тренировочное воздействие [7, 10, 15, 24, 29]. Данные результатов биохимических и гематологических исследований широко используются в современной системе подготовки высококвалифицированных спортсменов для коррекции тренировочного процесса и медико-биологического обеспечения подготовки спортсменов. Перечень изучаемых клинико-лабораторных маркеров оценки адаптации довольно широк продолжает расширяться [8, 9, 11, 13].

Клинико-лабораторные исследования активно используются в рамках углубленных, этапных, текущих и других видов обследований спортсменов. В ряде случаев при трактовке результатов недостаточно учитываются факторы тренировочного процесса, такие, как объем нагрузки, направленность, тип, интенсивность и т.д. В рамках данного исследования на протяжении длительного периода наблюдений нами предпринята попытка выявить, каким образом характер нагрузочных воздействий оказывает влияние на процессы метаболической адаптации.

**Цель исследования** – установить возможности управления тренировочным процессом высококвалифицированных представителей зимних циклических видов спорта на основе анализа динамики клинико-лабораторных показателей в подготовительном периоде.

**Методы и организация исследований.** В исследовании приняли участие девять биатлонисток высокой квалификации (пять – МСМК, четыре – МС), регулярно принимающих участие в крупных международных соревнованиях по биатлону: возраст  $24 \pm 3,1$  года; масса тела  $57,2 \pm 6,2$  кг; длина тела  $164,8 \pm 5,6$  см.

Исследования проводили в подготовительном периоде (май–ноябрь) годового макроцикла. Продолжительность подготовительного периода составила 7 мес.: с мая по сентябрь – общеподготовительный этап, с октября по ноябрь – специально-подготовительный этап.

Забор крови для определения гематологических (содержание лейкоцитов – WBC) и биохимических показателей (мочевина; креатинфосфокиназа – КФК;

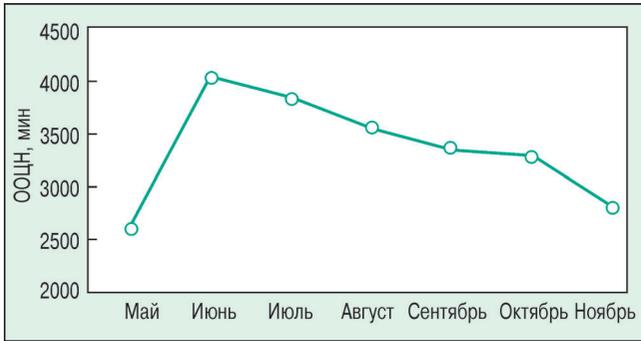


РИСУНОК 1 – Динамика общего объема циклической нагрузки (ООЦН) в подготовительном периоде у биатлонисток высокой квалификации

аланинаминотрансфераза – АЛТ; аспартатамино-трансфераза – АСТ) – осуществляли утром натощак. Исследования выполнены с использованием сертифицированного оборудования: фотометра РМ 2111 «Солар» (Республика Беларусь), биохимического анализатора «PICCOLO Xpress» (ABAXIS, США), гематологического анализатора «QBC Autoread» (BectonDickenson, США).

Обработаны и рассчитаны результаты среднегрупповых объемов нагрузок девяти спортсменок за семь месяцев подготовительного периода и данные биохимического мониторинга 727 исследований мочевины, КФК, АЛТ и АСТ, а также проведен сравнительный анализ их динамики.

Математико-статистический анализ полученных данных проводили согласно общепринятым требованиям, предъявляемым к обработке педагогических и медико-биологических данных с использованием прикладного компьютерного пакета Microsoft Office Excel 2013. Применяли методы дескриптивной статистики и расчет коэффициентов корреляции.

**Результаты исследования.** Проанализированы структура и содержание фактически выполненных тренировочных нагрузок в подготовительном периоде годичного макроцикла и исследована ответная реакция организма спортсменок на основе биохимических по-

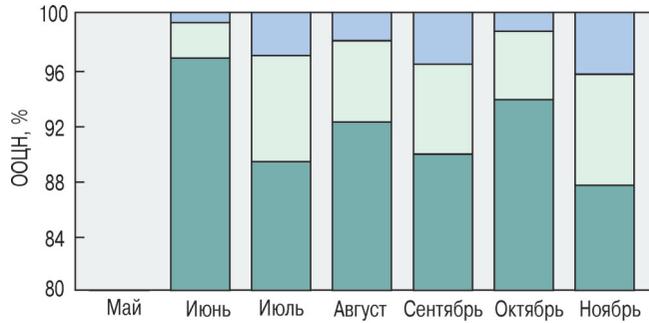


РИСУНОК 2 – Распределение общего объема циклической нагрузки (ООЦН) по зонам интенсивности в подготовительном периоде (%): ■ – аэробная нагрузка; □ – анаэробная нагрузка; ▒ – гликолитическая нагрузка

казателей, изменяющихся под влиянием тренировочных нагрузок различной направленности.

