

**ДИНАМИКА БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ
ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ В БИАТЛОНЕ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕННОСТИ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК**

В. Д. Румянцева,

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта»;

И. А. Рыбина, д-р биол. наук,

Общественное объединение «Белорусская федерация биатлона»

Аннотация

Своевременный мониторинг биохимических показателей в тренировочном процессе дает возможность скорректировать режим отдыха и тренировок для предотвращения перетренированности или недостаточной нагрузки.

**DYNAMICS OF BIOCHEMICAL BLOOD PARAMETERS OF HIGHLY QUALIFIED
FEMALE BIATHLETES DEPENDING ON THE ORIENTATION OF TRAINING LOADS**

Abstract

Timely monitoring of biochemical parameters during training makes it possible to adjust rest and training regimes to prevent overtraining or insufficient training load.

Введение

Система подготовки спортсменов в циклических видах спорта на современном этапе характеризуется напряженным тренировочным процессом, зачастую находящимся на пределе физических возможностей. Контроль адаптационных процессов к тренировочным нагрузкам требует адекватных и информативных методов. В настоящее время для оценки функционального состояния используется ряд педагогических и медико-биологических методов исследования. Биохимические методы исследования в значительной мере отвечают вышеуказанным требованиям и широко используются в тренировочном процессе [1, 3, 4].

Клинико-лабораторные обследования по содержанию и объему должны максимально соответствовать целям и задачам тренировочного процесса. Для определения степени напряженности тренировочных нагрузок в экстремальных условиях необходимы адекватные и информативные методы клинико-лабораторного контроля [2, 5, 6]. Основной задачей биохимического контроля тренировочного процесса является оценка динамики адаптационных процессов организма спортсменов к высокоинтенсивной физической деятельности. Принципиально важным является изучение характера воздействия на организм спортсменов тренировочных нагрузок разной направленности. Целесообразно использовать показатели, которые дают информацию о срочном эффекте нагрузки, а также о характере и продолжительности восстановления функций организма после выполненной нагрузки [2, 7, 8, 10].

На основании результатов биохимического контроля оценивается переносимость тренировочных нагрузок, активность процессов анаболизма, катаболизма, сбалансированность скорости поступления и расходования белков, оценка восстановления мышц и их сократительной способности, определение алактатных возможностей, состояние метаболической функции печени, процессов метаболизма в миокарде, определение микроэлементного состава крови.

Таким образом, биохимический контроль позволяет решать такие частные задачи, как оценка реакции организма на физические нагрузки, определение уровня тренированности, эффект от применения фармакологических и других восстанавливающих средств, роли энергетических метаболических систем в мышечной деятельности, воздействия климатических факторов и др. При физических нагрузках и воздействии иных факторов окружающей среды, а также при патологических

изменениях обмена веществ или после применения фармакологических препаратов содержание отдельных компонентов крови существенно изменяется.

Вид физических нагрузок, их интенсивность, направленность и продолжительность являются основными факторами, оказывающими непосредственное воздействие на структуру метаболических процессов в ответ на тренировочное воздействие.

Цель исследования – изучить динамику биохимических показателей крови, в частности мочевины и креатинфосфокиназы, в организме высококвалифицированных спортсменов-биатлонисток в зависимости от направленности тренировочных нагрузок.

Методы и организация исследования

В исследовании приняли участие 6 высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в биатлоне. Всего было проведено 274 человеко-обследования в течение весенне-летнего этапа подготовки. Забор крови для определения биохимических показателей (мочевины и КФК) осуществляли утром натощак перед тренировкой и через час после окончания вечерней тренировки, что позволило определить суммарный адаптационный сдвиг в течение дня. Полученные результаты были распределены на 3 группы с учетом направленности тренировочных нагрузок. В первую группу включены нагрузки с интенсивностью на уровне аэробного порога (АП) продолжительностью 2–2,5 ч. Вторую группу составили тренировочные нагрузки на уровне анаэробного порога (АП) продолжительностью 35–40 мин. К третьей группе отнесены силовые тренировки с общей продолжительностью 1–1,5 ч.

