



8. M. Pohjola, Analysing effectiveness of force application in ski skating using force and motion capture data. Master's thes. in Sport Technology, Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä, 2014

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫВОРОТОЧНЫХ ФЕРМЕНТОВ В МОНИТОРИНГЕ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА В БИАТЛОНЕ

И. Л. Рыбина
ОО «Белорусская федерация биатлона», г. Минск, Беларусь

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

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

Тенденции развития современного биатлона характеризуются увеличением скорости передвижения по дистанции и уменьшением времени нахождения на огневых рубежах и, как следствие, увеличением плотности результатов соревнований. К спортсменам биатлонистом предъявляются физиологические требования, аналогичные как к соревнованиям в лыжных гонках [16, 19, 24], но в то же время необходим тонкий точный контроль скорости передвижения, чтобы обеспечить быструю и точную стрельбу [27, 30, 32]. В целом высокий уровень результативности в биатлоне зависит от многих компонентов, таких как скорость передвижения, время, потраченное на подход к огневому рубежу и подготовку к стрельбе, время стрельбы, точность стрельбы и др. [19, 29].

Кроме того, этот вид спорта, ассоциированный с выносливостью, влечет за собой необходимость поиска альтернативы использования различных техник передвижения, которые требуют различного подхода при вовлечении в работу различных мышечных групп в условиях изменяющегося рельефа. С точки зрения биомеханики движений биатлонисты используют широкий диапазон скоростей для различного рельефа местности с переходом на различные техники. Переходы с одной техники на другую требуют не только определенного уровня мастерства, но и затрагивают метаболические аспекты и базируются на эффективности протекания биоэнергетических процессов [25, 26]. Правильный выбор экономичной техники передвижения с учетом рельефа трассы является важным фактором, оказывающим влияние на скорость передвижения. Наличие винтовки также вносит существенный вклад в физиологическую составляющую и оказывает влияние на биомеханику движений [30].

Включение в соревновательную программу биатлонистов спринтерских и суперспринтерских дистанций, а также увеличение количества стартов в сезоне обуславливает необходимость поиска современных методических принципов тренировки, обеспечивающих



развитие соответствующих механизмов энергообеспечения мышечной деятельности для достижения высоких результатов [1, 21, 31].

Резерв для улучшения соревновательных результатов биатлонистов тесным образом связан с биологическим и физиологическим аспектами обоснования тренировочных программ. Эффективное управление процессом подготовки биатлонистов высокой квалификации возможно при индивидуализации тренировочных планов с учетом метаболического ответа организма спортсмена на нагрузки [8].

В сложившейся ситуации для контроля течения адаптационных процессов, происходящих под воздействием нагрузок различной интенсивности, требуется использование корректных и информативных методов контроля тренировочного процесса. Клинико-лабораторный мониторинг является одним из важных видов контроля, поскольку в значительной мере отражает суть происходящих метаболических изменений в ответ на тренировочное воздействие [8, 14, 20, 28]. Данные результатов клинико-лабораторных исследований широко используются в современной системе подготовки высококвалифицированных спортсменов для коррекции тренировочного процесса и медико-биологического обеспечения подготовки спортсменов. Перечень изучаемых клинико-лабораторных маркеров оценки адаптации довольно широкий и продолжает расширяться [10, 12, 15, 18].

Клинико-лабораторные исследования широко используются в рамках углубленных, этапных, текущих и других видов обследований спортсменов. В ряде случаев при трактовке результатов недостаточно учитываются факторы тренировочного процесса, такие как объем нагрузки, направленность, тип, интенсивность и т. д. [7].