В качестве основных характеристик тренировочных воздействий использованы следующие количественные показатели: общий объем нагрузки, общий объем циклической нагрузки, объем силовой работы и общеразвивающих упражнений (все – в минутах), а также процентное распределение нагрузки в различных зонах интенсивности.

Распределение общего объема циклической нагрузки (ООЦН) по месяцам подготовительного периода представлено на рисунках 1, 2. Анализ данных позволяет судить о равномерно снижающемся объеме циклической нагрузки после его максимального значения в июне.

Основной особенностью статистических данных относительно процентного вклада видов нагрузок по зонам энергообеспечения является тот факт, что, начиная с первого мезоцикла и вплоть до третьего, шло постепенное увеличение развивающей работы, а далее отмечается вариация более интенсивного мезоцикла с менее интенсивным. Основные объемы развивающих нагрузок на уровне порога анаэробного обмена (ПАНО) и выше выполнены в июле, сентябре и ноябре и составили: 7,6, 6,5 и 8 % соответственно.

Распределение нагрузки по тренировочным средствам представлено на рисунке 3. Наибольший объем

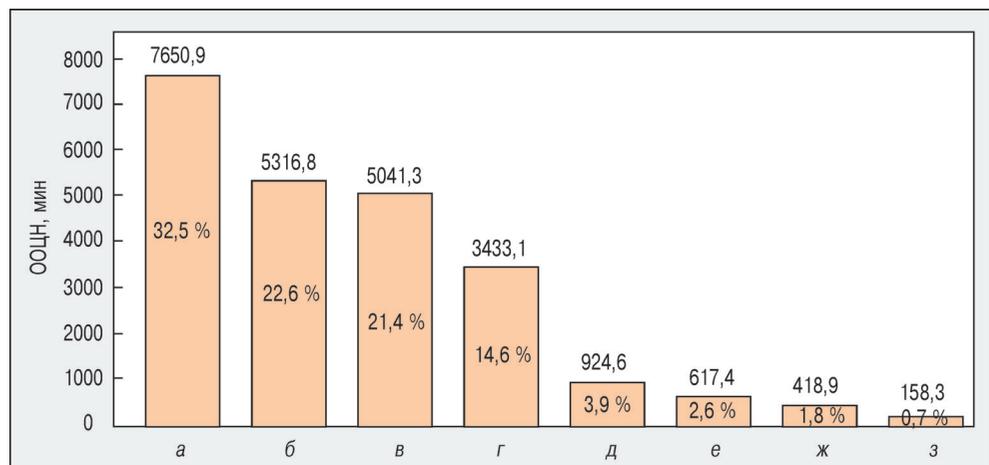


РИСУНОК 3 – Распределение общего объема циклической нагрузки (ООЦН) по тренировочным средствам: а – лыжероллеры; б – бег; в – велосипед; г – лыжи; д – лыжный ход с палками; е – имитация; ж – гребля; з – ходьба

ТАБЛИЦА 1 – Сравнительный анализ динамики среднегрупповых данных клиничко-лабораторных показателей у биатлонисток высокой квалификации