Содержание метаболитов и ферментов в крови определяли при помощи стандартных наборов ЗАО «Диакон ДС» (Россия) с помощью полуавтоматического спектрофотометра «PV 1251C–Solar» (Республика Беларусь). В качестве критерия оценки интенсивности циклической нагрузки в различных зонах энергообеспечения использовалось содержание лактата в крови, которое неоднократно определялось в течение тренировки. Также проведен сравнительный анализ динамики биохимических показателей при вышеописанных типах тренировочных нагрузок.

Для анализа полученных результатов использовалась программа «Microsoft Excel 2017». Статистическая обработка данных проводилась с применением пакета прикладных программ Statistica. Также использовались методы описательной статистики, которые включали однофакторный дисперсионный анализ.

Показатели мочевины и креатинфосфокиназы являются одними из наиболее изученных и востребованных в практике спорта. Интерес к изучению динамики данных показателей обусловлен наличием изученных корреляций этих веществ с особенностями метаболизма при физических нагрузках.

Мочевина – это нетоксичное азотсодержащее вещество, которое синтезируется в организме человека. В крови каждого взрослого человека нормальная концентрация данного вещества индивидуальна. При нормальном течении белкового обмена мочевина выводится из организма с мочой. Концентрация мочевины в крови может расти от различных факторов: при значительном поступлении белков с пищей, при нарушении выделительной функции почек, а также после выполнения длительной физической работы за счет увеличения расщепления белков [10]. Этот показатель широко используется для оценки переносимости спортсменом тренировочных и соревновательных физических нагрузок, хода тренировочных занятий и процессов восстановления организма.

Креатинфосфокиназа (КФК) – фермент, выступающий катализатором при образовании креатинфосфата из креатина и АТФ и его расщеплении. КФК отражает степень напряженности мускулатуры во время тренировочных нагрузок, уровень тренированности, скорости восстановления мышечной системы. Активность фермента КФК в сыворотке крови является наиболее информативным маркером функционального состояния мышечной ткани и широко используется в мониторинге тренировочного процесса. На активность фермента оказывают влияние такие факторы, как уровень подготовки спортсмена, пол, группы мышц, участвующих в выполнении упражнения, а также общий объем силовых нагрузок. В норме активность КФК в популяционной сыворотке крови составляет 40–200 Е/л. Активность

этого фермента возрастает примерно на 100 % через 8 часов, а пиковые значения могут быть достигнуты в интервале от 24 до 96 часов в зависимости от вида упражнений и индивидуальных особенностей организма спортсменов. Уровень сывороточной КФК может быть использован в качестве надежного индикатора интенсивности тренировочного процесса, а также диагностического маркера перетренированности [11].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведен сравнительный анализ изменения динамики биохимических показателей до и после выполнения нагрузки при различных типах тренировочных воздействий: аэробной направленности на уровне порогов аэробного (АП) и анаэробного (АнП) и нагрузки силовой направленности.

Результаты проведенного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Биохимические показатели и их изменение под влиянием тренировочных нагрузок различной направленности у биатлонисток ($X \pm SD$)

Исследуемые показатели	Виды тренировочных нагрузок		
	1-я группа	2-я группа	3-я группа
	АП (n=17)	АнП (n=57)	Силовая (n=29)
Мочевина до нагрузки, ммоль/л	6,17±1,57	6,11±1,11	6,25±1,17
Мочевина после нагрузки, ммоль/л	7,24±1,29* ³	7,16±1,26	9,02±1,74* ¹
Мочевина, (прирост, ммоль/л)	1,07±1,16* ³	1,06±1,25	2,76±1,94* ¹
Мочевина, (прирост, %)	19,96±0,18	19,62±0,25	48±0,34
КФК до нагрузки, ЕД/л	331±193,4* ²	235±142,5* ¹	286±174,0
КФК после нагрузки, ЕД/л	444±230,0	368±208,6* ³	460±254,4* ²
КФК, (прирост, ЕД/л)	112±167,3	133±115,0	174±155,1
КФК, (прирост, %)	43,37±0,5	68,38±0,53	74±0,58
<i>Примечание: * – различия достоверны с соответствующей группой, p<0,05.</i>			

Постнагрузочные значения активности КФК, концентрации мочевины и их изменение в ходе тренировочных нагрузок различной направленности варьировались в широких пределах.

