

Министерство спорта и туризма Республики Беларусь

Государственное учреждение  
«Республиканский научно-практический центр спорта»

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ПОДГОТОВКИ СПОРТИВНОГО РЕЗЕРВА  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПО ГРУППАМ ВИДОВ  
СПОРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ  
КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ**

Практическое пособие

Минск  
БГУФК  
2018

УДК 796.01:577.1(476)(076)+796.015.83+796.034.6  
ББК 75.0я76+75.1  
Н34

*Рекомендовано к изданию экспертной комиссией РНПЦ спорта,  
протокол № 1 от 15 января 2018 года*

**А в т о р ы:**

кандидат педагогических наук, доцент *А. И. Нехвядович*;  
доктор биологических наук *И. Л. Рыбина*; *А. Н. Будко*, *Е. В. Ветчинкина*,  
*Н. В. Шераш*, *Е. А. Мороз*, *Н. В. Шведова*, *Л. С. Сосна*, *С. О. Гаврилова*

**Р е ц е н з е н т ы:**

кандидат химических наук, доцент *И. Л. Гилеп*;  
кандидат биологических наук, доцент *Е. В. Планида*

**Н34 Научно-методическое** обеспечение подготовки спортивного резерва Республики Беларусь по группам видов спорта с использованием методов клиничко-лабораторной диагностики : практ. пособие / А. И. Нехвядович [и др.]. – Минск : БГУФК, 2018. – 46 с.  
ISBN 978-985-569-279-0.

В практическом пособии представлены наиболее актуальные направления научно-методического обеспечения подготовки спортсменов резерва и национальных команд Республики Беларусь с использованием наиболее актуальных методов лабораторной диагностики.

Акцентируется внимание на оценку переносимости тренировочных нагрузок по динамике отдельных биохимических параметров лабораторной диагностики.

Предназначено для диспансеров спортивной медицины, врачей и тренеров национальных команд, студентов высших физкультурных учебных заведений, слушателей ФПК по физической культуре и спорту и др. лабораторий республиканского и областных диспансеров спортивной медицины.

**УДК 796.01:577.1(476)(076)+796.015.83+796.034.6**  
**ББК 75.0я76+75.1**

**ISBN 978-985-569-279-0**

© Нехвядович А.И. [и др.], 2018

© Республиканский научно-практический центр спорта, 2018

© Оформление. Учреждение образования «Белорусский

государственный университет физической культуры»,  
2018

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время подготовка спортивного резерва характеризуется чрезвычайно высокой интенсификацией и напряженностью тренировочного процесса, что требует особенно тщательного подхода к оценке, с одной стороны, системности и адекватности тренировочных нагрузок, а с другой – их достаточности для выхода на более высокий уровень спортивных достижений [1; 2]. Успешное выступление молодых спортсменов на состязаниях высших рангов обеспечивается в основном двумя факторами: одаренностью спортсмена и рациональностью использованной системы многолетней подготовки [3; 4].

Полная и всесторонняя реализация природных задатков и формирование максимально доступного для конкретного спортсмена уровня мастерства может быть обеспечена лишь планомерной многолетней подготовкой, нацеленной на достижение наивысших спортивных результатов в оптимальной для конкретного вида спорта возрастной зоне. В этих условиях использование методов клинико-лабораторного контроля является актуальным условием для научного управления тренировочным процессом спортивного резерва [5; 6].

Эффективное решение задач подготовки спортсменов и управления их тренировочным процессом (планирование тренировочных и соревновательных нагрузок, их своевременная коррекция) невозможно без информации о биологических реакциях организма на задаваемые тренировочные нагрузки. В связи с этим в комплексном контроле кроме педагогических важное место занимает проведение клинико-лабораторных исследований [5–8].

Учитывая, что морфологический и биохимический состав крови в процессе тренировки претерпевают определенные кумулятивные, срочные и отставленные постнагрузочные изменения, то динамика отдельных биохимических и гематологических параметров позволяет осуществлять оценку текущего функционального состояния организма спортсменов. Скорость восстановления биохимических и гематологических показателей зависит от уровня тренированности, поэтому они могут использоваться и для коррекции тренировочного процесса, изменения схемы медикаментозной помощи для ускорения восстановления, повышения работоспособности и др. [7–10].

Восстановление организма связано с возобновлением количества израсходованных во время работы энергетических субстратов и других веществ, происходит не одновременно, так как скорость различных об-

менных процессов не одинакова и зависит от утомительности работы. После нагрузок, приводящих к развитию утомления, скорость восстановительных реакций значительно меньше, чем после неутомительных нагрузок. Знание времени восстановления в организме различных энергетических субстратов играет большую роль в правильном построении тренировочного процесса [11; 12].

Оценка степени восстановления проводится по изменению ряда лабораторных показателей, которые существенно изменяются под влиянием тренировочных нагрузок. При оценке отставленного восстановления (более 12–18 часов) чаще всего определяют некоторые показатели белкового обмена, в частности содержание мочевины в крови. Особую информативность имеет определение активности отдельных ферментов в сыворотке крови, таких как креатинфосфокиназа (КФК), аспартат- и аланинаминотрансфераза (АСТ и АЛТ) и др. [13–21].

# **1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕНОСИМОСТИ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК ПО ИЗМЕНЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ МОЧЕВИНЫ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ В РАМКАХ ТЕКУЩИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ**

Контроль процессов утомления и восстановления, которые являются неотъемлемыми компонентами спортивной деятельности, необходим для оценки переносимости физической нагрузки, внесения коррективов в режим «работа-отдых» и определения достаточности времени отдыха после физических нагрузок, эффективности средств повышения работоспособности, выявления синдрома перенапряжения или перетренированности, связанного с дисбалансом между тренировкой и восстановлением.

Наиболее информативным показателем переносимости тренировочных нагрузок является продукт белкового обмена – мочевины. Увеличение образования мочевины связано с усилением процессов использования белковых структур для восстановления углеводных запасов, затраченных в ходе мышечной деятельности. То есть процесс образования мочевины является адаптивным для восполнения глюкозы. Чем напряженнее мышечная деятельность и чем вследствие этого выше потребность в восполнении депо углеводов, тем выше интенсивность синтеза мочевины и ее содержание в крови. Кроме того, образование мочевины в ходе усиления белкового метаболизма обеспечивает устранение образовавшегося ядовитого вещества – азота.

В целом содержание мочевины отражает суммарное воздействие объема и интенсивности комплексного воздействия тренировочных нагрузок, а также степень восстановления после них. Величины выше 6,8 у девушек и более 7,2 ммоль/л у юношей указывают на запредельность тренировочного воздействия.

Содержание мочевины в крови спортсменов утром натощак в пределах допустимой нормы свидетельствует об уравнивании процессов катаболизма (распада) и анаболизма (образования) белков в период отдыха и в спортивной практике является наиболее информативным показателем переносимости тренировочных нагрузок крови [13; 17].

Содержание мочевины в сыворотке крови отражает степень активации процессов катаболизма белков в организме, позволяет определить реакцию организма на физические нагрузки, отражает суммарное воздействие объема и интенсивности отдельной тренировки или ряда тре-

нировочных нагрузок на организм и способность спортсменов к восстановлению после них.

Следует иметь в виду, что прием белковых препаратов или большое потребление белков с пищей может приводить к повышению мочевины и искажать истинную картину влияния тренировочных нагрузок. Нагрузка углеводами, наоборот, способствует снижению скорости процессов образования мочевины.

Мочевина  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  – низкомолекулярное неорганическое вещество, конечный продукт метаболизма белков в организме. Содержание мочевины в крови утром в состоянии покоя натощак принято считать одним из наиболее информативных показателей текущего контроля адекватности и достаточности объема тренировочных нагрузок. По изменению содержания мочевины в крови после нагрузки определяют тип реакции организма на нагрузку и переносимость тренировочных нагрузок различного объема и интенсивности, выполненных за день, неделю и т. д. [5; 12; 13].

По результатам исследований Н.Н. Яковлева [12] и Л.С. Вознесенского с соавт. [13] установлено, что адаптация организма к физическим нагрузкам большого объема и интенсивности включает в себя механизмы обмена и регуляции, свойственные состоянию стресса. Стрессорное воздействие подобных нагрузок выражается в усилении секреции гормонов коры надпочечников (глюкокортикоидов), одним из проявлений которых является активация синтеза мочевины. Процессы, приводящие к усилению синтеза мочевины в условиях тренировочных занятий, отражают адаптационный механизм восполнения запасов углеводов из продуктов белкового обмена (аминокислот).

Углеводные энергетические ресурсы организма, которые сосредоточены в основном в скелетной мускулатуре и печени, ограничены: их хватает при средних нагрузках примерно на 2 часа.

Компенсаторный синтез углеводов из белков сопровождается отщеплением ядовитого для организма продукта – аммиака, который связывается с образованием нетоксичного соединения – мочевины и выводится вместе с ней из организма. Следовательно, два процесса – образование мочевины и синтез углеводов за счет белков – функционально сопряжены. Другими словами, чем значительнее мышечная деятельность и вследствие этого потребность в восполнении депо углеводов, тем выше интенсивность синтеза мочевины и ее содержания в крови.

Если утренний уровень мочевины превышает 7,2 ммоль/л (для мужчин) и 6,8 ммоль/л (для женщин), то это свидетельствует о чрезмер-

ности тренировочных нагрузок. Если содержание мочевины в крови находится в пределах до 7,2 ммоль/л (для мужчин) и 6,8 ммоль/л (для женщин), то это указывает на то, что тренировочная нагрузка предшествующего дня была вполне достаточной и адекватной для организма. Более низкие величины мочевины (менее 5,0 ммоль/л) служат признаком недостаточной загруженности организма.

Реакция организма на нагрузку по данным уровня мочевины и основанным на них выводах выражается в виде 3 последовательных фаз: нагрузки, восстановления и суперкомпенсации (рисунок 1).

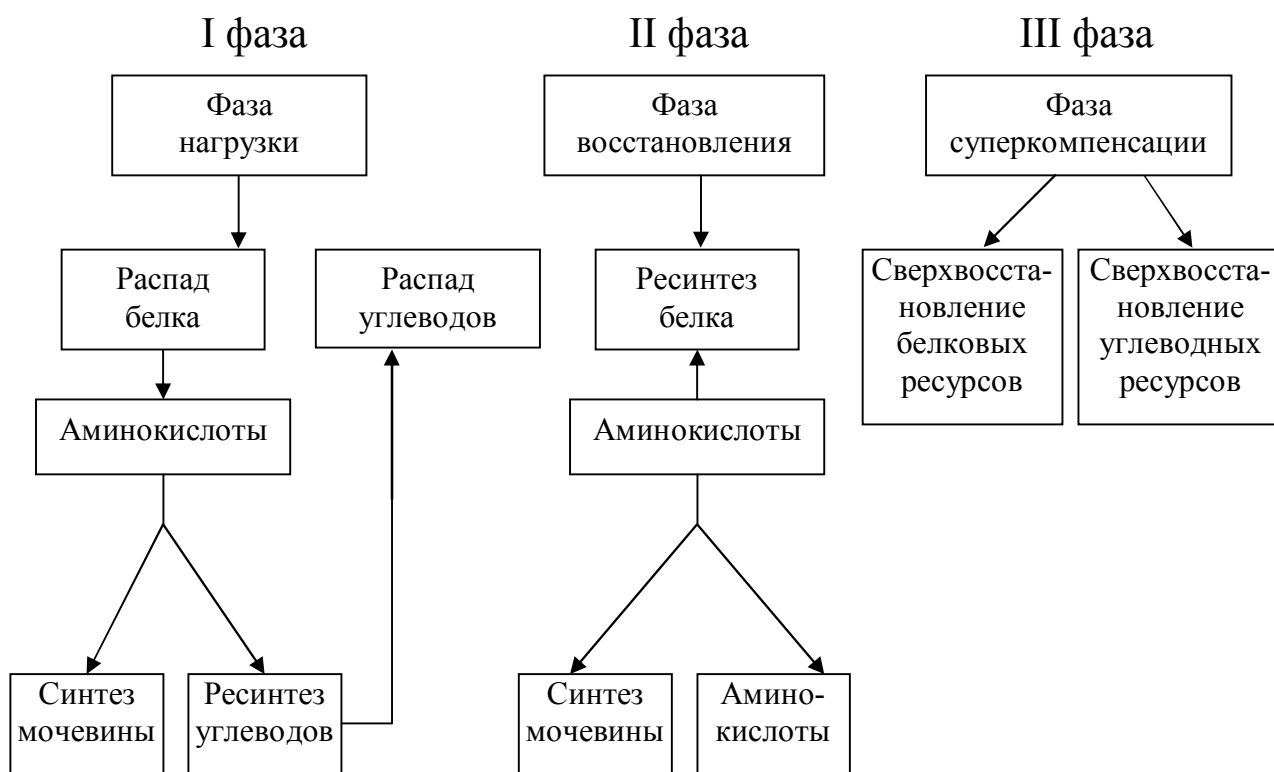


Рисунок 1 – Схема основных звеньев обмена веществ в условиях действия тренировочных нагрузок и в период восстановления [13]

В фазе нагрузки при активной мышечной деятельности происходит распад белка мышц и системное снижение запасов гликогена (в основном в работающей мускулатуре и печени). Белок, распадаясь на свои составляющие (аминокислоты), вовлекается в процессы восполнения углеводных энергетических ресурсов с параллельным (сопряженным) образованием мочевины. Эти процессы, характеризующие фазу нагрузки, протекают во время тренировки, а также некоторое время после ее окончания в зависимости от интенсивности использовавшихся нагрузок.