Показатель		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
Креатинфосфокиназа, ед·л <sup>-1</sup>	n	16	14	26	24	47	33	29
	X	<b>205,2</b>	<b>326,6</b>	<b>192,2</b>	<b>277,8</b>	<b>236,4</b>	<b>203,0</b>	<b>196,6</b>
	SD	108,1	161,2	84,5	169,1	210,6	132,0	133,6
	Sx	27,0	43,1	16,6	34,5	30,7	23,0	24,8
Мочевина, ммоль·л <sup>-1</sup>	n	20	17	28	28	44	31	40
	X	<b>4,69</b>	<b>5,0</b>	<b>4,67</b>	<b>4,26</b>	<b>5,26</b>	<b>4,93</b>	<b>5,58</b>
	SD	1,18	1,09	0,97	1,24	1,30	1,39	1,79
	Sx	0,26	0,26	0,18	0,23	0,20	0,25	0,28
Аспартаминотрансфераза, ед·л <sup>-1</sup>	n	14	4	24	32	47	28	30
	X	<b>29,6</b>	<b>38,3</b>	<b>26,8</b>	<b>36,2</b>	<b>32,0</b>	<b>29,6</b>	<b>32,4</b>
	SD	7,83	6,99	7,65	7,76	9,14	8,14	8,05
	Sx	2,09	3,50	1,56	1,37	1,33	1,54	1,47
Аланинаминотрансфераза, ед·л <sup>-1</sup>	n	14	3	25	23	33	26	27
	X	<b>21,8</b>	<b>26,3</b>	<b>18,7</b>	<b>31,0</b>	<b>20,7</b>	<b>18,2</b>	<b>22,5</b>
	SD	6,15	3,21	5,38	19,1	4,70	3,97	4,10
	Sx	1,64	1,86	1,08	3,97	0,82	0,78	0,79
Количество лейкоцитов, ×10 <sup>9</sup> ·л <sup>-1</sup>	n	16	11	17	20	34	20	28
	X	<b>7,18</b>	<b>6,18</b>	<b>6,29</b>	<b>7,24</b>	<b>6,78</b>	<b>7,22</b>	<b>7,29</b>
	SD	1,64	1,19	1,35	1,79	1,66	1,60	1,77
	Sx	0,41	0,36	0,33	0,40	0,28	0,36	0,33

Примечание: n – количество исследований; X – среднее значение показателя; SD – среднеквадратичное отклонение; Sx – стандартная ошибка среднего.

тренировочной нагрузки выполнен при передвижении на лыжероллерах, что составило 32,5 % суммарного объема циклической нагрузки. Распределение беговой и велонагрузки составило 22,6 и 21,4 % соответственно. Лыжной подготовке было отведено 14,6 %, при этом в ноябре был выполнен наибольший суммарный объем работы среди всех видов используемых средств в подготовительном периоде. Объем беговой нагрузки имел наименьшие колебания в динамике подготовительного периода с пиком в июне. Объем велонагрузки превалировал над другими средствами специальной подготовки в первые два месяца тренировочного процесса и, достигнув максимального значения в июне, постепенно снижался.

В качестве информативных показателей оценки адаптации организма спортсменок использованы биохимические маркеры, изменяющиеся в широких пределах под влиянием тренировочных нагрузок различной направленности.

Результаты сравнительного анализа динамики среднегрупповых биохимических показателей под влиянием тренировочных нагрузок по мезоциклам представлены в таблице 1.

Из сравнительного анализа динамики среднегрупповых клиничко-лабораторных показателей под влиянием тренировочных нагрузок в ходе мезоциклов подготовительного периода видно, что линия тренда концентрации мочевины в динамике по месяцам отражает возрастание среднегрупповых значений на протяжении

подготовительного периода вплоть до максимальных  $5,58 \pm 1,79$  ммоль·л<sup>-1</sup> в ноябре. Наименьшие показатели мочевины зарегистрированы в июле и августе.

Оценка динамики показателя КФК отражает тот факт, что в пяти из семи месяцев подготовительного периода значения фермента в периферической крови выходили за пределы референтных зон. Наибольшие среднегрупповые значения КФК наблюдались в июне и августе –  $326,6 \pm 161,2$  и  $277,8 \pm 169,1$  ед·л<sup>-1</sup> соответственно.

Наиболее ударным месяцем по реакции фермента АСТ на нагрузку являлся июнь ( $38,3 \pm 6,99$  ед·л<sup>-1</sup>). Среднее значение АСТ в подготовительном периоде не превышало верхних границ нормы в 40 ед·л<sup>-1</sup>. Активность фермента АЛТ была наиболее высокой в августе –  $31,0 \pm 19,1$  ед·л<sup>-1</sup>, минимальные значения отмечались в июле и октябре –  $18,7 \pm 5,38$  и  $18,2 \pm 3,97$  ед·л<sup>-1</sup> соответственно. Динамика вышеуказанных ферментов отражала в целом адекватную степень напряженности энергообмена в разных органах и системах, обусловленную вариацией нагрузок, характерных для соответствующих мезоциклов подготовки.