Динамика активности КФК под влиянием тренировки различной направленности отражает диапазоны изменений активности данного фермента и характеризуется значительной индивидуальной вариативностью. Следует обратить внимание на то, что скорость выхода КФК в кровь, обусловленная степенью проницаемости клеточных мембран, строго индивидуальна, и максимальные показатели данного фермента могут быть достигнуты значительно позже времени его определения [7, 8].

Для наглядности полученные результаты представлены в виде рисунков, отражающих как средние данные по выборкам, так и имеющийся статистический разброс. На наш взгляд, представление результатов таким образом является наиболее удобным и более информативным для понимания и дальнейшего практического использования.

На рисунке 1 представлены границы вариаций среднего содержания фермента КФК, а также стандартная ошибка и стандартное отклонение данного показателя в исследуемых выборках. Как видно из рисунка 1, активность КФК в периферийной крови биатлонисток после силовых тренировок имеет значительный разброс данных, что свидетельствует о более высокой концентрации данного фермента по сравнению с другими группами тренировок. Значения вышеуказанного фермента изменялись от 130 до 1065 Ед./л.

Абсолютные максимальные значения постнагрузочной концентрации КФК отмечались после тренировок силовой направленности 460±254,4 ЕД/л ($p<0,05$). При этом наблюдались наибольшие средние значения прироста креатинфосфокиназы 174±155,1 Ед/л.

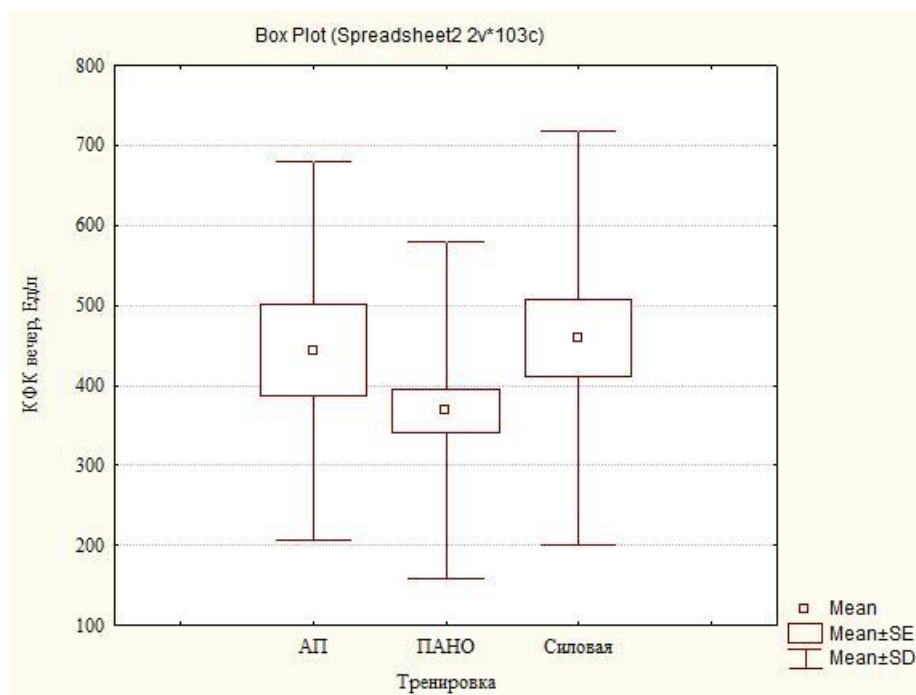


Рисунок 1 – Содержание КФК в периферической крови биатлонисток после выполнения нагрузок различной направленности

Оценка относительного увеличения активности КФК ($74 \pm 0,58$ %) также выявила тенденцию к увеличению, что позволяет их использовать в качестве ориентиров при оценке степени активации креатинфосфатной реакции после тренировок различной направленности. Средние значения прироста КФК после силовой тренировки свидетельствуют об увеличении КФК практически в 2 раза.