В фазе восстановления, во время отдыха (главным образом ночного сна), преобладают анаболические процессы: изменяется направленность обмена аминокислот (предшественников мочевины). Они в большой степени в этот период участвуют в процессах синтеза и восстановления белка мышц, чем в образовании мочевины.

В фазе суперкомпенсации (после завершения процессов восстановления) возрастает содержание гликогена и белка в скелетной мускулатуре, за счет чего увеличиваются функциональные возможности организма. Выраженность и продолжительность фазы суперкомпенсации (или сверхвосстановления по Н.Н. Яковлеву) зависит от величины предшествующей нагрузки. Вместе с тем, если в период незавершенности анаболических процессов (фазы восстановления) используются высокие нагрузки, то напротив, можно получить противоположное состояние – переутомление, перетренированность [12].

Изучение отставленного тренировочного эффекта и своевременное выявление отставленного недовосстановления представляют собой особый практический интерес. Правильная интерпретация адекватности предъявляемых тренировочных заданий по содержанию мочевины в крови спортсменов возможна лишь при сопоставлении ее значений, получаемых в ходе тренировочного процесса, с величинами выполняемых тренировочных нагрузок. Поэтому количественная оценка тренировочных нагрузок является неотъемлемой частью проводимых исследований. Численное значение величины тренировочных нагрузок определяется на основании показателей субъективной оценки самими спортсменами интенсивности выполняемых отдельных тренировочных упражнений, входящих в программу данного тренировочного занятия. Нагрузка тренировочного дня определяется как сумма нагрузок всех проведенных в этот день тренировочных заданий.

### **1.1. Типы реакции на тренировочную нагрузку в зависимости от содержания мочевины в крови**

На основании анализа обширного статистического материала (более семи тысяч определений) авторами [12; 13] были выделены три типа реакции организма спортсменов на нагрузку, выявляемые по изменению содержания мочевины в крови (исследования проводились утром в покое натощак).

Для реакции I типа характерна прямая корреляция между динамикой уровня мочевины и объема тренировочных нагрузок. Наибольшее

содержание мочевины в крови при I типе реакции, как правило, не превышает на протяжении двух дней подряд среднегрупповые нормативы 6,7 (у женщин) и 7,2 (у мужчин) ммоль/л (рисунок 2).

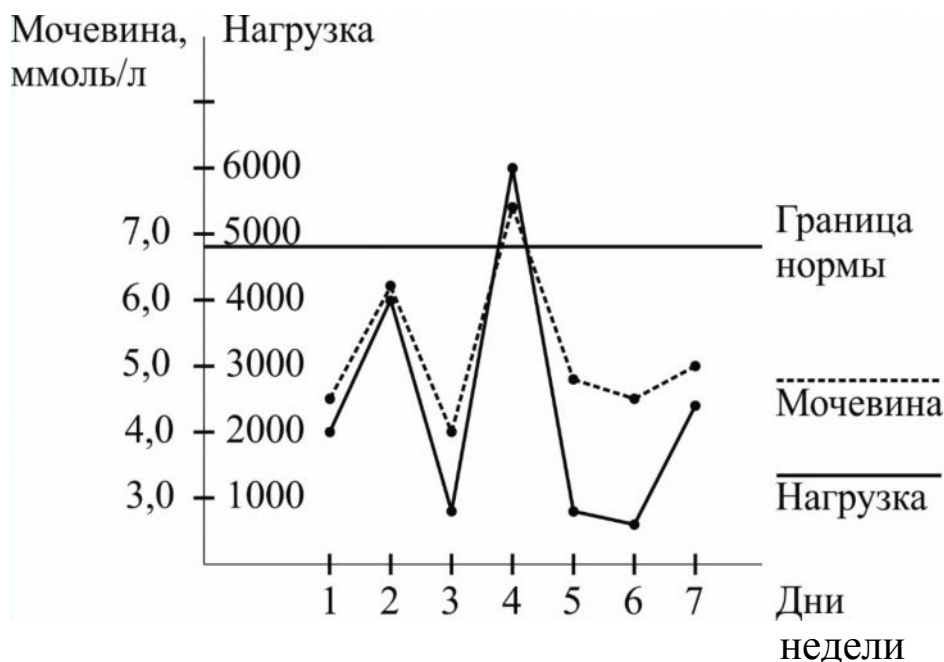


Рисунок 2 – Первый тип реакции мочевины крови на тренировочную нагрузку, характеризующийся прямой корреляцией между динамикой уровня мочевины и величиной тренировочных нагрузок

Прямая зависимость указывает на сбалансированность катаболических и анаболических процессов, а также свидетельствует о том, что нагрузки, используемые в тренировочном процессе, соответствуют диапазону функциональных возможностей спортсмена.

Для высокотренированных спортсменов характерно наличие реакции I типа и при выполнении значительного объема тренировочных нагрузок (рисунок 3).

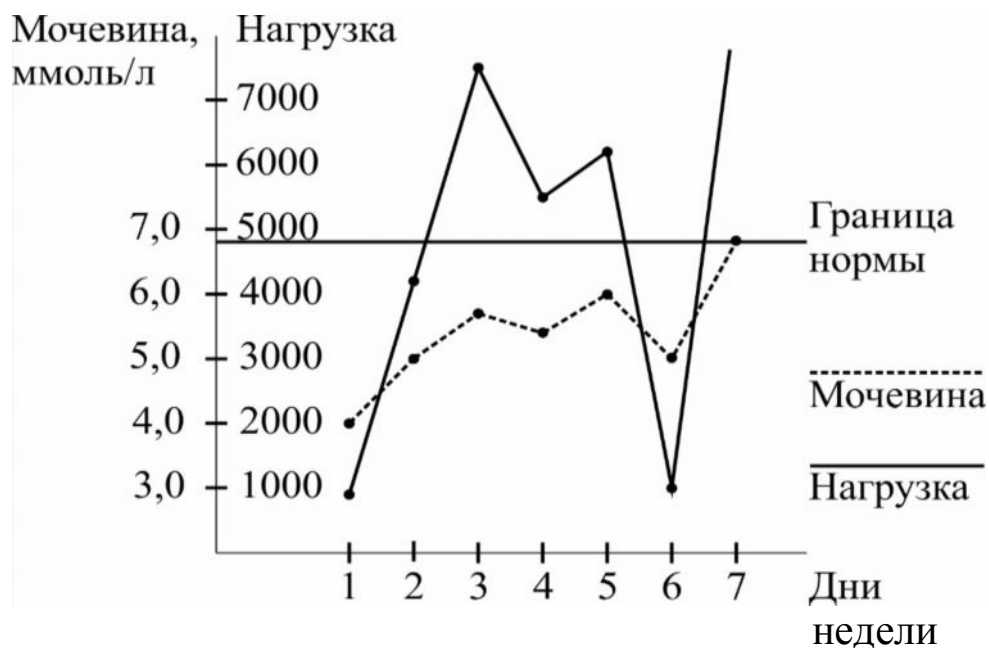


Рисунок 3 – Первый (I) тип реакции мочевины крови, характеризующийся корреляцией между динамикой мочевины и величиной тренировочных нагрузок у высокотренированных спортсменов

У менее квалифицированных спортсменов первый тип реакции, в отличие от спортсменов высокого класса, наблюдается чаще всего при использовании относительно малых нагрузок (рисунок 4).

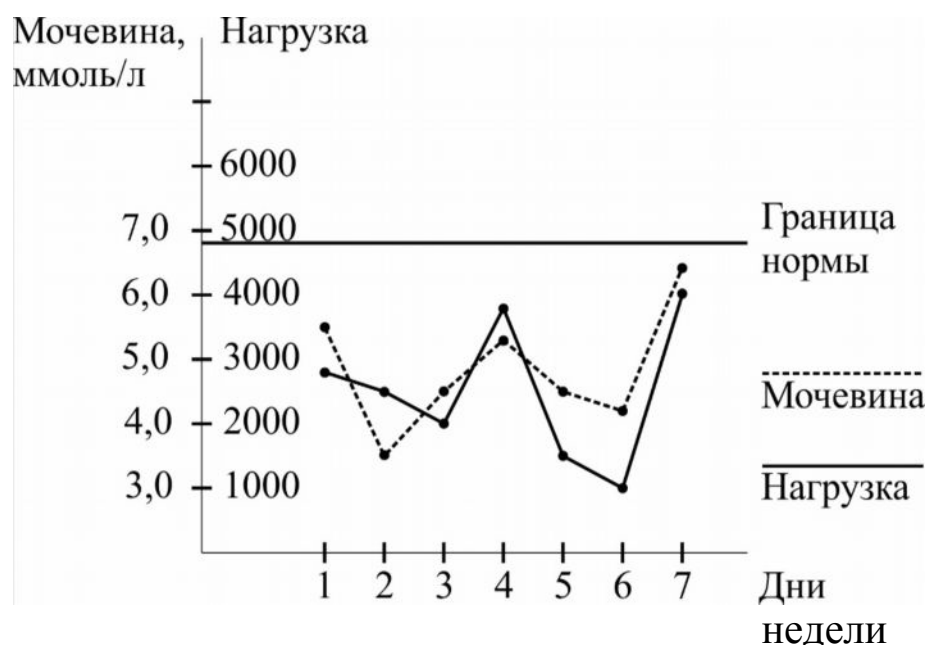


Рисунок 4 – Первый (I) тип реакции мочевины крови на нагрузку у менее тренированных спортсменов (прямая корреляция мочевины только при действии тренировочных нагрузок малой величины)

Тем не менее, при I типе реакции, как у высококвалифицированных, так и у менее тренированных спортсменов во время отдыха и ночного сна происходит своевременное переключение обменных процессов «фазы нагрузки» на анаболические процессы «фазы восстановления», которые заканчиваются к утру следующего дня, как было представлено ранее на рисунках 2, 3 и 4.

При втором типе реакции прямая взаимосвязь между уровнем мочевины и величиной нагрузок нарушается: при дальнейшем увеличении нагрузки наблюдается парадоксальное снижение уровня мочевины, иногда даже ниже исходного, как показано на рисунке 5 на шестой день микроцикла.

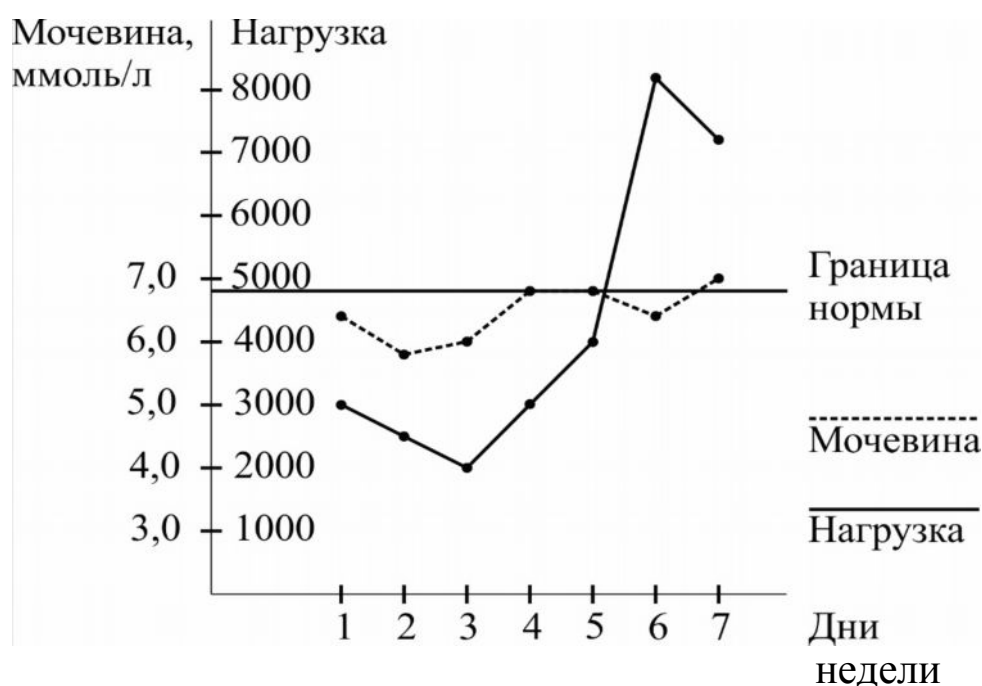


Рисунок 5 – Второй (II) тип реакции мочевины крови на тренировочную нагрузку, характеризующийся нарушением корреляции между динамикой мочевины и повышением величины тренировочных нагрузок

Парадоксальное снижение уровня мочевины в ответ на повышение нагрузки следует расценивать как незавершенность восстановительных процессов, когда создаются условия для торможения процессов образования мочевины в связи с активным использованием ее предшественников (аминокислот) в восполнении (синтезе) белка скелетной мускулатуры.