В качестве информативных биомаркеров адаптации к тренировочным нагрузкам широко используются изучение активности ферментов. Интерес к этому обусловлен тем, что в ответ на воздействие фактора физической нагрузки происходит изменение структуры клеточных мембран и нарушается их проницаемость, что в итоге приводит к ферментемии. Физические нагрузки оказывают влияние на процессы взаимодействия клетки с межклеточным пространством, интенсивность которого регулируется с помощью проницаемости клеточных мембран, определяющей функциональную активность клетки и возможность ее полноценного функционирования в данный момент. Особый интерес представляют тканевые ферменты, поступающие в кровь из скелетных мышц и других тканей в результате нарушения проницаемости клеточных мембран под влиянием тренировочных нагрузок [9, 10, 12, 15]. К настоящему времени изучено большинство общих закономерностей и особенностей изменения активности многих ферментов при выполнении физических нагрузок, которые могут использоваться для диагностики функционального состояния организма спортсменов. Активность ферментов в крови, определяемая в состоянии покоя, — это равновесие скорости, с которой ферменты синтезируются внутри клеток и выходят из них, со скоростью удаления ферментов из внеклеточной жидкости. Для гиперферментемий, вызываемых физическими нагрузками, характерна кратковременность и относительно быстрое возвращение к норме во время отдыха. Затяжные ферментемии могут свидетельствовать о наличии патологии, либо неадекватной адаптации к повышенным физическим нагрузкам.

В практике биохимического контроля наиболее широкое распространение получило определение активности ряда ферментов, непосредственно связанных с энергетическим обменом в скелетных мышцах. Эти ферменты являются маркерами долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам и отражают процессы энергообеспечения и напряжения метаболизма в различных органах: печени, скелетной мускулатуре, миокарде, поджелудочной железе, желчевыводящих путях и др.



В данной публикации приводятся сведения о динамике изменения наиболее популярных ферментов (КФК, АСТ, АЛТ) в практике подготовки биатлонистов. В результате многолетнего изучения получены данные физиологических значений активности ферментов у биатлонистов высокой квалификации, которые могут быть определенными ориентирами в трактовке полученных результатов (табл. 1).

Таблица 1 – Физиологические значения активности ферментов в сыворотке крови биатлонистов

Фермент	Мужчины		Женщины	
	n	Интервал значений	n	Интервал значений
КФК	380	75–492	845	72–398
АСТ	198	23–44	562	21–43
АЛТ	198	20–38	562	18–35

Креатинфосфокиназа (КФК), или креатинкиназа (англ. СК) – фермент, катализирующий обратимую реакцию образования креатинфосфата из креатина и АТФ. В крови появляется при повреждении мембран клеток, содержащий данный фермент.

В настоящее время известны 3 вида ферментов КФК (так называемые изоферменты, или фракции), которые содержатся в различных органах и тканях организма:

КК-МВ – сердечный изофермент, содержащий в клетках миокарда и изменяющийся при их повреждении (в норме в сыворотке крови около 2 %);

КК-ВВ – мозговой изофермент, отражающий патологию клеток головного мозга (в норме в сыворотке крови не содержатся, так как не преодолевают гематоэнцефалический барьер, появляется в периферической крови при инсультах и тяжелых черепно-мозговых травмах);

КК-ММ – мышечный изофермент, находящийся преимущественно в скелетных мышцах (составляет в норме около 98 % всей активности КФК).

Мониторинг динамики активности КФК в тренировочном процессе дает информацию о переносимости тренировочных нагрузок. Важным моментом в использовании активности КФК в мониторинге тренировочного процесса является установление диагностических критериев крайней степени перенапряжения мышечной системы. Для большинства коммерческих наборов реагентов, используемых клиничко-диагностическими лабораториями, интервалы общепопуляционных референтных значений (нормы) активности КФК составляют 40–200 Ед/л. Установлено, что у 29 % спортсменов высокой квалификации в циклических видах спорта отмечается превышение верхней границы общепопуляционных норм [9]. В практической работе для принятия решений тренерам целесообразно ориентироваться не на общепопуляционные данные, а на физиологические данные спортсменов в конкретном виде спорта и спортивной квалификации (табл. 1).

При выполнении тренировок силовой направленности образование энергии в алактатной системе происходит при расщеплении АТФ и креатинфосфата. Реакция расщепления креатинфосфата стимулируется ферментом креатинфосфокиназой. В зависимости от направленности тренировочных нагрузок выход фермента в кровь из клетки может быть обусловлен различными причинами, главными из которых являются повреждения мышц, индуцированные физической нагрузкой и метаболический стресс. Определение активности КФК в сыворотке крови после нагрузок силовой направленности имеет



большое диагностическое значение для оценки появления мышечных микротравм или растяжений мышц. Высокие значения активности КФК у спортсменов на фоне отдыха дают основание для полного диагностического обследования состояния мышц для выявления скрытых мышечных проблем, вызванных тренировочными нагрузками на фоне пролонгированного утомления. Это также является основанием для снижения интенсивности тренировочных нагрузок с целью обеспечения адекватного восстановления функциональных систем организма. Активность КФК характеризуется большой индивидуальной вариативностью и зависит от уровня тренированности спортсмена, мышечной массы, типа мышечных волокон, кинетики элиминации КФК из сыворотки крови после окончания тренировочных нагрузок и других факторов.