Анализ статистического распределения значений постнагрузочной концентрации мочевины позволяет оценить индивидуальные значения данного показателя после выполнения нагрузок соответствующей направленности. Чтобы исключить недостоверные показатели, связанные с особенностями питания, спортсменками велись дневники питания, которые так же анализировались в процессе исследования. В них оценивалось количество потребляемых белков, которое было относительно постоянным.

На рисунке 2 представлены границы вариаций среднего значения концентрации мочевины, а также стандартная ошибка и стандартное отклонение данного показателя в исследуемых выборках.

Максимальные значения постнагрузочной концентрации мочевины также отмечались после проведения силовых тренировок, значение которых изменялось от 5 до $13,9$ ммоль/л ($P < 0,05$), а прирост этого показателя составил в среднем $2,76 \pm 1,94$ ммоль/л.

Также прирост мочевины отмечался после тренировок на уровне аэробного и анаэробного порогов. Постнагрузочные значения содержания мочевины составили $7,24 \pm 1,29$ ммоль/л после длительных тренировок аэробной направленности, а на уровне анаэробного порога – $7,16 \pm 1,26$ ммоль/л. Прирост показателей составил $1,07 \pm 1,16$ ммоль/л после тренировок на уровне аэробного порога и $1,06 \pm 1,25$ ммоль/л после тренировок на уровне АНП.

Характер метаболической адаптации к нагрузкам различной направленности определяется особенностями механизма энергообеспечения и путей ресинтеза АТФ. Энергообеспечение тренировочных нагрузок при интенсивности на уровне аэробного порога осуществляется за счет окисления липидов и аэробного расщепления углеводов. При длительной работе данной интенсивности углеводные запасы истощаются, вследствие чего возникает потребность в вовлечении в энергообмен белковых структур, в результате чего образуется побочный продукт аммиак, который в дальнейшем в результате последовательных реакций метаболизируется с образованием мочевины.

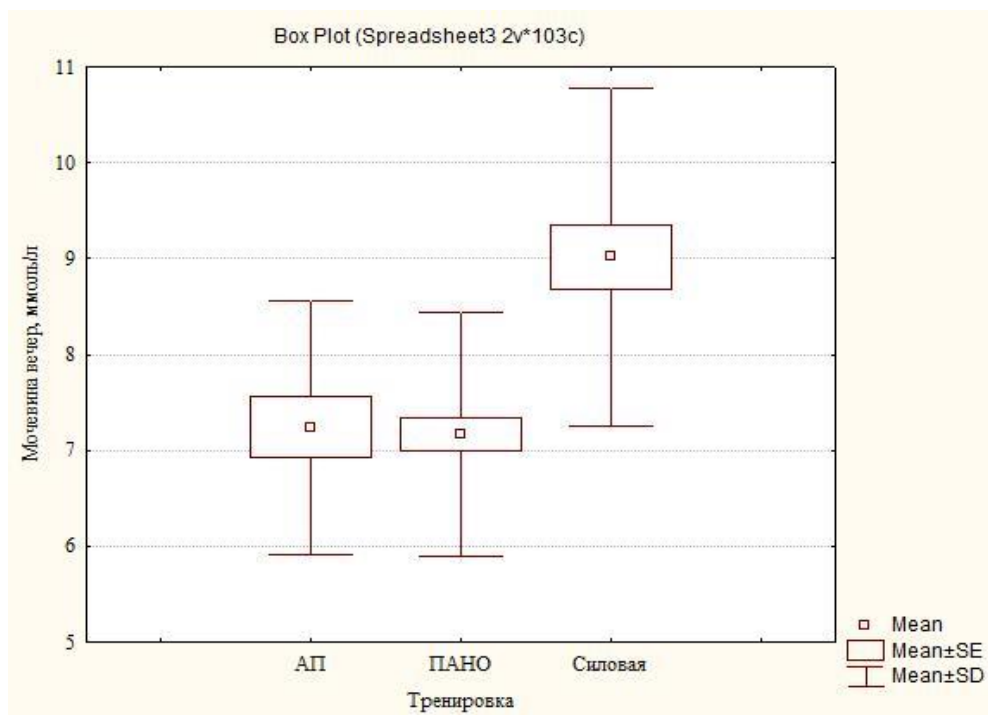


Рисунок 2 – Содержание мочевины в периферической крови биатлонисток после выполнения нагрузок различной направленности

При тренировках на уровне анаэробного порога в энергообеспечение включаются углеводы как в аэробном, так и частично в анаэробном процессах. Углеводные энергетические ресурсы организма довольно ограничены, пополнение запасов углеводов происходит в результате глюконеогенеза, главным образом за счет вовлечения в этот процесс белков, что в итоге может приводить к возрастанию уровня мочевины.