Если не принять меры, восстановление может иметь затяжной характер. Подобная реакция свидетельствует о неадекватности применяемых

нагрузок функциональным возможностям и неготовности спортсмена к выполнению повышенного их объема.

При снижении тренировочных нагрузок в случае выявления II типа реакции на завершение восстановительных процессов требуется около суток.

Этот вид реакции (при утреннем определении мочевины) встречается нечасто (в среднем в 10 % случаев). Спортсмены, как правило, отмечают трудность выполнения скоростных нагрузок при неплохом общем самочувствии.

При III типе реакции не наблюдается какой-либо зависимости между изменением величины нагрузок и мочевины. Уровень мочевины при этом виде реакции на протяжении двух или более дней, как правило, находится на уровне значительно выше средней стандартной нормы, выше 6,8 ммоль/л у девушек и 7,2 ммоль/л у юношей (рисунок 6).

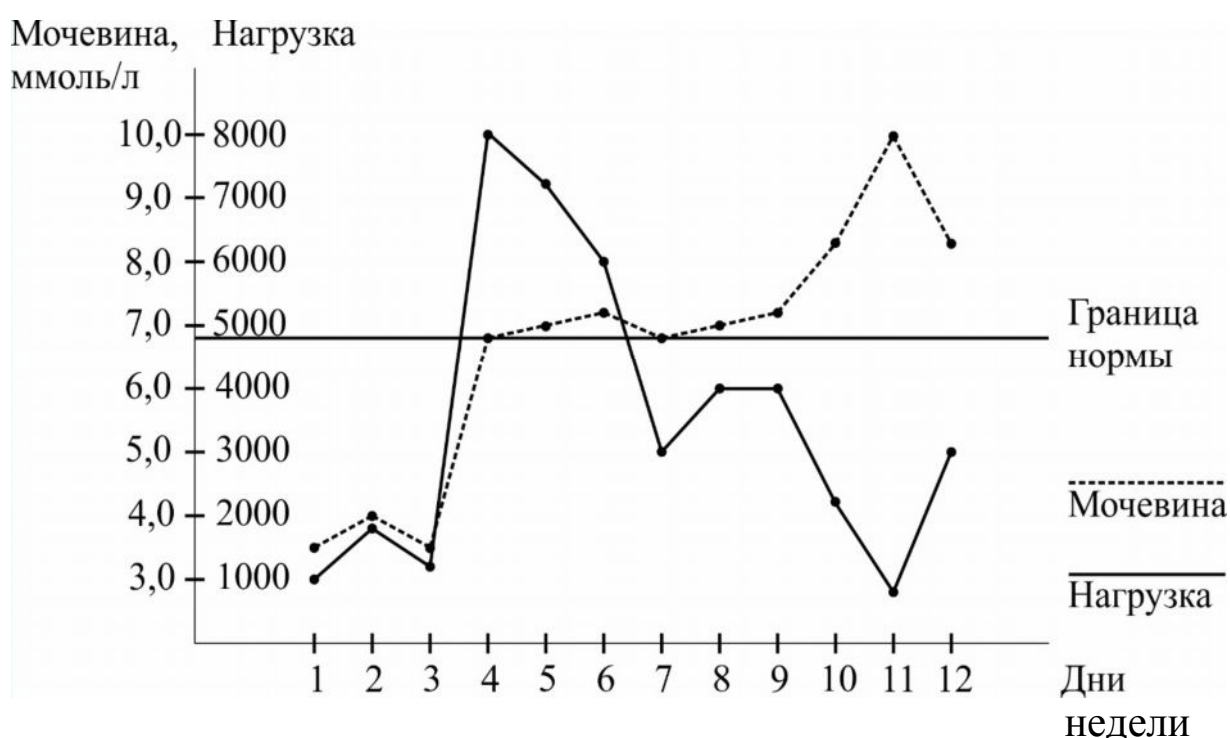


Рисунок 6 – Третий (III) тип реакции мочевины крови на тренировочную нагрузку, характеризующийся отсутствием корреляции между динамикой мочевины и величиной тренировочных нагрузок

Этот тип зависимости имеет место в случае высокоинтенсивных и длительных нагрузок стрессорного характера. После подобного «ударного» тренировочного воздействия высокий уровень мочевины имеет

тенденцию к дальнейшему повышению независимо от величины последующих нагрузок.

Подобный тип реакции организма на нагрузку наблюдается также и при относительно невысоких ее величинах у недостаточно хорошо подготовленных спортсменов.

При зависимости III типа преобладают реакции распада (катаболизма) белков на фоне снижения анаболических процессов, характерных для нормального протекания отставленного восстановления. Высокие значения мочевины свидетельствуют о том, что процессы, свойственные «фазе нагрузки», приобрели затяжной характер.

Таким образом, III тип реакции указывает на несоответствие используемых тренировочных нагрузок функциональным возможностям организма и требует более длительного периода восстановления, которое, по классификации Н.И. Волкова, следует отнести к «стресс-восстановлению» [17].

Важно отметить, что у одного и того же спортсмена в зависимости от конкретного сочетания тренировочных нагрузок и восстановительных мероприятий могут иметь место переходы от одного типа реакции к другому.

Например, дальнейшее увеличение нагрузки при типе II, как правило, вызывает тип III, а снижение нагрузки, напротив, I тип реакции.

Прогностическое значение величин содержания мочевины в утренних анализах возрастает при сопоставлении с данными мочевины, получаемыми накануне в вечерние часы непосредственно перед сном.

В этих условиях исследований для I вида реакции более типичным является снижение утренних значений мочевины по отношению к полученным накануне вечером. Напротив, для III типа реакции на нагрузку характерно увеличение утреннего содержания мочевины по сравнению с ее вечерним уровнем.

Использование результатов вечерних анализов особенно важно для ранней диагностики реакции III типа.

При выезде на УТС важным является установление индивидуальной нормы содержания мочевины в крови в условиях действия тренировочных нагрузок. Наиболее часто (в 60–65 % случаев) в качестве индивидуальной нормы встречается величина  $6,6 \pm 0,5$  ммоль/л (для женщин) и  $7,2 \pm 0,5$  ммоль/л (для мужчин), которую следует считать средним стандартным уровнем и приближенным ориентиром при первичном обследовании.

При этом в первый день УТС под воздействием тренировочных нагрузок возможны высокие уровни мочевины, неадекватные напряженности мышечной деятельности из-за отсутствия периода «втягивания» в процесс тренировки.

По истечении первых четырех дней следует проведение дальнейшей коррекции индивидуальной нормы. Особое внимание уделяется исследованию взаимосвязи объема и интенсивности тренировочных нагрузок с уровнем мочевины. Например, если на протяжении двух дней тренировочные нагрузки были постоянными или незначительно отличались друг от друга, а уровень мочевины на второй день возрос на 1,0 ммоль/л или более, то величина нагрузки в предыдущий день является индивидуальной нормой. Если на 6-й день произошло неадекватное повышение уровня мочевины (выше допустимой нормы 6,6 у женщин и 7,2 ммоль/л у мужчин), то величину тренировочных нагрузок 5-го дня следует рассматривать как индивидуальную норму.

Таким образом, основным критерием повышения тренированности спортсмена является постоянное уточнение индивидуально допустимых объемов тренировочных нагрузок. Момент нарушения прямой корреляции мочевины и нагрузок, соответствующий началу III типа реакции, требует уточнения индивидуальных границ нормы уровня мочевины в крови спортсмена.

Во все последующие дни тренировок этот принцип целесообразен для проверки и уточнения индивидуальной нормы показателей мочевины, так как «норм-реакция» – величина непостоянная.

При повышении выносливости и улучшении переносимости тренировочных нагрузок величина мочевины крови, установленная как норма, становится низкой, а при ухудшении спортивной формы при том же характере нагрузки становится, напротив, высокой.

Именно большая инерционность величины индивидуальной нормы и ее относительная стабильность на продолжительных этапах подготовки дают возможность использовать уровень мочевины крови в текущем контроле для оценки переносимости тренировочных нагрузок. В то же время динамика уровня мочевины имеет большое значение и для оценки функционального состояния спортсменов в этапном контроле. В этом плане имеет значение именно динамика норм-реакции. Согласно многим исследованиям, встречаются спортсмены с очень низкими исходными величинами норм-реакции, несоблюдение которых приводит не к росту спортивных достижений, а только к их ухудшению.

Уровень мочевины в первые дни учебно-тренировочного сбора (на 2, 3 и 4-й день), т. е. в период втягивающих, сравнительно мягких нагрузок, как правило, не превышает границы индивидуальной нормы, т. е. находится в пределах индивидуальной норм-реакции. Именно сочетание в эти дни невысоких тренировочных нагрузок с начальным периодом адаптации позволяет составить представление об индивидуальной норме спортсмена, даже впервые попавшего в число обследуемых.

Как следует из вышеизложенного, содержание мочевины в сыворотке крови спортсменов в условиях действия тренировочных нагрузок отражает степень активации процессов катаболизма белков, позволяет определить реакцию их организма на физические нагрузки, их адекватность функциональному состоянию и способность к восстановлению спортсменов после них и в целом состояние тренированности спортсмена.

Для реакции первого типа характерна прямая корреляция между динамикой содержания мочевины и нагрузок. При этом наибольшее содержание мочевины в крови, как правило, не превышает на протяжении двух дней подряд среднегрупповые нормативы. Прямая корреляция между содержанием мочевины и объемом нагрузок указывает на сбалансированность катаболических и анаболических процессов, а также свидетельствует о том, что нагрузки, используемые в тренировке, соответствуют диапазону функциональных возможностей спортсмена.

При втором типе реакций взаимосвязь динамики содержания мочевины и нагрузок нарушается и дальнейшее увеличение нагрузок приводит к уменьшению уровня мочевины, иногда даже ниже исходного уровня. Подобное снижение следует рассматривать как незавершенность восстановительных процессов. В этом случае отмечается трудность выполнения скоростных нагрузок при плохом общем самочувствии.

При третьем типе реакции не наблюдается какой-либо зависимости между изменением нагрузок и содержанием мочевины. Уровень мочевины на протяжении двух и более дней, как правило, выше средней стандартной нормы. Этот тип реакции отмечают в случаях высокоинтенсивных нагрузок стрессового характера. После такого «ударного» воздействия высокий уровень мочевины имеет тенденцию к дальнейшему повышению независимо от величины последующих нагрузок. Данный тип реакции указывает на несоответствие между функциональными возможностями организма и используемыми тренировочными нагрузками.



В отдельных случаях для оценки переносимости ежедневных тренировочных нагрузок целесообразно проводить определение уровня мочевины в крови утром и вечером (через час после вечерней тренировки или перед сном). Прирост уровня мочевины менее чем на 1,0 ммоль/л свидетельствует о низкой величине тренировочной нагрузки; до 2,5 ммоль/л – о средних нагрузках; выше 3,0 ммоль/л – о высоких нагрузках. Уровень мочевины в крови спортсменов в конце микроцикла, близкий к 7 ммоль/л (или несколько выше), является следствием накопления утомления в конце рабочей недели. Более низкие значения мочевины в конце микроцикла являются показателем недостаточной загруженности организма.

Изменения концентрации мочевины в крови зависят не только от характера выполненной физической нагрузки, но и от содержания белка в пищевом рационе и изменения диуреза. Нарушения выделительной функции почек приводят к резкому повышению содержания мочевины в крови. При содержании белков в пище свыше 74 г уровень мочевины в крови через 6 часов возрастает в среднем на 1,0–1,5 ммоль/л и только через 8–10 часов постепенно снижается, возвращаясь к норме. Если тренировка закончилась через 5–6 часов после приема пищи, содержащей большое количество белка, то увеличение содержания мочевины в крови может дать не вполне объективную картину состояния метаболизма, вызванного физической нагрузкой, если принимать во внимание только этот биохимический показатель.

Запредельное содержание мочевины в крови является критерием непереносимости, т. е. неготовности спортсмена к выполнению предложенных тренировочных нагрузок, что, в свою очередь, служит фактором необходимости снижения величины нагрузок или увеличения времени для отдыха, т. е. путем коррекции режима «работа-отдых».

В стойких случаях для ускорения восстановления мочевины в крови используется углеводное насыщение организма.

Таким образом, процесс образования мочевины является компенсаторным. Адаптивность мочевинообразования связана с:

- восполнением углеводов;
- усилением секреции глюкокортикоидов (кортизола), регуляторов белкового и углеводного обмена;
- выведением токсичного вещества расщепления белков – аммиака;
- увеличением запасов аминокислот как строительного материала.