При анализе исследуемых данных прослеживается закономерность идентичного варьирования в зависимости от месяца подготовки трех показателей активности ферментов – КФК, АСТ и АЛТ ( $p < 0,05$ ; рис. 4).

Максимальные средние значения КФК и АСТ были отмечены в июне, что сопровождалось наибольшим объемом за весь подготовительный период как нагрузки

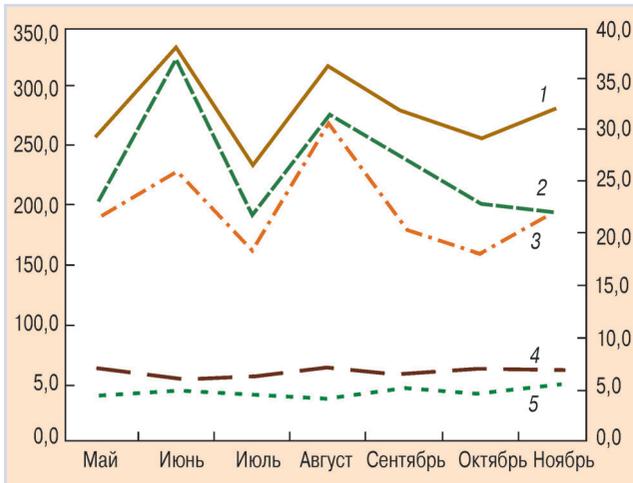


РИСУНОК 4 – Динамика активности биохимических показателей в подготовительном периоде. По оси ординат слева – показатель КФК (ед.·л<sup>-1</sup>); по оси ординат справа – показатели содержания мочевины (ммоль·л<sup>-1</sup>), активности АСТ, АЛТ (ед.·л<sup>-1</sup>), уровня лейкоцитов (WBC, ×10<sup>9</sup>·л<sup>-1</sup>):  
1 – КФК; 2 – АСТ; 3 – АЛТ; 4 – WBC; 5 – мочевина

аэробной направленности, так и общего объема циклической нагрузки. Следующая волна роста среднегрупповых показателей КФК, АСТ и максимального за весь цикл исследований показателя АЛТ вновь зафиксирована в момент увеличения процентного соотношения аэробной нагрузки в августе. В последующие месяцы тренировок наблюдается совершенствование адаптационных механизмов организма на нагрузки и, как следствие, более ровная ответная реакция по биохимическим показателям периферической крови спортсменок.

В таблице 2 представлены результаты изучения корреляции объемов тренировочной нагрузки по направленности и средствам с результатами клинико-лабораторных тестов. Выявлена высокая степень корреляции между показателями активности КФК и объемом нагрузки на уровне аэробного порога и велонагрузки ( $p < 0,05$ ).

Достоверно отрицательная корреляционная взаимосвязь отмечена по ряду показателей нагрузки в сравнении с динамикой количества лейкоцитов, выполняющих защитную функцию, а именно с объемом аэробной работы, общей и циклической нагрузки и силовых тренировок.

Прирост объема циклической нагрузки во втором мезоцикле подготовительного периода, по сравнению с первым, вызвал повышение активности ряда биохимических показателей практически в два раза. В результате изучения метаболического ответа организма спортсменок обнаружены высокие значения (за пределами референтных зон) фермента КФК в периферической крови уже с первого мезоцикла подготовительного периода. Высокие значения показателей КФК и АСТ в начале подготовительного периода, возможно, явились следствием большого объема нагрузок на уровне аэробного порога.

В качестве примера проведено изучение многолетних индивидуальных данных тренировочной и соревновательной деятельности биатлонистки мирового уровня (основной состав национальной сборной команды Республики Беларусь по биатлону), участницы Олимпийских игр, чемпионатов мира и Европы, этапов Кубка мира, ведущей борьбу за высокие места. В целях изучения взаимосвязи объема тренировочных нагрузок с метаболическим ответом организма проанализирована динамика биохимических показателей на протяжении трех подготовительных периодов.