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

Существует определенная взаимосвязь между типом и направленностью тренировочных нагрузок и активностью КФК. Наиболее высокие цифры возрастания активности КФК отмечаются после марафонского и полумарафонского бега, силовых упражнений и бега вниз с горы вследствие больших нагрузок уступающего характера. В литературе имеются противоречивые данные о взаимосвязи между объемом силовой нагрузки, интервалами отдыха между сериями силовой работы и активностью КФК.

На рисунке 1 представлены данные изучения динамики активности фермента КФК под влиянием тренировки различной направленности у высококвалифицированных биатлонисток.

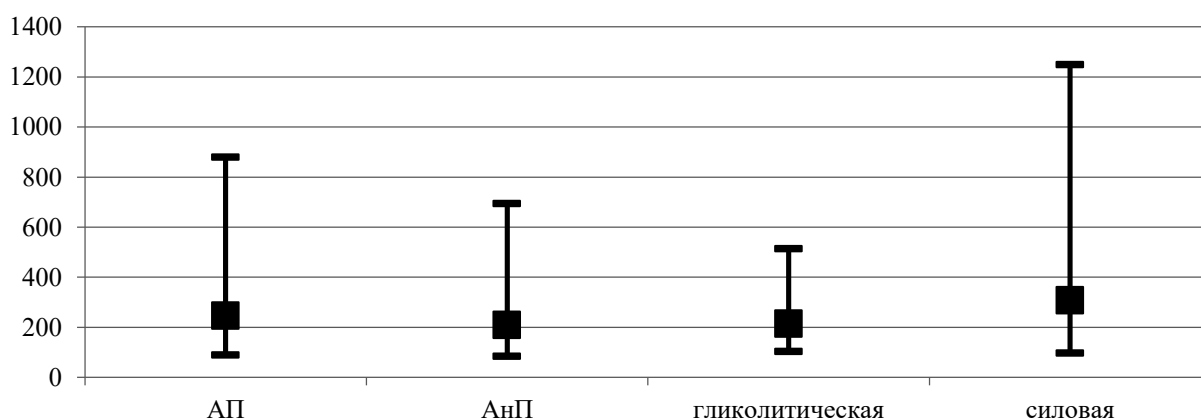


Рисунок 1 – Содержание КФК (ЕД/л) в периферической крови биатлонисток после выполнения нагрузок различной направленности

Примечания: по оси абсцисс – вид нагрузки; по оси ординат – активность КФК (ЕД/л)

Как видно из представленных данных наибольшие значения активности КФК выявлялись после тренировочных нагрузок силовой направленности. Средние значения прироста КФК после силовой тренировки свидетельствуют об увеличении КФК практически



в 2 раза. Значительная вариация активности креатинфосфокиназы обусловлена различиями в скорости выхода фермента в кровь, которая зависит от состояния клеточных мембран и изменения их проницаемости под воздействием физических нагрузок [9].

На различия в активности КФК могут в определенной степени накладываться отпечаток особенности системы построения тренировочных циклов с учетом различных тренировочных методик. Высокие значения активности КФК у спортсменов на фоне отдыха дают основание для проведения полного диагностического обследования состояния мышц в целях выявления скрытых мышечных проблем, вызванных тренировочными нагрузками на фоне пролонгированного утомления. Это обстоятельство в любом случае является основанием для снижения интенсивности тренировочных нагрузок и обеспечения таким способом адекватного восстановления мышц.

Скорость элиминации КФК из мышц в сосудистое русло является индивидуальной характеристикой и динамика концентрации данного фермента может быть интегральным отражением отставленного эффекта выполненной мышечной нагрузки. Большая внутри- и межиндивидуальная вариация затрудняет разработку надежных физиологических значений для спортсменов. Залогом правильной интерпретации результатов мониторинга КФК является необходимость принимать во внимание этап подготовки спортсмена и другие факторы, способные оказывать влияние на полученные результаты.