По уровню мочевины в крови утром натощак можно оценить:

- адекватность общего объема и интенсивность тренировочных нагрузок функциональным возможностям спортсмена;
- их достаточность для роста адаптационного резерва, а следовательно, повышения работоспособности;
- способность спортсмена к восстановлению во время отдыха после тренировочных нагрузок, применяемых при подготовке спортсменов, а также к выполнению повышенного объема тренировочных нагрузок;

Важным является определение уровня мочевины после вечерней тренировки «ударного дня нагрузок» с последующим ее исследованием утром следующего дня натощак. Чем выше послерабочий (вечерний) уровень мочевины и меньше утренний (не менее чем на 30 %), тем выше резервные возможности организма.

Однако следует учитывать, что высокобелковая диета, пищевые добавки, содержащие большое количество белков и аминокислот, также увеличивают уровень мочевины в крови. Зависит уровень мочевины и от мышечной массы (вес), а также функции почек и печени. Поэтому необходимо установить индивидуальную норму уровня мочевины для каждого спортсмена.

## **2. ОЦЕНКА ПЕРЕНОСИМОСТИ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ КФК, АСТ И АЛТ**

К настоящему времени раскрыты общие закономерности и особенности изменения активности многих ферментов при выполнении физических нагрузок. Данные закономерности можно использовать для диагностики функционального состояния организма спортсменов молодежного состава на этапе углубленной специализации и высокой квалификации на всех этапах подготовки.

Активность ферментов в крови в состоянии покоя представляет собой разницу между скоростью их синтеза внутри клеток и скоростью их удаления из внеклеточной жидкости.

Гиперферментемии возникают в результате биохимических изменений, вызванных в клетках интенсивной или очень длительной работой мышц, следствием чего является изменение проницаемости клеточных мембран. Для гиперферментемий, вызванных физическими нагрузками, характерна кратковременность, быстрое возвращение к норме во время отдыха. Затяжные ферментемии свидетельствуют о чрезмерности величины тренировочных воздействий.

В спортивной практике для оценки тренировочного эффекта и функционального состояния организма спортсменов из большого арсенала методов биохимического контроля наиболее широкое распространение получило определение активности ферментов креатинфосфокиназы (КФК), аспартатаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ).

### **2.1. Особенности изменения активности фермента КФК**

Креатинфосфокиназа (КФК) – внутриклеточный фермент, содержится в скелетной мускулатуре, миокарде, гладких мышцах и головном мозге, катализирует реакцию образования креатинфосфата из креатина и АТФ и его расщепление, осуществляет перенос фосфорной группы с креатинфосфата на АДФ, что приводит к обеспечению потребности мышц в большом количестве энергии за короткие интервалы времени [1–4].

Анализ активности КФК выявил достоверно высокие ее значения в группе спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта. Повышение активности креатинфосфокиназы у спортсменов этой группы связано, по мнению спортивных ученых, с более высоким развитием мышечной массы и преобладанием креатинфосфокиназного пути ресинтеза АТФ в энергообеспечении тренировочных и соревновательных нагрузок у представителей данной группы. Величина КФК является показателем интенсивности тренировочного процесса подготовки спортсмена [1; 5–10].

Этот фермент играет важную роль в энергетическом обмене мышечной и нервной ткани. В норме активность КФК в сыворотке крови составляет 40–200 Ед/л. Активность креатинкиназы достигает пика через 24 часа после физической нагрузки, причем это увеличение выражено тем меньше, чем выше уровень тренированности спортсменов. Максимум ее активности при анаэробных нагрузках (дистанции до 400 м) зафиксирован через 5 минут после окончания мышечной деятельности. При кратковременных нагрузках максимальной интенсивности показатели активности креатинкиназы могут использоваться для оценки степени тренированности [1; 5; 7] или перетренированности [14–21].

После выполнения длительных физических нагрузок с высокой интенсивностью окислительных процессов (марафонский бег, бег на лыжах на 30 и 50 км, многодневные велосипедные гонки, соревнования по триатлону) у спортсменов в крови через 24–28 часов наблюдаются очень высокие величины активности креатинкиназы, значительно превышающие значения этого показателя после острого инфаркта миокарда. При этом высокая активность КФК в крови спортсменов сохраняется в течение 3–6 дней [5; 7].

Индукцированные физическими упражнениями мышечные микротравмы являются вероятными кандидатами для оценки ответа организма спортсмена на физические нагрузки. Многие спортсмены, у которых диагностировано состояние перетренированности, отмечают болезненность мышц. То есть последствиями микротравм, вызванными высокоинтенсивными физическими нагрузками, являются мышечные боли, болезненность и забитость мышц, снижение частоты движений в большей мере, чем вследствие накопления лактата после выполнения нагрузок гликолитической направленности. Наблюдаемая экскреция КФК в течение упражнения и снижение вследствие этого максимальной динамической силы может наблюдаться в течение 5–7 дней [22; 23].

При высоких физических нагрузках у спортсменов отмечается повышение концентрации некоторых специфических белков и ферментов в сыворотке крови (КФК, АСТ, ЛДГ и др.). Однако высокотренированные спортсмены, которые выполняют непрерывные мышечные действия, не всегда показывают высокие уровни активности КФК в сыворотке крови, несмотря на то, что они испытывают болезненность мышц в результате поломки и воспаления соединительных структур в мышцах [24].

Другой нежелательный эффект микротравм в мышечной ткани, возникших под действием физических нагрузок, состоит в том, что они отрицательным образом влияют на скорость процессов восстановления мышечного гликогена [25]. Поэтому определение активности КФК в сыворотке крови при высокоинтенсивных физических нагрузках имеет большое диагностическое значение для выявления новых мышечных микротравм или растяжений мышц, но не является маркером приближающейся перетренировки.

Повреждение мышечной ткани в результате тренировочных нагрузок различной направленности может быть вызвано как метаболическими, так и механическими причинами. Уровни сывороточных ферментов из скелетных мышц являются информативными маркерами функционального состояния мышечной ткани. Чтобы обеспечить наиболее информативную оценку мышечного стресса рекомендуется использовать несколько маркеров [26].

Активность общей креатинфосфокиназы зависит от возраста, гендерной принадлежности, расы, мышечной массы, физической нагрузки и климатических условий [27]. По данным литературы высокие уровни КФК наблюдаются после марафонского и полумарафонского бега, силовых упражнений и бега вниз с горы [28]. Высокие значения активности КФК у спортсменов на фоне отдыха дают основание для полного диагностического обследования состояния мышц для выявления скрытых мышечных проблем и субклинических заболеваний мышц, вызванных тренировочными нагрузками на фоне пролонгированного утомления [29]. Это также является основанием для снижения интенсивности тренировочных нагрузок с целью обеспечения адекватного восстановления мышц.

Уровень сывороточной КФК может быть использован в качестве надежного индикатора интенсивности тренировочного и диагностического маркера перетренированности. Тем не менее, некоторые моменты усложняют использование КФК в данном качестве. Существует боль-

шая межиндивидуальная вариация в активности сывороточной КФК, что затрудняет разработку надежных референтных значений для спортсменов. Кроме того, на активность фермента оказывают влияние такие факторы, как уровень подготовки спортсмена, пол, группы мышц, участвующих в выполнении упражнения, а также объем нагрузок силового характера [15; 16; 18–21; 29; 30].

Данная проблема по-прежнему является предметом научных исследований. Практическая ценность такой работы заключается в том, что, используя динамику КФК под влиянием физических нагрузок, можно подобрать упражнения различного характера и интенсивности, не вызывающие негативных процессов в мышечной ткани [26–47].

В исследовании динамики КФК после силовых упражнений с отягощениями [31] показано, что 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 [29; 31; 32].

Представляет интерес влияние гендерной принадлежности и компонентного состава тела на активность КФК. В исследованиях на животных выявлено, что самки менее подвержены повреждениям мышц, чем самцы. Возможно, это обусловлено антиоксидантными свойствами эстрогенов, которые помогают поддерживать проницаемость клеточной мембраны после физических нагрузок [33]. Вместе с тем исследования на людях дают противоречивые результаты, иногда противоположные [34]. Среди женщин достоверно более низкая активность КФК отмечена у представительниц академической гребли по сравнению с биатлоном, греблей на байдарках и каноэ, лыжными гонками и велоспортом ( $P < 0,05$ ). Сравнительный анализ активности КФК в гендерном аспекте выявил достоверное превышение активности энзима у представителей мужского пола по сравнению с женщинами для всех исследуемых циклических дисциплин ( $P < 0,05$ ) [34].

Результаты научных экспериментов подразумевает две основные причины повреждения мышц, индуцированные физической нагрузкой: механическое напряжение [35] и метаболический стресс, обусловленный образованием свободных радикалов и кальциевой перегрузки во время упражнений [36; 37]. Логично предположить, что существует положительная взаимосвязь между объемом силовой нагрузки и активностью КФК. Ряд авторов придерживается мнения о наличии такой зависимости [31; 37; 38]. Вместе с тем в работах Nosaka и Clarkson показано

отсутствие прямой зависимости и наличие более сложной взаимосвязи между объемом силовой работы и активностью КФК [39]. Уменьшение интервалов отдыха между сериями силовых упражнений согласно одним данным способствует росту активности КФК [40; 41], а согласно другим такая зависимость не прослеживается [31; 42].

Ряд исследователей продемонстрировали в большей степени возрастание активности КФК после упражнений, вовлекающих мышцы верхней части тела, по сравнению с упражнениями для нижних конечностей [43–46]. Природа данного явления может быть объяснена тем, что нижние конечности в большей степени задействованы в повседневной жизни и менее подвержены изменениям по сравнению с верхними [44].

Научные данные подтверждают влияние приема аминокислот с разветвленной цепью на компенсацию увеличения активности КФК под воздействием физических нагрузок [47–49]. Снижению риска подъема активности КФК после физических нагрузок способствуют кратковременные охлаждающие процедуры с применением холодной воды [50], контрастных процедур [51], а также криотерапия [52]. По мнению Brancaccio с соавт. [53], результаты исследования динамики КФК в сыворотке крови могут быть использованы для количественного и качественного подбора физических упражнений с целью недопущения прогрессирования миопатий.

Высокоинтенсивные физические нагрузки могут привести к увеличению проницаемости клеточных мембран и повреждению мышечных волокон, что сопровождается увеличением активности фермента КФК, являющегося ключевым ферментом в энергетическом метаболизме скелетных мышц. Повышенный уровень КФК ассоциируется с интенсивностью и продолжительностью тренировочных нагрузок [54; 55].

Основной проблемой использования КФК в качестве маркера перетренировки является высокая индивидуальная вариативность этого показателя [56–59]. Вместе с тем авторы ряда исследований предлагают в качестве ориентиров нормальных значений КФК использовать интервал 100–250 Ед/л и учитывать ее индивидуальную вариацию [57].

Таким образом, повышение активности КФК может быть вызвано рядом факторов, но чаще всего повышенной активацией алактатного механизма энергообеспечения или разрывом мышечных волокон при выполнении чрезмерно высоких по длительности и интенсивности тренировочных нагрузок. Запасы гликогена исчерпываются после длительных упражнений высокой интенсивности. Поврежденные мышцы обладают сниженной возможностью поглощать переносимую с кровью глюкозу, которая необходима для ресинтеза гликогена в мышцах. В резуль-

тате этого может возникать снижение переносимости работы на выносливость в последующих сериях физических упражнений.

Физическая нагрузка различной интенсивности обуславливает биохимические изменения не только в мышцах, но и в крови и внутренних органах. Сущность регуляции обмена веществ заключается в воздействии на скорость биохимических реакций, протекающих в клетках. Поскольку все реакции обмена веществ осуществляются ферментами, регуляция метаболизма сводится в конечном итоге к регуляции активности ферментов. Можно считать, что функциональные перестройки при продолжительной напряженной физической работе связаны с количественным и качественным изменением активности ферментов.

По этой причине изучение активности ферментов у спортсменов разных специализаций в спортивной практике имеет особую актуальность. Анализ этих данных позволяет сделать вывод о характере, направленности и глубине адаптационных изменений в организме спортсменов, характерных для каждого вида спорта, определить активность метаболических процессов при выполнении специфических мышечных нагрузок.

Активность ферментов в значительной степени зависит от структуры внутриклеточных мембран и их проницаемости. Концентрация вещества в клетке также регулирует направленность биохимических процессов. Особенности изменения активности фермента КФК безусловно детерминированы генетически, но эффективность ее реализации в значительной мере зависит от тренированности организма, с увеличением которой увеличивается мощность окислительного ресинтеза АТФ в мышцах за счет чего повышаются энергетические возможности организма спортсменов.

## **2.2. Особенности изменения активности ферментов аспаратаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ)**

АСТ (аспаратаминотрансфераза) и АЛТ (аланинаминотрансфераза) – внутриклеточные ферменты, содержащиеся в печени, скелетных мышцах, сердечной мышце и почках. Увеличение активности ферментов АЛТ и АСТ в плазме крови указывает на повреждение этих клеток.