При изучении данных корреляционного анализа (табл. 3) выполненной нагрузки и результатов биохимического контроля спортсменки N выявлены три основные позиции:

- объем циклической аэробной работы, а именно нагрузки с интенсивностью на уровне анаэробного порога, ООЦН, беговой и велонагрузки отрицательно коррелирует со средними значениями активности ферментов АСТ ( $p < 0,01$ ) и АЛТ ( $p < 0,01$ );

ТАБЛИЦА 2 – Данные корреляционного анализа взаимосвязи тренировочных нагрузок с метаболическим ответом организма биатлонисток

Вид и характеристика нагрузки	КФК, ед.·л <sup>-1</sup> (n = 189)	Мочевина, ммоль·л <sup>-1</sup> (n = 208)	АЛТ, ед.·л <sup>-1</sup> (n = 151)	АСТ, ед.·л <sup>-1</sup> (n = 179)	Количество лейкоцитов, ×10 <sup>9</sup> ·л <sup>-1</sup> (n = 146)
Нагрузка на уровне АП	0,7197**	-0,3692	0,2955	0,4355	-0,7843*
Нагрузка на уровне ПАНО	-0,2419	0,1028	-0,1247	-0,2161	-0,1509
Гликолитическая нагрузка	-0,3392	0,4267	-0,2131	-0,2290	-0,0618
Общий объем нагрузок	0,6595	-0,3628	0,2915	0,3861	-0,7908*
Общий объем циклической нагрузки	0,6103	-0,2913	0,2384	0,3541	-0,7850*
Силовая нагрузка	0,5912	-0,6489	0,2760	0,2380	-0,7212**
Соотношение нагрузки на лыжероллерах / лыжах	-0,2408	0,4237	-0,3821	-0,1517	0,1110
Объем беговой нагрузки	0,4986	-0,1064	0,2859	0,3350	-0,6365
Объем велонагрузки	0,6838	-0,4206	0,4387	0,4400	-0,6616**

\* $p < 0,02$ .  
\*\* $p < 0,05$ .

ТАБЛИЦА 3 – Данные корреляционного анализа взаимосвязи тренировочных нагрузок в подготовительном периоде с метаболическим ответом организма спортсменки N на протяжении трех соревновательных сезонов

Вид и характеристика нагрузки	КФК, ед·л <sup>-1</sup> (n = 80)	Мочевина, ммоль·л <sup>-1</sup> (n = 83)	АЛТ, ед·л <sup>-1</sup> (n = 79)	АСТ, ед·л <sup>-1</sup> (n = 82)
Нагрузка на уровне АП	0,8952***	-0,7427	-0,9720*	-0,9884*
Нагрузка на уровне ПАНО	-0,8647	0,6982	0,9550**	0,9766*
Гликолитическая нагрузка	0,7742	-0,8157	-0,6136	-0,5449
Общий объем нагрузок	0,7134	-0,4992	-0,8517	-0,8928***
Общий объем циклической нагрузки	0,9137***	-0,7711	-0,9813*	-0,9940*
Общий объем силовой нагрузки	0,6235	-0,3908	-0,7821	-0,8318
Соотношение нагрузки на лыжероллерах / лыжах	0,6890	-0,4692	-0,8333	-0,8769
Объем беговой нагрузки	0,9603*	-0,8502	-0,9983*	-0,9997*
Объем велонагрузки	0,8338	-0,6550	-0,9359**	-0,9623*

\*p < 0,01.  
\*\*p < 0,02.  
\*\*\*p < 0,05.

• объем нагрузки на уровне ПАНО достоверно положительно взаимосвязан с показателями АСТ (p < 0,01) и АЛТ (p < 0,02);

• показатели объема нагрузок на уровне АП (p < 0,05), общего объема циклической нагрузки (p < 0,05) и времени беговой подготовки (p < 0,01) положительно достоверно коррелируют с показателем активного фермента КФК.

Помимо указанных выше корреляций проанализированы данные метаболического ответа в период предсезонной подготовки и успешности соревновательной деятельности на протяжении трех сезонов. В качестве критерия успешности соревновательной деятельности использован общепринятый в биатлоне оценочный критерий, а именно, отставание скорости спортсмена от пяти лидеров (в секундах) на одном километре дистанции по итогам всех спринтерских гонок сезона. Проанализированы результаты 80 исследований КФК в период предсезонной подготовки и статистика соревновательных выступлений за три сезона.

На рисунке 5 представлены динамика показателей активности КФК, частота случаев выхода активности КФК за пределы референтных границ, показатель соревновательной деятельности (отставание от пяти лидеров в секундах на одном километре спринтерских гонок).