При выполнении тренировок силовой направленности образование энергии в алактатной системе происходит главным образом при расщеплении богатых энергией фосфатных соединений – АТФ и креатинфосфата. Реакция расщепления креатинфосфата катализируется креатинфосфокиназой. Значительный прирост уровня КФК обусловлен, в первую очередь, причинами механического характера вследствие возникающих мышечных микрповреждений в комплексе с повреждением клеточных мембран метаболического характера.

Заключение

Оценка переносимости тренировочных нагрузок различной направленности, основанная на динамике биохимических показателей, таких как мочевина и креатинфосфокиназа, дает практико-ориентированную информацию тренеру и позволяет индивидуализировать тренировочный процесс с учетом метаболического ответа на соответствующее нагрузочное воздействие. Постоянный мониторинг данных показателей позволит оценить индивидуальную переносимость нагрузок и избежать перенапряжения соответствующих систем энергообеспечения мышечной деятельности.

Различие постнагрузочных величин мочевины и КФК при различных типах тренировочных нагрузок в значительной степени отражает процессы, связанные с механизмами энергообеспечения выполняемых нагрузок. Результаты исследований динамики мочевины и КФК у высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в биатлоне, в зависимости от типа тренировочных нагрузок, могут послужить практическими рекомендациями для коррекции режима тренировочного процесса и отдыха в ходе подготовки.

Список использованных источников

- 1 Волков, Н. И. Биохимия мышечной деятельности / Н. И. Волков, Э. Н. Несен, А. А. Осипенко, С. Н. Корсун. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 504 с.

- 2 Дорофейков, В. В. Лабораторный мониторинг состояния организма у спортсменов / В. В. Дорофейков [и др.] // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2013. – № 6(100). – С. 159–163.
- 3 Михайлов, С. С. Спортивная биохимия / С. С. Михайлов. – М: Советский спорт, 2004. – 220 с.
- 4 Рогозкин, В. А. Методы биохимического контроля в спорте / В. А. Рогозкин. – Л.: 1990. – 178 с.
- 5 Рыбина, И. Л. Особенности биохимической адаптации к нагрузкам различной направленности биатлонистов высокой квалификации / И. Л. Рыбина, Е. А. Ширковец // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 3. – С. 28–33.
- 6 Рыбина, И. Л. Биохимические аспекты оценки адаптации организма высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта к напряженным физическим нагрузкам: дис. ... д-р биол. наук: 14.03.11 / И. Л. Рыбина. – М., 2016. – 200 с.
- 7 Banfi, G. Metabolic markers in sports medicine / G. Banfi, A. Colombini, G. Lombardi, A. Lubkowska // Adv. Clin. Chem. – 2012. – № 56. – P. 1–54.
- 8 Brancaccio, P. Biochemical markers of muscular damage / P. Brancaccio, G. Lippi, N. Maffulli // ClinChem Lab Med. – 2010. – № 48 (6). – P. 757–767.
- 9 Brancaccio, P. Serum enzyme monitoring in sports medicine / P. Brancaccio, N. Maffulli, R. Buonauro, F. M. Limongelli // Clin. Sports Med. – 2008. – № 27 (1). – P. 1–18.
- 10 Gleeson, M. Biochemical and immunological markers of overtraining / M. Gleeson // Journal of Sport Science and Medicine. – 2002. – № 1. – P. 31–41.
- 11 Hartmann, U. Training and overtraining markers in selected sport events / U. Hartmann, J. Mester // Med. Sci. Sports Exerc. – 2000. – Vol. 32, № 1. – P. 209–215.

18.10.2021