АСТ и АЛТ участвуют в аминокислотном обмене. АСТ катализирует обратимый перенос аминогрупп с L-аспарагиновой кислоты на ке-



тоглутаровую кислоту, а АЛТ катализирует обратимый перенос аминокетогруппы с L-аланина на кетоглутаровую кислоту. Они располагаются лишь в клетках тканей органов и в кровь попадают исключительно в случаях, когда происходит распад клетки при травматических повреждениях или патологиях [5; 7; 61].

В норме содержание данных показателей в крови составляет: АЛТ 3–26 Ед/л, а АСТ – 6–25 Ед/л. Наибольшая активность АСТ выявлена в сердце, печени, мышцах и почках, а АЛТ – в основном в печени и лишь в небольших количествах в других органах. Референтные их значения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Референтные значения АЛТ и АСТ:

Пол	Норма	
	АЛТ (АлАТ)	АСТ (АСаТ)
Мужчины	до 40±5 Ед/л	до 38±3 Ед/л
Женщины	до 37±3 Ед/л	до 36±4 Ед/л

При патологии сердечной и скелетных мышц в большей степени повышается АСТ, при острых гепатитах в большей степени повышается АЛТ. В связи с этим АСТ считают маркером разрушения миокарда, а АЛТ – маркером острых болезней печени и билиарного тракта. При стенокардии показатели АСТ и АЛТ находятся в норме.

У детей в младенческом возрасте уровень АЛТ и АСТ в крови может превышать норму, но это не является патологией.

В спортивной практике повышенная активность АСТ и АЛТ позволяет выявить ранние изменения в метаболизме печени, сердца, мышц, оценить переносимость физических нагрузок, прием препаратов. Физические нагрузки умеренной интенсивности, как правило, не сопровождаются повышением АСТ и АЛТ. Интенсивные и длительные физические нагрузки могут вызвать повышение АСТ и АЛТ в 1,5–2 раза. У более тренированных спортсменов эти показатели возвращаются к норме через 24 часа, а у менее тренированных значительно дольше. Анализ динамики активности данных ферментов позволяет сделать вывод о характере, направленности и глубине адаптационных изменений в различных органах и тканях, а также оценить активность метаболических процессов при выполнении специфических тренировочных нагрузок [7; 10].

Факт повышения активности АЛТ в крови можно расценивать двойственно: во-первых, это формальный признак поражения печени;

во-вторых, с метаболической точки зрения это признак активации глюкоаланинового шунта. Его активация служит для компенсации возможной гипогликемии.

В целом повышение активности АСТ в 4–5 раз и АЛТ в 2–5 раз в крови расценивается как проявление патологии. Но у спортсменов максимальное повышение активности данных ферментов может составлять 63–65 %, что позволяет полагать о том, что повышение активности АЛТ и АСТ в крови может быть отражением повышения функции печени и сердца при физической активности. Высокие показатели подтверждают присутствие гепатоцеллюлярного разрушения, повреждения мышц и гипертириоза.

Наиболее резкие изменения в активности этих ферментов выявляются после длительных напряженных соревновательных нагрузок (марафонский бег, ходьба 50 км, лыжные гонки 50 км, велосипедные многодневные гонки), когда активность АСТ может возрасти до 10 и более раз по отношению к состоянию покоя, а процесс восстановления до исходных величин растягивается на несколько дней [2; 26; 27; 69; 70].

Определение активности этих ферментов в крови спортсменов может служить одним из показателей степени утомления и скорости восстановления физической работоспособности организма в период отдыха после тренировок и соревнований [11].

Для ферментной диагностики важное значение имеет совместное определение активности аминотрансфераз в крови, что позволяет получить представление о соотношении активности АСТ и АЛТ. При обследовании спортсменов в состоянии покоя повышенная активность АСТ и АЛТ позволяет выявлять ранние изменения в метаболизме печени. С другой стороны, эти биохимические показатели могут быть использованы для оценки переносимости физических нагрузок и последующего восстановительного периода. Физические нагрузки умеренной интенсивности, как правило, не сопровождаются повышением активности аминотрансфераз в крови.

Сравнительный анализ активности аминотрансфераз в гендерном аспекте выявил достоверное превышение активности АСТ у представителей мужского пола по сравнению с женщинами в велоспорте, гребле на байдарках и каноэ и плавании ( $P < 0,05$ ). Активность АЛТ была достоверно выше у представителей мужского пола в биатлоне, гребле на байдарках и каноэ и плавании ( $P < 0,05$ ).

Таким образом, выявлению метаболических нарушений при перетренированности способствует определение активности ферментов в

сыворотке крови: креатинфосфокиназы (КФК), аспартатаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ) и рассчитывается ряд индексов, характеризующих уровень эндогенной интоксикации организма в условиях чрезвычайно высокой напряженности тренировочной деятельности. На основе количественной оценки ферментов КФК и АСТ определяется коэффициент КФК/АСТ, вычисляемый как отношение между собой абсолютных величин этих показателей.

В практике спорта используются не только отдельные показатели активности ферментов, но и соотношение их уровней:

**Индекс повреждения мышечной ткани (КФК/АСТ).** Коэффициент КФК/АСТ, вычисленный как отношение абсолютных величин КФК и АСТ, может быть использован в дифференциальной диагностике поражения мышечной ткани (в том числе и сердечной мышцы). При повышенной активности ферментов, если их соотношение ниже 9 (от 2 до 9), то их повышение, скорее всего, связано с повреждением кардиомиоцитов. Если соотношение выше 13 (13–56), то это связано с повреждением скелетной мускулатуры. Значения от 9 до 13 являются промежуточными [65–68].

**Коэффициент де Ритиса, известный как отношение АСТ/АЛТ.** Значение коэффициента соотношения активности сывороточных АСТ (аспартатаминотрансфераза) и АЛТ (аланинаминотрансфераза) в норме составляет  $1,33 \pm 0,42$  или в пределах 0,91–1,75, что обычно характерно для здоровых людей.

В клинической практике определение соотношения активности в крови данных ферментов имеет диагностическое значение по той причине, что данные ферменты обладают органоспецифичностью, а именно: АЛТ преобладает в печени, а АСТ — в миокарде. Следовательно, при инфаркте миокарда или гепатите обнаруживается повышенная активность в крови какого-либо данного фермента.

Так, при инфаркте миокарда активность АСТ в крови возрастает в 8–10 раз, тогда как АЛТ — только в 1,5–2 раза.

При гепатитах активность АЛТ в сыворотке крови возрастает в 2–20 раз, а АСТ — в 2–4 раза. Норма для АСТ до 40 Ед/л, для АЛТ до 30 Ед/л.

Повышение АСТ при одновременном росте отношения АСТ/АЛТ (коэффициент де Ритиса больше 2,0) свидетельствует о поражении сердца и с уверенностью позволяет говорить об инфаркте миокарда или ином процессе, связанном с разрушением кардиомиоцитов.

Коэффициент де Ритиса меньше 1 позволяет предполагать поражение печени. Высокие уровни ферментемий при всех видах вирусного гепатита за исключением дельта-гепатита характеризуются низким коэффициентом де Ритиса и прогностически являются неблагоприятным признаком течения болезни.

**Примечание.** Однако расчет коэффициента де Ритиса целесообразен только при выходе АСТ и/или АЛТ за пределы референтных значений.

### **3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У СПОРТСМЕНОВ НА ПРИМЕРЕ БИАТЛОНА**

Исследование динамики клинико-лабораторных показателей проведено на общем этапе подготовительного периода (ОПП). В исследованиях приняли участие 16 представителей спортивного резерва и национальной команды по биатлону (9 юношей и 7 девушек в возрасте 20–31 лет).

Целью исследований являлась оценка переносимости тренировочных нагрузок у биатлонистов по изменению клинико-лабораторных показателей в ходе общего подготовительного периода (ОПП) летне-осенней подготовки.

Обследование спортсменов проводилось еженедельно утром натощак в начале каждого микроцикла в течение трех мезоциклов общего подготовительного периода (июль, август и сентябрь 2017 года), отличающихся преобладанием тренировочных нагрузок различной направленности.

В таблице 2 представлено распределение объема общей циклической нагрузки у юношей и девушек в биатлоне в период ОПП в абсолютных (час) и относительных (%) единицах. В качестве критерия соответствия тренировочных нагрузок зонам интенсивности процессов энергообеспечения использовалось содержание лактата, которое определялось несколько раз в ходе выполнения тестовых заданий в каждом мезоцикле.

Рассмотрение среднегрупповых данных позволило выявить некоторые различия у юношей и девушек в планировании тренировочных нагрузок по объему и их направленности в отдельных мезоциклах общего подготовительного периода. Видно, что наибольший общий объем тренировочных нагрузок юношами выполнен в первом мезоцикле (июль), составив  $64,6 \pm 6,44$  часов, с постепенным его уменьшением во втором (август) до  $60,30 \pm 2,92$  и в третьем (сентябрь) – до  $51,80 \pm 8,15$  часа [61].

Наибольший относительный объем работы умеренной мощности (1-я зона) юношами выполнен во II мезоцикле, составляя соответствен-

но 60,69 % по сравнению с I (59,13 %) и III (57,45 %) от общего объема работы за весь ОПП.

Таблица 2 – Динамика общего и парциального объема тренировочных нагрузок различной направленности у биатлонистов в общем подготовительном периоде летне-осенней подготовки ( $X \pm \sigma$ )

Показатели	I мезоцикл		II мезоцикл		III мезоцикл	
	Июль		Август		Сентябрь	
	В часах	%	В часах	%	В часах	%
Юноши						
ООЦН	64,60±6,44	100,0	60,30±2,92	100,0	51,80±8,15	100,0
1-я зона	38,20±4,87	59,13	36,60±4,36	60,69	29,30±8,57	57,45
2-я зона	22,60±5,96	34,98	18,80±5,14	31,17	17,30±6,78	33,92
3-я зона	2,67±1,73	4,13	3,33±1,32	5,52	2,44±1,74	4,78
4-5-я зоны	1,13±0,02	1,76	1,57±0,03	2,62	1,96±0,05	3,85
Девушки						
ООЦН	63,90±4,45	100,0	59,00±7,21	100,0	57,6±5,88	100,0
1-я зона	33,60±5,62	52,58	36,70±6,21	62,20	36,1±7,01	62,67
2-я зона	22,40±4,89	35,05	15,10±10,33	25,59	15,7±8,86	27,26
3-я зона	5,14±1,95	8,04	3,57±1,92	6,05	3,71±1,38	6,44
4-5-я зоны	2,76±0,08	4,32	3,63 ±1,77	6,15	2,09±2,00	3,63
Примечание:						
ООЦН – общий объем циклической нагрузки,						
1-я зона – в аэробной зоне на уровне аэробного порога (АП),						
2-я зона – аэробной зоне на уровне анаэробного порога (АнП),						
3-я зона – в смешанной аэробно-анаэробной зоне,						
4-5-я зоны – преимущественно в гликолитической зоне						

На уровне АнП (2-я зона) больший объем работы выполнен в I мезоцикле (34,98 %) по сравнению со II и III (31,17 и 33,92 %), в смешанной аэробно-анаэробной зоне – во II мезоцикле (5,52%) по сравнению с I и II (4,13 и 4,78 % соответственно). Больший объем скоростной работы юношами выполнен в III мезоцикле (3,85 %) по сравнению со II и I (2,62 % и 1,76 %).

У девушек также значительное внимание уделялось развитию аэробной и анаэробной выносливости. При этом наибольший объем циклической нагрузки (1-я зона) наблюдался в августе (62,67 %) по сравнению с июлем (52,58 %) и августом (62,20 %).

Относительно больший объем работы на уровне АнП и в смешанной аэробно-анаэробной зоне (в процентном отношении к объему рабо-

ты, запланированному в каждом мезоцикле) девушками выполнен в I мезоцикле подготовки (соответственно 35,05 и 8,04 %), а чисто гликолитической (скоростного характера) – во II мезоцикле (6,15 %) по сравнению с первым и третьим (4,32 и 3,63 %). То есть девушки отличались большим объемом работы на уровне АнП, направленной на развитие мощности аэробных процессов, как основы аэробной выносливости в I мезоцикле, а на уровне АП, на развитие аэробной емкости – в сентябре.

Следовательно, общим для юношей и девушек являлось снижение общего объема работы от мезоцикла к мезоциклу ОПП. Но существенно различалось распределение тренировочных нагрузок различной направленности в мезоциклах, в частности, объемов работы аэробной восстановительной (зона 1), а также на уровне АнП (зона 2) и особенно преимущественно в гликолитической (зоны 4–5):

1) юношами больший относительный объем работы мягкого характера (1-я зона) выполнен в июле–августе, а девушками – в августе и сентябре;

2) у девушек в отличие от юношей, в каждом мезоцикле больше внимания уделялось работе смешанного аэробно-анаэробного характера (3-я зона) и преимущественно анаэробной (скоростной) направленности, соответствующей 4-й и 5-й зонам мощности.