При анализе данных выявлена взаимозависимая тенденция вариации исследуемых показателей. При высоких значениях КФК в течение подготовительного периода отставание от лидеров в сезоне увеличилось. В последующем сезоне соревновательный результат улучшился после коррекции тренировочной программы (снижение количества занятий вызывающих наиболее активную реакцию данного фермента) при средних значениях КФК, которые достоверно отличались от показателей первого сезона (p < 0,05), лишь в 8,3 % случаев выходящих за пределы нормы.

Данный пример показывает, что организация тренировочного процесса спортсменки, специализирующейся в биатлоне, с оптимальными метаболическими сдвигами в результате адаптации к предлагаемым нагрузкам в подготовительном периоде способствует повышению результативности выступления в сезоне.

**Обсуждение результатов.** Выявленные общие закономерности изменения активности ферментов при выполнении физических нагрузок разного вида и энергетической направленности являются важным фактором, характеризующим физиологическую и метаболическую составляющую тренировочного процесса. Активность ферментов зависит от состояния клеточных мембран и изменения их проницаемости под воздействием фи-

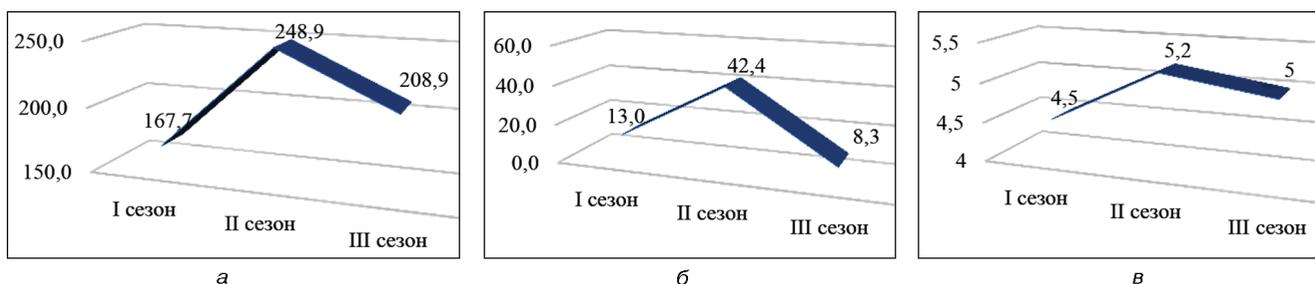


РИСУНОК 5 – Динамика показателей активности креатинфосфокиназы и результатов соревновательной деятельности спортсменки N: а – активность КФК (ед·л<sup>-1</sup>); б – частота случаев выхода активности КФК за пределы референтных границ (%); в – среднее отставание от лидеров по результатам сезона (с·км<sup>-1</sup>)

зических нагрузок, а также состояния метаболизма в органе-мишени, из клеток которого происходит выход фермента [8, 9, 13]. Физические нагрузки оказывают влияние на процессы взаимодействия клетки с межклеточным пространством, интенсивность которого регулируется с помощью проницаемости клеточных мембран, определяющей функциональную активность клетки и возможность ее полноценного функционирования в данный момент.

Гиперферментемия возникает в результате биохимических изменений, вызванных в клетках интенсивной или очень длительной работой мышц, следствием чего является изменение проницаемости клеточных мембран. Для гиперферментемий, вызываемых физическими нагрузками, характерны кратковременность и относительно быстрое возвращение к норме во время отдыха. Затяжные ферментемии могут свидетельствовать о наличии патологии, либо неадекватной адаптации к повышенным физическим нагрузкам. Ферменты являются маркерами долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам и отражают процессы энергообеспечения и напряжения метаболизма в различных органах и тканях [11, 13, 15]. Высокая напряженность тренировочного процесса сопровождается существенными изменениями в ферментативной сфере, которые оказывают влияние на процессы регуляции и взаимодействие различных механизмов энергообеспечения [8, 10, 11].

В результате исследования выявлено, что с увеличением общего объема нагрузок снижается количество лейкоцитов в периферической крови спортсменов. В научно-методической литературе имеются данные, в которых описано снижение иммунитета и негативное влияние высокоинтенсивных физических и психоэмоциональных нагрузок на состояние иммунной системы спортсменов. Нарушение функционирования иммунной системы может быть одной из причин, лимитирующих работоспособность спортсменов. Длительные физические нагрузки могут приводить к истощению в костном мозге резервов зрелых нейтрофилов (одна из субпопу-

ляций лейкоцитов), что наблюдалось у многих спортсменов с явлениями перетренированности и вызывало увеличение восприимчивости к инфекциям [18, 25].

### Выводы

1. Изучение динамики тренировочных нагрузок биатлонисток высокой квалификации позволило выявить ряд особенностей в планировании и реализации тренировочной программы. Динамика объема циклической нагрузки равномерно снижалась на протяжении пяти месяцев подготовительного периода, после пика нагрузки во втором мезоцикле.

2. В результате изучения особенностей метаболического ответа организма биатлонисток к предлагаемым нагрузкам с использованием данных биохимического контроля выявлено, что наибольший риск дезадаптации возможен в первой половине подготовительного периода, а далее в процессе адаптации организм более адекватно реагирует на предлагаемые нагрузки. Это необходимо учитывать при управлении учебно-тренировочным процессом в биатлоне.

3. Корреляционный анализ показателей нагрузок, выполняемых на уровне аэробного порога, и объемов велонагрузки выявил достоверную взаимосвязь с показателями КФК в периферической крови спортсменок. Установлена закономерность идентичного варьирования в процессе анализируемого сезона трех основных регистрируемых показателей – КФК, АСТ и АЛТ ( $p < 0,05$ ). Отрицательная корреляционная взаимосвязь, установленная для количества лейкоцитов и объемов аэробной работы, общей и циклической нагрузки и силовых тренировок, дает важную информацию для разработки мер по профилактике снижения иммунитета под влиянием напряженных физических нагрузок.

4. Выявленные статистические взаимосвязи тренировочных нагрузок с метаболическим ответом организма спортсменок могут быть использованы при разработке индивидуальных планов подготовки спортсменок и для управления тренировочным процессом биатлонистов в целом.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют, что не существует никакого конфликта интересов.

### Литература

1. Аикин ВА, Реуцкая ЕА, Сухачев ЕА. Современные подходы к организации процесса физической подготовки высококвалифицированных биатлонистов в годичном макроцикле [Modern approaches to organizing physical preparation process of highly skilled biathletes in annual macrocycle]. Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2015;12(130): 9-14.
2. Гибадуллин ИГ. Управление тренировочным процессом биатлонистов в системе многолетней подготовки [Managing training process of biathletes in the system of long-term preparation] [автореферат]. Волгоград; 2006. 42 с.
3. Дунаев КС. Проектирование динамики нагрузки в годичном цикле тренировки квалифицированных биатлонистов [Designing load dynamics in annual training cycle of skilled biathletes]. Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2007;10(32): 32-4.
4. Загурский НС. Отбор и контроль за подготовленностью биатлонисток на этапе спортивного совершенствования [Selection and control for female biathletes' fitness at the stage of sports perfection] [автореферат]. Омск, 1993. 19 с.
5. Карленко ВП. Оптимизация тренировки квалифицированных биатлонистов на этапе непосредственной подготовки к соревнованиям [Optimizing training of skilled biathletes at the stage of direct preparation for competitions] [автореферат]. Киев; 1983. 24 с.
6. Платонов ВН, Данько ГД. Теория адаптации и резервы совершенствования системы подготовки спортсменов [Adaptation theory and reserves for athlete preparation system improvement]. Наука в олимпийском спорте. 2007;(1): 3-16.
7. Рыбина ИЛ, Ширковец ЕА. Особенности биохимической адаптации к нагрузкам различной направленности биатлонистов высокой квалификации [Peculiarities of biochemical adaptation to different direction loads in highly skilled biathletes]. Вестник спортивной науки. 2015(3): 28-33.
8. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine. Adv Clin Chem. 2012;56: 1–54. doi: 10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7.
9. Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. Clin. Chem Lab Med. 2010;48(6): 757-67. doi: 10.1515/CCLM.2010.179.