Выполнение тренировочных нагрузок различной направленности на этапах ОПП сопровождалось активацией белково-азотистого обмена и активности ферментов (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика клинико-лабораторных показателей у биатлонистов под влиянием тренировочных нагрузок на общем подготовительном этапе подготовки

Лабораторные показатели	Статистические показатели	I мезоцикл	II мезоцикл	III мезоцикл
		Июль	Август	Сентябрь
Юноши, n=9				
Мочевина, ммоль/л	X±σ	5,48±0,85	5,78±0,95	5,99±1,15
	мин-макс	2,93–6,97	4,30–8,30	3,20–8,10
КФК, Ед/л	X±σ	427,60±299,70* <sup>3</sup>	363,60±181,40	283,90±183,20* <sup>1</sup>
	мин-макс	95,00–1260,00	158,00–825,00	88,00–953,00
АСТ, Ед/л	X±σ	40,30±10,20* <sup>3</sup>	38,70±8,50* <sup>3</sup>	34,60±6,70* <sup>1,2</sup>
	мин-макс	27,30–66,00	22,00–70,00	20,00–52,00
Девушки, n=7				
Мочевина, ммоль/л	X±σ	4,54±0,83* <sup>3</sup>	4,66±0,98* <sup>3</sup>	5,38±1,29* <sup>1,2</sup>
	мин-макс	3,00–6,35	2,00–7,00	2,90–8,70
КФК, Ед/л	X±σ	216,10±80,60	278,10±165,50* <sup>3</sup>	189,0±98,1* <sup>2</sup>

	мин-макс	107,00–451,00	113,00–668,00	51,00–56,80
АСТ, Ед/л	$X \pm \sigma$	$28,00 \pm 7,81^{*2}$	$36,00 \pm 7,77^{*1}$	$31,00 \pm 6,09^{*2}$
	мин-макс	21,00–56,80	23,00–51,00	15,00–42,00

В целом на общем этапе подготовки динамика клинико-лабораторных показателей различалась, с одной стороны, направленностью, а с другой – величиной изменений.

Так, по мере увеличения общего объема тренировочных нагрузок наблюдалась тенденция к повышению среднегрупповых показателей мочевины (рисунок 1).

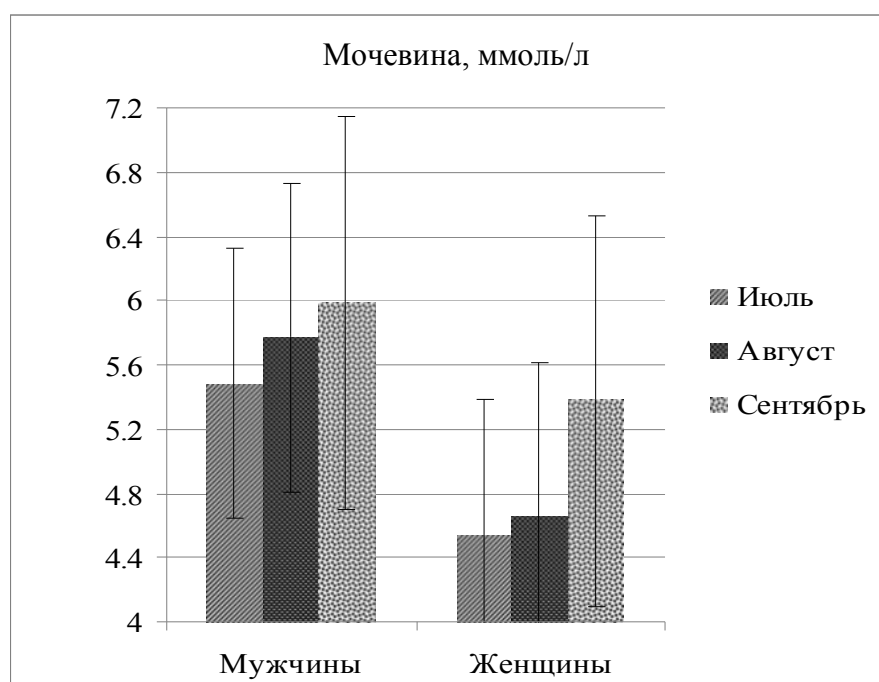


Рисунок 7 – Динамика уровня утренней мочевины в крови у юношей и девушек в ходе еженедельного обследования на протяжении трех циклов общего подготовительного периода

При этом изменение показателя от мезоцикла к мезоциклу у юношей в пределах допустимых границ нормы: от  $5,48 \pm 0,85$  в июле до  $5,78 \pm 0,95$  в августе и до  $5,99 \pm 1,15$  ммоль/л ( $P > 0,05$ ), а у девушек от  $4,54 \pm 0,83$  в июле до  $4,66 \pm 0,98$  в августе и  $5,38 \pm 1,29$  ммоль/л в сентябре ( $P > 0,05$ ). Более выраженное повышение уровня мочевины в сентябре обусловлено, с одной стороны, выполнением большего объема длительной работы аэробной направленности по сравнению с июлем, а с другой – проявлением общего тренировочного эффекта.

При этом повышение показателей мочевины в пределах допустимых границ нормы указывало на адекватность предъявляемых нагрузок



функциональным возможностям организма юношей в биатлоне и адаптации организма по I типу (прямой зависимости уровня мочевины от нагрузки).

Вместе с тем индивидуальные данные отличаются величиной и направленностью изменения показателей мочевины, что обусловлено неоднозначным воздействием тренировочных нагрузок на состояние обменных процессов в зависимости от общей физической подготовленности каждого отдельного спортсмена.

Так, выполнение планового объема тренировочных нагрузок в первом мезоцикле (июль) у отдельных спортсменов сопровождалось предельным повышением уровня мочевины до 6,97 и 6,35 ммоль/л у юношей и девушек. Дальнейшее повышение объема тренировочной работы во II и III мезоциклах приводило к запредельному повышению мочевины (у юношей до 8,30 и 8,10 ммоль/л, а у девушек – до 7,00 и 8,70 ммоль/л). То есть, у ряда спортсменов хотя и наблюдалась прямая зависимость между уровнем мочевины и величиной нагрузки, но соответствовала она I типу реакции, характерному для слабо тренированных лиц (максимальный ответ на умеренную нагрузку).

У отдельных спортсменов умеренное повышение общего и парциального объема тренировочных нагрузок сопровождалось, наоборот, запредельным снижением мочевины (у юношей до 2,93 в I и до 3,20 ммоль/л – в III мезоциклах, а у девушек до 3,00; 2,0 и 2,9 ммоль/л в I, II и III мезоциклах). Подобная реакция на нагрузку указывала на то, что адаптация к тренировочным нагрузкам у отдельных представителей биатлона проходила по III типу, характеризующемуся нарушением зависимости между уровнем мочевины и величиной нагрузки в связи с недостаточной подготовленностью и выполнением неадекватных по величине тренировочных нагрузок, сопровождающихся истощением резервных возможностей организма.

Повышение утреннего содержания мочевины в крови выше 5,5 ммоль/л указывает на преобладание процессов катаболизма белков (в среднем по группе по величине близкое к предельно допустимому, а у отдельных лиц – запредельному) как показатель общей загруженности или перегруженности организма представителей спортивного резерва в биатлоне.

В целом динамика утреннего уровня мочевины отражает общую переносимость предъявляемых тренировочных нагрузок, их адекватность и достаточность для роста адаптационного резерва. В случаях 1–2-разового превышения показателей мочевины допустимых границ ре-

комендуется более тщательный контроль режима «работа–отдых», а в тяжелых случаях – назначение фармакологических препаратов, стимулирующих окислительно-восстановительные реакции (например, витаминно-минеральные комплексы – по усмотрению врача команды) или уменьшение общего объема тренировочных нагрузок с целью оптимизации тренировочного процесса и функционального состояния организма спортсменов [13; 61].

Нормализации функционального состояния спортсменов в случае чрезмерного повышения мочевины в крови может способствовать снижение общего объема тренировочных нагрузок, а также насыщение организма углеводами, а в случае резкого ее снижения – применение белково-пептидных добавок.

В ходе общего подготовительного периода летне-осенней подготовки отмечалось неоднозначное изменение активности фермента КФК у юношей и девушек (рисунок 8).

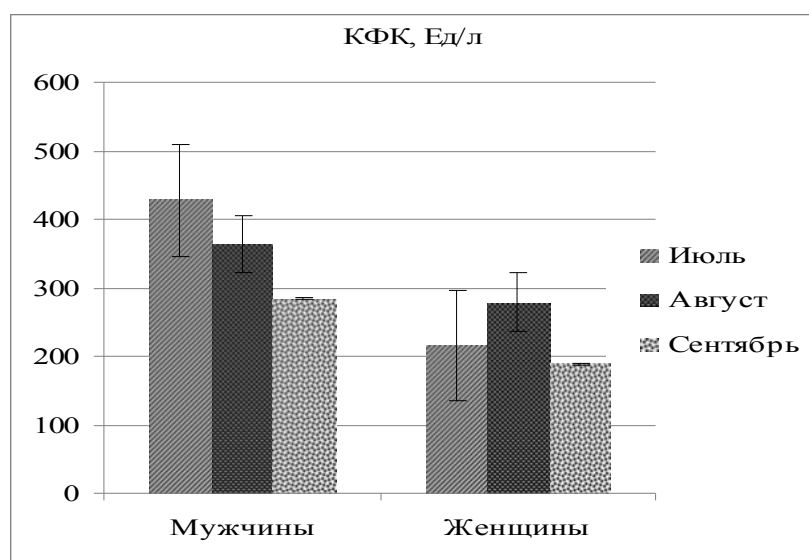


Рисунок 8 – Динамика креатинфосфокиназы (КФК) у биатлонистов в ходе еженедельного обследования на протяжении трех мезоциклов общего подготовительного периода

У юношей отмечалось систематическое достоверное снижение активности фермента КФК: от  $427,60 \pm 299,70$  (июль) до  $283,90 \pm 183,20$  Ед/л (сентябрь,  $P < 0,05$ ).

У девушек, в отличие от юношей, в августе отмечено значительное повышение активности КФК до  $278,10 \pm 165,50$  Ед/л ( $P > 0,05$ ) по сравнению с имевшим место в июле ( $216,10 \pm 80,60$  Ед/л). Данное резкое повышение активности фермента КФК у девушек в августе, очевидно, яви-

лось результатом выполнения повышенного объема скоростной работы (примерно в 1,5 раза больше, чем в июле). Лишь с уменьшением объема скоростной работы в сентябре почти вдвое отмечено достоверное снижение активности КФК до  $189,0 \pm 98,10$  Ед/л ( $P < 0,05$ ).

В то же время индивидуальные показатели КФК, как следует из таблицы 3, по величине и направленности значительно отличались от среднегрупповых данных. Например, у отдельных юношей при выполнении объемных нагрузок умеренной интенсивности показатели активности фермента КФК в первом мезоцикле повышались до 1260 Ед/л, во втором – до 825,00 и в третьем – до 953,00 Ед/л, а также у девушек соответственно до 451,0 и 668,9 Ед/л в июле и августе.

Изменение активности фермента КФК под влиянием тренировочных нагрузок отражает мощность и силу тренировочного воздействия, степень задействованности быстросокращающихся мышечных волокон для проявления скоростных способностей и характеризуется значительной индивидуальной вариативностью в зависимости от общей и специальной подготовленности спортсменов [60; 61].

Как правило, скорость выхода фермента КФК в кровь, обусловленная повышением проницаемости клеточных мембран, индивидуальна и максимальные значения могут быть достигнуты значительно позже времени завершения нагрузки. Поэтому для определения тренировочного воздействия определение активности КФК проводится не только после тренировки, но и повторно, не менее чем через 10–12 часов отдыха.

Повышение активности фермента КФК за пределы допустимой нормы (200 Ед/л) указывает на предельное или запредельно высокое локальное утомление нервно-мышечного аппарата. В таких случаях для предупреждения утомления мышц, ускорения восстановительных процессов в мышцах рекомендуется контроль качества разминки, массаж на работающие группы мышц, посещение сауны или бани, применение разогревающих мазей и фармакологических препаратов сосудорасширяющего действия, а также стимулирующих окислительно-восстановительные реакции в организме.

В ходе исследований выявлялось также достоверное снижение активности фермента АСТ у юношей от  $40,30 \pm 10,20$  (июль) до  $38,7 \pm 8,50$  Ед/л (август,  $P < 0,05$ ) и до  $34,6 \pm 6,7$  Ед/л (сентябрь,  $P < 0,05$ ). У девушек, в отличие от юношей, во II мезоцикле отмечалось повышение активности АСТ (рисунок 9).

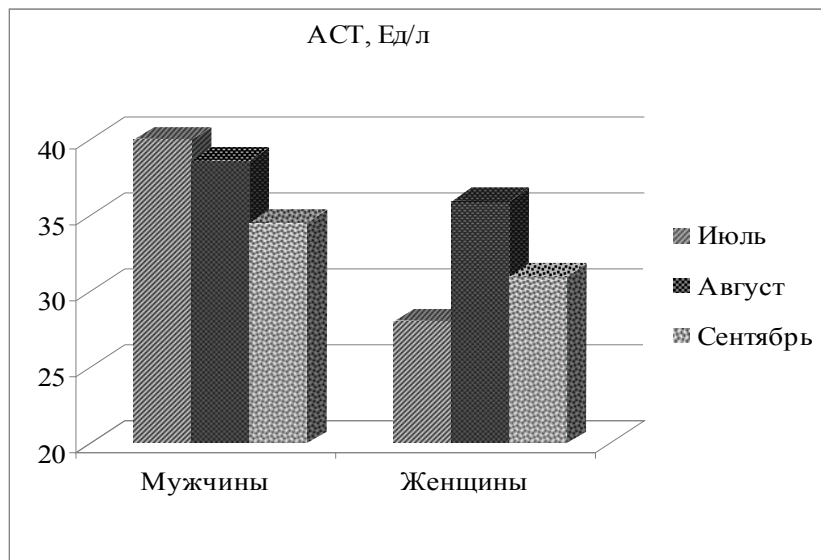


Рисунок 9 – Динамика активности фермента аспартатаминотрансферазы (АСТ) у юношей и девушек в биатлоне на протяжении общего периода летне-осенней подготовки

При этом индивидуальные данные, как следует из таблицы 1, в ряде случаев возрастали до 56,80; 51,00 и 42,00 Ед/л, т. е. в 1,5–2,0 раза превышали среднегрупповые. Подобные показатели АСТ позволяют судить о чрезмерном напряжении метаболизма в сердечной мышце и мышечной системе при выполнении тренировочной программы в данных циклах подготовки.

Однако у ряда спортсменов изучаемые показатели находились на уровне среднего или ниже среднего предела нормы, что могло быть обусловлено или недостаточной активацией, или, наоборот, угнетением ферментативной активности (таблица 3).

Очевидно, что цикл подготовки, который проходил в июле, характеризовался наибольшим воздействием на ферментативную активность (на работающие мышцы), а весь общий период подготовки на активацию обменных процессов, как критерий тренировочного эффекта.

На основании вышеизложенного можно полагать, что выполнение тренировочных нагрузок общего подготовительного периода сопровождалось адаптацией организма на уровне обменных процессов, наиболее всего проявившейся к концу общего подготовительного периода.

Сдвиги лабораторных показателей у биатлонистов до пределов, соответствующих верхней границе клинической нормы, указывали на адекватность предъявляемых нагрузок, а также на готовность организма к работе в условиях дальнейшего повышения их объема и интенсивности в специальном периоде подготовки.

Полному диагностическому обследованию состояния мышечной и сердечной системы подлежат только те спортсмены, у которых значения уровня мочевины, активности ферментов КФК и АСТ в покое превышают допустимые пределы на фоне отдыха или уменьшения общего и парциального объема тренировочных нагрузок. Именно подобные факты являются основанием для снижения интенсивности тренировочных нагрузок у представителей спортивного резерва с целью обеспечения адекватного метаболического ответа организма на предъявляемые нагрузки и ускорения восстановительных процессов спортсменов в период отдыха между ними.

Таким образом, по результатам исследования было выявлено, что в мужской команде на протяжении трех микроциклов происходила хорошая адаптация организма спортсменов к предъявляемым нагрузкам, что подтверждается данными биохимического мониторинга.

У девушек по результатам тестирования было установлено, что в соответствии с объемом физической нагрузки и накоплением тренировочного эффекта во втором микроцикле наблюдалось снижение скорости адаптационных процессов в организме. В дальнейшем общий объем тренировочной нагрузки был снижен, что привело к улучшению метаболических процессов. Если бы объем и интенсивность тренировочной нагрузки не изменились, либо остались прежним, это могло бы привести к дезадаптации организма спортсменок, что в дальнейшем ухудшило бы соревновательную успешность.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важным аспектом биохимического контроля является определение переносимости тренировочных нагрузок, выявление состояний перетренированности, перенапряжения. Данная задача решается в комплексе с тренером и врачом, так как проявления перетренированности индивидуальны. У одних спортсменов могут возникать нарушения в скелетных мышцах, у других – поражения сердечной мышцы, для третьих характерны изменения функции печени и т. п.

Непереносимость тренировочных нагрузок и начальный период перетренированности, как правило, не сопровождаются какими-либо клиническими проявлениями. Поэтому их биохимическая диагностика может быть наиболее успешной при проведении комплексных биохимических обследований, включающих определение таких показателей обмена, изменения которых характерны для нарушений функций сердечной мышцы, печени, скелетных мышц и др.

С помощью биохимических методов удастся существенно раньше, чем с помощью клинических или физиологических методов, выявить непереносимость нагрузок, что позволяет внести коррективы в ход тренировочного процесса и предупредить развитие тяжелых проявлений перетренированности.

Значительную роль биохимический контроль играет в оценке степени и скорости процессов восстановления. Эффективность тренировки зависит не только от правильно избранных по величине и направленности тренировочных нагрузок, но и рационального их сочетания с периодами отдыха. В связи с этим большое внимание уделяется получению объективных данных, характеризующих ход восстановительного процесса. Эти сведения получают, используя преимущественно биохимические методы, что объясняется тем, что в послерабочий период все вегетативные функции сравнительно быстро (в течение минут или десятков минут) достигают уровня покоя, тогда как изменения обмена веществ нормализуются в течение весьма длительного времени. После продолжительной и напряженной работы полное устранение возникающих при работе сдвигов, включая адаптивные изменения белкового обмена, занимает десятки часов, а иногда прослеживается до трех суток. Для оценки хода восстановительных процессов могут быть использованы различные биохимические показатели, при выборе которых предпочтение отдают тем показателям обмена, нормализация которых происходит

наиболее медленно. Чаще всего для оценки хода восстановления используют показатели белкового обмена.

Определение скорости нормализации изменений обмена, вызванных интенсивной нагрузкой, в восстановительном периоде не ограничивается обоснованием рационального сочетания тренировочных нагрузок и отдыха, предупреждения перетренированности. Скорость восстановления биохимических изменений зависит от уровня тренированности, поэтому они могут использоваться и в других целях (коррекции тренировочного процесса, изменения схемы медикаментозной помощи спортсменам для ускорения процессов восстановления, повышения физической работоспособности и др.

Выводы:

1. Наиболее информативным показателем общей переносимости тренировочных нагрузок является содержание мочевины в крови, определяемое у спортсменов утром натощак. Показатели, выходящие за пределы клинической нормы, свидетельствуют об отсутствии равновесия в обменных процессах и указывают на необходимость коррекции режима «работа–отдых». Прием ряда белковых препаратов может приводить к повышению уровня мочевины в крови, а нагрузка углеводами, наоборот, способствует снижению концентрации мочевины.

2. Определение активности некоторых ферментов креатинфосфокиназы (КФК), аспартат- и аланинаминотрансферазы (АСТ и АЛТ) в сыворотке крови у спортсменов после тренировочных и соревновательных нагрузок независимо от их квалификации дает ценную информацию о внутриклеточном метаболизме и может существенно расширить возможности биохимической диагностики функционального состояния их организма.

3. Перенапряжение мышечной ткани – одна из наиболее частых проблем, с которыми сталкиваются спортсмены при выполнении физической нагрузки высокой интенсивности. На сегодняшний день молекулярная диагностика этого феномена в основном базируется на измерении активности в плазме крови различных саркоплазматических ферментов, в том числе креатинкиназы (КФК). В норме КФК и другие ферменты проникают за пределы клеточной мембраны в незначительных количествах. Повышение их активности в плазме крови отражает значительное изменение проницаемости мембранных структур миоцита вплоть до его полного разрушения.

4. У спортсменов активность КФК значительно превосходит такую у обычных людей. Данный факт отражает адаптацию организма

спортсмена к физическим нагрузкам высокой интенсивности. Если у нетренированного человека при повреждении скелетной мускулатуры уровень КФК растет на порядок, то у спортсменов он зачастую остается неизменным.

5. Общая активность КФК, как правило, повышается при интенсивных занятиях (к повышению уровня фермента приводит недостаточность кровоснабжения мышц). Однако необходимо следить за тем, чтобы это повышение было умеренным для недопущения явлений перенапряжения сердечной мышцы.

6. Показатели содержания мочевины, активности ферментов КФК и АСТ являются объективными биохимическими критериями функционального состояния организма спортсменов, готовности к выполнению повышенных нагрузок, состояния мышечной системы и сердца, адекватности физических нагрузок в период интенсивных тренировочных занятий.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Платонов, В. Н. Периодизация спортивной тренировки / В. Н. Платонов. – Киев: Олимп. лит-ра, 2013. – 624 с.
2. Никитушкин, В. Г. Организационно-методические основы подготовки спортивного резерва / В. Г. Никитушкин, П. В. Квашук, В. Г. Бауэр. – М.: Советский спорт, 2005. – 230 с.
3. Горбунов, В. А. Научно-методическое обеспечение подготовки спортсменов / В. А. Горбунов, А. Ю. Лебединский // Восток-Россия-Запад, физическая культура и спорт в развитии здоровь формирующих и здоровь сберегающих технологий: материалы Междунар. науч.-метод. конф. – Иркутск, 2005. – Т. 2. – С. 180–183.
4. Паршикова, Н. В. О состоянии и перспективах развития научно-методического и медицинского обеспечения подготовки спортсменов сборных команд России по олимпийским видам спорта / Н. В. Паршикова // Вестник спортивной науки. – 2003. – № 2. – С. 3–10.
5. Макарова, Г. А. Медико-биологическое обеспечение спорта за рубежом / Г. А. Макарова, Б. А. Поляев. – М.: Советский спорт, 2012. – 310 с.
6. Спортивная медицина: национальное руководство / под ред. акад. РАН и РАИМН С. П. Миронова, проф. Б. А. Поляева, проф. Г. А. Макаровой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 1184 с.
7. Никулин, Б. А. Биохимический контроль в спорте: науч.-метод. пособие / Б. А. Никулин, И. И. Родинова. – М.: Советский спорт, 2011. – 232 с.
8. Будко, А. Н. Биохимические аспекты перетренированности у спортсменов в конькобежном спорте / А. Н. Будко, И. Л. Рыбина // Междунар. науч.-теор. журнал «Прикладная спортивная наука». – 2016. – № 3. – С. 44–49.
9. Семенова, Е. И. Динамика гематологических показателей как клинико-диагностический тест адаптации спортсменов Якутии к физическим нагрузкам [Текст] / Е. И. Семенова, Е. Д. Охлопкова, А. И. Яковлева // Сб. 14-го интернац. конгресса циркумполярного здоровья. – Канада, 11–16 июля 2009. – С. 142.
10. Нехвядович, А. И. Автоматизированная система «БИОХИМ-ЭКСПЕРТ» как унифицированный метод биохимической оценки физической и функциональной подготовленности спортсменов высокой ква-

лификации: практ. пособие / А. И. Нехвядович, Е. В. Нехай. – Минск, 2014. – 66 с.

11. Спортивная медицина: национальное руководство / под ред. акад. РАН и РАИМН С. П. Миронова, проф. Б. А. Поляева, проф. Г. А. Макаровой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 1184 с.

12. Яковлев, Н. Н. Биохимия спорта / Н. Н. Яковлев. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – 288 с.

13. Использование показателя мочевины крови при проведении текущего и этапного контроля в плавании: метод. письмо / Л. С. Вознесенский [и др.]. – М., 1976. – 29 с.

14. Нехвядович, А. И. Биохимический контроль переносимости тренировочных нагрузок в спортивной гимнастике / А. И. Нехвядович, А. Н. Будко // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту: материалы IX Междунар. науч. сессии по итогам НИР за 2005 г. – Минск, 2006. – С. 282–289.

15. Нехвядович, А. И. Определение перенапряжений у спортсменов по активности фермента креатинфосфокиназы / А. И. Нехвядович // Сб. материалов VII Междунар. науч. сессии БГУФК и НИИФКиС РБ по итогам науч.-исслед. работы за 2003 год «Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту», г. Минск, 6–8 апреля 2004 г. – Минск, 2004. – С. 487–488.

16. Рыбина, И. Л. Активность сывороточных ферментов в мониторинге тренировочного процесса высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта / И. Л. Рыбина // Вестник новых медицинских технологий. Электронный журнал. – 2016. – № 1.

17. Биохимия мышечной деятельности / Н. И. Волков [и др.]. – Киев: Олимп. лит-ра, 2000. – 503 с.

18. Курашвили, В. А. Биохимические корреляты перетренированности / В. А. Курашвили // Вестник спортивных инноваций. – 2014. – № 47. – С. 30–36.

19. Платонов, В. Н. Перетренированность в спорте / В. Н. Платонов // Наука в олимпийском спорте. – 2015. – № 1. – С. 19–34.

20. Афанасьева, И. А. Синдром перетренированности у спортсменов: эндогенная интоксикация и факторы врожденного иммунитета / И. А. Афанасьева, В. А. Таймазов // Науч.-теор. журнал «Ученые записки». – 2011. – № 12 (82). – С. 24–30.