10. Fragala MS, Bi C, Chaump M, Kaufman HW, Kroll MH. Associations of aerobic and strength exercise with clinical laboratory test values. *PLoS One*. 2017;12(10). doi: 10.1371/journal.pone.0180840.
11. Gleeson M. Biochemical and immunological markers of overtraining. *Jof Sports Science and Medicine*. 2002;(1): 31-41.
12. Holmberg HC. The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology. *Scand. J Med Sci Sports*. 2015;(25): 100-9. doi: 10.1111/sms.12601.
13. Koch A, Pereira JR, Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2014;14(1): 68–77.
14. Laaksonen MS, Jonsson M, Holmberg HC. The Olympic biathlon – recent advances and perspectives after Pyeongchang. *Frontiers in Physiology*. 2018;(9). doi:10.3389/fphys.2018.00796
15. Lee EC, Fragala MS, Kavouras SA, Queen RM, Pryor JL, Casa DJ. Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. *J Strength Cond Res*. 2017;31(10): 2920-37. doi: 10.1519/JSC.0000000000002122.
16. Luchsinger, H, Kocbach J, Ettema G, Sandbakk Ø. Comparison of the effects of performance level and sex on sprint performance in the biathlon world cup. *Int J Spots Physiol Perform*. 2018;(13)3: 360-6. doi: 10.1123/ijspp.2017-0112.
17. Maier T, Maier D, Meister S, Trosch JP, Wehrin JP. Predicting biathlon shooting performance using machine learning. *J Sports Sci*. 2018;36(20):2333-9. doi: 10.1080/02640414.2018.1455261.
18. Robson PJ, Blannin AK, Walsh NP, Castell LM, Gleeson M. Effects of exercise intensity, duration and recovery on in vitro neutrophil function in male athletes. *Int. J. of Sports Med*. 1999;20(2): 128-35. doi: 10.1055/s-2007-971106.
19. Sandbakk OA, Holmberg HC. Reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;(9): 117-21. doi: 10.1123/ijspp.2013-0373.
20. Sandbakk OA, Bucher Sandbakk S, Supej M, Holmberg HC. The velocity and energy profiles of elite cross-country skiers executing downhill turns with different radii. *Int. J. Sport Physiol. Perform*. 2014; 9(1): 41-7. doi: 10.1123/IJSP.2013-0383.
21. Sandbakk S, Supej M, Sandbakk Ø, Holmberg HC. Downhill turn techniques and associated physical characteristics in cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24(4): 708–716. doi: 10.1111/sms.12063.
22. Sattler G, Buchecker M, Gressenbauer C, Müller E, Lindinger SJ. Factors discrimination high from low score performance in biathlon shooting. *Int J Sport Physiol Perform*. 2017;12(3): 377-84. doi: 10.1123/ijspp.2016-0195.
23. Skattebo O, Losnegard T. Variability, predictability and race factors affecting performance in elite biathlon. *Int J Sport Physiol Perform*. 2018;13(3): 313-9. doi: 10.1123/ijspp.2017-0090.
24. Sharkey BJ, Gaskill SE. Sport physiology for coaches. *Human Kinetics*, 2006. 310 p.
25. Smith JA, Pyne DB. Exercise, training and neutrophil function. *Exercise Immunology Review*. 1997;(9): 96-116.
26. Stoggl T, Bishop P, Höök M, Willis S, Holmberg HC. Effect of carrying a rifle on physiology and biomechanical responses in biathletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(3): 617-24. doi: 10.1249/MSS.0000000000000438.
27. Tonnessen E, Sylta Ø, Haugen TA, Hem E, Svendsen IS, Seiler S. The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PLoS One*. 2014;14(9): e101796. doi: 10.1371/journal.pone.0101796.
28. Vilkers JN, Williams AM. Performing under pressure: the effects of physiological arousal, cognitive anxiety and gaze control in biathlon. *J Mot Behav*. 2007;39(5): 381–394. doi: 10.3200/JMBR.39.5.381-94.
29. Westerblad H, Bruton JD, Katz A. Skeletal muscle: energy metabolism, fiber types, fatigue and adaptability. *Exp Cell Res*. 2010;316(18): 3093-9. doi: 10.1016/j.yexcr.2010.05.019.

**Автор для корреспонденции:**

*Рыбина Ирина Леонидовна* – д-р биол. наук, Белорусская федерация биатлона; Республика Беларусь, 220020, Минск, пр. Победителей, 18-2, к. 313; i\_rybina@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5190-2675>

**Corresponding author:**

*Rybina Irina* – Dr. Sci in Biology, Belarusian Biathlon Federation; Republic of Belarus, 220020, Minsk, Pobeditelly ave., 18-2, b. 313; i\_rybina@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-5190-2675>

Поступила 01.04.2020