21. Кудря, О. Н. Адаптация сердечно-сосудистой системы спортсменов к нагрузкам разной направленности / О. Н. Кудря, Л. Е. Белова, Л. В. Капилевич // Педагогика и психология. – 2012. – С. 162–166.
22. Experimental human muscle damage: morphological changes in relation to other indices of damage / Экспериментальное повреждение мышечной ткани человека: морфологические изменения по отношению к другим показателям повреждения / D. A. Jones [et al.] // Journal of Physiology. – 1986. – № 375. – P. 435–448.
23. Cardiorespiratory, hormonal and haematological responses to submaximal cycling performed 2 days after eccentric or concentric exercise bouts / Кардиореспираторные, гормональные и гематологические ответы на субмаксимальный цикл, выполняемый через 2 дня после эксцентричных или концентрических нагрузок / M. Gleeson [et al.] // Journal of Sports Sciences. – 1995. – № 13. – P. 471–479.
24. Gleeson, M. Biochemical and immunological markers of overtraining / Биохимические и иммунологические маркеры перетренировки / M. Gleeson // Journal of Sport Science and Medicine. – 2002. – № 1. – P. 31–41.
25. O-reilly, K. P. / Eccentric exercise-induced muscle damage impairs muscle glycogen repletion / Эксцентричное вызванное мышцами мышечное повреждение ухудшает переполнение мышечного гликогена / K. P. O-reilly, M. J. Warhol, R. A. Fielding // Journal of Applied Physiology. – № 63. – P. 252–256.
26. Brancaccio, P. Biochemical markers of muscular damage / Биохимические маркеры мышечного повреждения / P. Brancaccio, G. Lippi, N. Maffulli // Clin Chem Lab Med. – 2010. – № 48 (6). – P. 757–67.
27. Brancaccio, P. Мониторинг киназы креатина в спортивной медицине / Creatine kinase monitoring in sport medicine / P. Brancaccio, N. Maffulli, F. M. Limongelli // Br. Med. Bull. – 2007. – № 81–82. – P. 209–30.
28. Acute variation of biochemical markers of muscle damage following a 21-km, half-marathon run / Острая вариация биохимических маркеров повреждения мышц после 21-километрового полумарафона / G. Lippi [et al.] // Scand. J. Clin. Lab. Invest. – 2008. – № 68 (7). – P. 667–72.
29. Serum enzyme monitoring in sports medicine / Контроль фермента сыворотки в спортивной медицине / P. Brancaccio [et al.] // Clin. Sports Med. – 2008. – № 27 (1). – P. 1–18.

30. Koch, A. J. The creatine kinase response to resistance exercise / Реакция креатинкиназы на резистентность / A. J. Koch, R. Pereira, M. Machado // *J. Musculoskelet Neuronal. Interact.* – 2014. – № 14 (1). – P. 68–77.
31. Carmo, F. C. Variability in resistance exercise induced hyperCKemia / Изменчивость в резистентности вызвана гиперциклия / F. C. Carmo, R. Pereira, M. Machado // *Isok. Exerc. Sci.* – 2011. – № 19. – P. 191–197.
32. Effect of varying rest intervals between sets of assistance exercises on creatine kinase and lactate dehydrogenase responses / Влияние различных интервалов отдыха между наборами вспомогательных упражнений на реакции креатинкиназы и лактатдегидрогеназы / M. Machado [et al.] // *J. Strength. Cond. Res.* – 2011. – № 25. – P. 1339–1345.
33. Tiidus, P. M. Influence of estrogen on muscle plasticity / Влияние эстрогена на мышечную пластичность / P. M. Tiidus // *Braz. J. Biomotricity.* – 2011. – № 4. – P. 143–155.
34. Clarkson, P. M. Are women less susceptible to exercise-induced muscle damage? / Являются ли женщины менее восприимчивыми к физическому повреждению мышц? / P. M. Clarkson, M. J. Hubal // *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* – 2001. – № 4. – P. 527–531.
35. Friden, J. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components / Эксцентричные травмы, вызванные физической нагрузкой, к компонентам сократительного и цитоскелетного мышечного волокна / J. Friden, R. L. Lieber // *Acta Physiol Scand.* – 2001. – № 171. – P. 321–326.
36. Comparison of changes in markers of muscle damage induced by eccentric exercise and ischemia/reperfusion / Сравнение изменений маркеров повреждения мышц, вызванных эксцентрическими упражнениями и ишемией/реперфузией / Q. S. Su // *Scand J Med Sci Sports.* – 2010. – № 20. – P. 748–756.
37. The role of mitochondria in ischemia/reperfusion injury / Роль митохондрий при повреждении ишемии / реперфузии / W. Jassem [et al.] // *Transplantation.* – 2002. – № 73. – P. 493–499.
38. Creatine Kinase Activity Weakly Correlates to Volume Completed Following Upper Body Resistance / Активность креатинкиназы слабо коррелирует с объемом, завершенным после упражнений на тренировку верхней части тела / M. Machado [et al.] // *Exercise. Res Q Exerc Sport.* – 2012. – № 83. – P. 276–281.

39. Nosaka, K. Relationship between post-exercise plasma CK elevation and muscle mass involved in the exercise / Связь между повышением уровня СК после тренировки и мышечной массой, участвующей в упражнении / K. Nosaka, P. M. Clarkson // *Int J Sports Med.* – 1992. – № 13. – P. 471–475.

40. Machado, M. Short recovery augments magnitude of muscle damage in high responders / Короткое восстановление увеличивает величину мышечного повреждения у пациентов с высоким риском / M. Machado, J. M. Willardson // *Med Sci Sports Exerc.* – 2010. – № 42. – P. 1370–1374.

41. Creatine kinase and lactate dehydrogenase responses after upper-body resistance exercise with different rest intervals / Реакции креатинкиназы и лактатдегидрогеназы после упражнений с сопротивлением верхней части тела с различными интервалами отдыха / B. M. Rodrigues [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2010. – № 24. – P. 1657–62.

42. Ribeiro, V. Resistance exercise-induced microinjuries do not depend on 1 or 3 minutes rest time interval between series / Сопротивление, вызванное индуцированными микромирулами, не зависит от интервалов времени ожидания 1/3 минуты между сериями / V. Ribeiro, R. Pereira, M. Machado // *Int J Sports Sci.* – 2008. – № 13. – P. 44–53.

43. Com-parison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles / Сравнение эксудативного повреждения мышц у четырех мышц конечностей / T. C. Chen [et al.] // *Eur J Appl Physiol.* – 2011. – № 111. – P. 211–223.

44. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage / Сравнение между эксцентрическими упражнениями ноги и руки с одинаковой относительной интенсивностью по показателям мышечного повреждения / A. Z. Jamurtas [et al.] // *Eur J Appl Physiol.* – 2005. – № 95. – P. 179–185.

45. Differences in the magnitude of muscle damage between elbow flexors and knee extensors eccentric exercises / Различия в величине повреждения мышц между сгибателями локтей и эксцентрическими упражнениями разгибателей колена / T. Saka [et al.] // *J Sports Sci Med.* – 2009. – № 8. – P. 107–115.

46. Is exercise-induced muscle damage susceptibility body segment dependent? Evidence for whole body susceptibility / Является ли упражнение вызванным мышцами повреждением чувствительности к сегменту тела? Доказательства восприимчивости всего организма / M. Machado [et al.] // *J Musculoskelet Neuronal Interact.* – 2013. – № 13. – P. 105–110.

47. Coombes, J. S. Effects of branched-chain amino acid supplementation on serum creatine kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise / Влияние аминокислотных добавок с разветвленной цепью на сывороточную креатинкиназу и лактатдегидрогеназу после продолжительных физических нагрузок / J. S. Coombes, L. R. McNaughton // *J Sports Med Phys Fitness*. – 2000. – № 40. – P. 240–246.

48. Branched-chain amino acid supplementation attenuates muscle soreness, muscle damage and inflammation during an intensive training program / Ароматизаторы аминокислот с разветвленной цепью ослабляют мышечную болезненность, повреждение мышц и воспаление во время интенсивной тренировочной программы / K. Matsumoto [et al.] // *J Sports Med Phys Fitness*. – 2009. – № 49. – P. 424–431.

49. Sharp, C. P. Amino acid supplements and recovery from high-intensity resistance training / Аминокислотные добавки и восстановление после тренировки с высокой интенсивностью / C. P. Sharp, D. R. Pearson // *J Strength Cond Res*. – 2010. – № 24. – P. 1125–1130.

50. Effects of cold water immersion on the recovery of physical performance and muscle damage following a one-off soccer match / Эффекты погружения холодной воды на восстановление физических характеристик и повреждения мышц после одноразового футбольного матча / A. Ascensao [et al.] // *J Sports Sci*. – 2011. – № 29. – P. 217–225.

51. Short term effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise / Краткосрочные эффекты различных погружений в воду / H. Pournot [et al.] // *Eur J Appl Physiol*. – 2011. – № 111. – P. 1287–1295.

52. Whole-body cryotherapy in athletes / Криотерапия всего тела у спортсменов / G. Banfi [et al.] // *Sports Med*. – 2010. – № 40. – P. 509–517.

53. Persistent HyperCKemia in Athletes. Muscles Ligaments / Стойкая гиперметксия у спортсменов. Судороги мышц / P. Brancaccio [et al.] // *Tendons J*. – 2011. – № 1(1). – P. 31–35.

54. Variable distributions of serum creatine kinase reference values. Relationship to exercise activity / Переменные распределения опорных значений креатинкиназы в сыворотке. Связь с физическими упражнениями / G. A. Nicholson [et al.] // *J Neurol Sci*. – 1985. – № 71. – P. 233–245.

55. Aspenes, S. T. Exercise-training intervention studies in competitive swimming / Занятия по тренировкам в спортивном плавании / S.T. Aspenes, T. Karlsen // *Sports Med*. – 2012. – № 42. – P. 527–543.

56. Zhu, Y. Effect of different training time and loads on the metabolism of carbohydrate, fat and protein / Влияние различного времени тренировки и нагрузки на метаболизм углеводов, жира и белка / Y. Zhu, J. Shi, Y. Shang // Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi. – 1997. – № 13 (3). – P. 202–4.

57. Hartmann, U. Training and overtraining markers in selected sport events / Тренировочные и перетренировочные маркеры в отдельных спортивных мероприятиях / U. Hartmann, J. Mester // Med Sci Sports Exerc. – 2000. – № 32 (1). – P. 209–15.

58. Glutamine, exercise and immune function: links and possible mechanisms / Глютамин, физиотерапия и иммунная функция: звенья и возможные механизмы / N. P. Walsh [et al.] // Sports Medicine. – 1998. – № 26. – P. 177–191.

59. Афанасьева, И. А. Синдром перетренированности у спортсменов: эндогенная интоксикация и факторы врожденного иммунитета / И. А. Афанасьева, В. А. Таймазов // Ученые записки ун-та им. П. Ф. Лесгафта. – 2011. – № 12 (82). – С. 24–30.

60. Рыбина, И. Л. Активность сывороточных ферментов в мониторинге тренировочного процесса высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта / И. Л. Рыбина. – М., 2016. – Электронный журнал. – № 1.

61. Ветчинкина, Е. В. Диагностика функционального состояния спортсменов биатлонистов с помощью биохимического контроля / Е. В. Ветчинкина, А. И. Нехвядович // Материалы XIV Междунар. науч. сессии по итогам НИР за 2015 год (Минск, 12–14 апреля 2016). – Минск: БГУФК, 2016. – Ч. 3. – С. 35–40.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Определение переносимости тренировочных нагрузок по изменению содержания мочевины в сыворотке крови в рамках текущих обследований .....	5
1.1. Типы реакции на тренировочную нагрузку в зависимости от содержания мочевины в крови.....	8
2. Оценка переносимости тренировочных нагрузок на основе определения активности ферментов КФК, АСТ и АЛТ .....	18
2.1. Особенности изменения активности фермента КФК .....	18
2.2. Особенности изменения активности ферментов аспаратаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) .....	23
3. Результаты практических исследований особенностей изменения клинико-лабораторных показателей у спортсменов на примере биатлона .....	27
Заключение.....	36
Список использованных источников .....	39



*Производственно-практическое издание*

**Нехвядович** Антонина Ивановна  
**Рыбина** Ирина Леонидовна  
**Будко** Анастасия Николаевна и др.

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ПОДГОТОВКИ СПОРТИВНОГО РЕЗЕРВА  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПО ГРУППАМ ВИДОВ  
СПОРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ  
КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ**

Практическое пособие

Компьютерная верстка *Т. Г. Данилевич*  
Корректор *Е. М. Емельяненко*

Подписано в печать 30.05.2018. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл.-печ. л. 2,67. Уч.-изд. л. 2,51. Тираж 100 экз. Заказ 14с.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет физической культуры».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/153 от 24.01.2014.

Пр. Победителей, 105, 220020, Минск.