Кроме факторов тренировочного процесса уровень КФК зависит от некоторых факторов, которые важно принимать во внимание при трактовке результатов исследований [7].

- **Половая принадлежность.** Активность КФК у мужчин в покое выше, чем у женщин, что обусловлено их различной мышечной массой и особенностями компонентного состава тела спортсменов мужского и женского пола (как правило, более высокое процентное содержание мышечной ткани у мужчин), а также различным гормональным статусом. После физической нагрузки различия в активности КФК в периферической крови становятся более выраженными, что обусловлено положительным влиянием эстрогенов на состояние мышц. У женщин эстрогены оказывают положительное влияние на состояние мышц за счет антиоксидантных свойств, которые помогают поддерживать проницаемость клеточной мембраны после физических нагрузок.

- **Уровень подготовки спортсмена.** У высоко тренированных спортсменов болезненность мышц, обусловленная явлениями повреждающего характера, не всегда ассоциируется с повышением активности КФК.

- **Возраст.** С возрастом отмечается определенное снижение мышечной массы, что в итоге может приводить к некоторому снижению активности КФК.

- **Расовые различия.** У представителей африканской расы уровень креатинкиназы выше, чем у представителей белой.

- **Состав тела.** Имеются данные, что активность фермента КФК пропорциональна мышечной массе и в определенной степени может коррелировать с величиной мышечного компонента.

- **Климатические условия.** Физические нагрузки в холодную погоду вызывают более высокое увеличение активности КФК в сыворотке крови после стандартной тренировки по сравнению с тем же упражнением при более высоких температурах.

- **Группы мышц, участвующих в выполнении упражнения.** Ряд исследователей отметили возрастание активности КФК в большей степени после упражнений, вовлекающих мышцы верхней части тела, по сравнению с упражнениями для нижних конечностей [17]. 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.

• **Фармакологические препараты.** *Завышает истинную активность* КФК в сыворотке крови применение: аминокaproновой кислоты, амфотерицина В, буциндолола, каптоприла, карбенексолона, карбромала, картеолола, хлорпромазина, клофибрата, клонидина, колхицина, циклопропана, диэтилового спирта, этанола, гемфиброзила, галофената, лидокаина, диклофенак; внутримышечное введение любых препаратов. *Занижает активность КФК:* очень высокое или низкое содержание магния.

Снижению активности КФК в сыворотке крови спортсменов способствуют аэробные нагрузки восстановительного характера. Научные данные подтверждают влияние приема аминокислот с разветвленной цепью на компенсацию увеличения активности КФК под воздействием физических нагрузок [22]. Снижению риска подъема активности КФК после физических нагрузок способствуют кратковременные охлаждающие процедуры с применением холодной воды, контрастных процедур [23], криотерапии, массажа и других восстановительных процедур.

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 большая межиндивидуальная вариация в активности сывороточной КФК, что затрудняет разработку надежных референтных значений для спортсменов. При исследовании динамики КФК после силовых упражнений с отягощениями 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 [18].

Активность КФК является одним из важных диагностических критериев *рабдомиолиза*, который характеризует разрушение поперечно-полосатой мускулатуры, приводящей к высвобождению продуктов распада миоцитов во внеклеточную жидкость. Одним из важных критериев рабдомиолиза является т.н. «*экстремально высокий уровень КФК*», и в специальной литературе нет единства мнений касательно установления точных критериев наличия/выраженности рабдомиолиза по активности КФК. В зарубежной литературе имеются данные, что критерием рабдомиолиза является пятикратное превышение активности КФК выше границ референтных значений для спортсменов [13]. Применительно к популяционным нормам диагностическим критерием пятикратного увеличения активности КФК, потенциально ассоциированным с явлениями рабдомиолиза, может быть уровень активности КФК > 1000 Ед/л. В целом течение рабдомиолиза, вызванного чрезмерной физической нагрузкой, доброкачественное, но может осложняться почечной недостаточностью, в связи с чем в процессе мониторинга тренировочных нагрузок значительное внимание следует уделять случаям сочетанного выявления экстремально высоких уровней КФК в сочетании с повышением концентрации мочевины.

Увеличение активности КФК чаще более характерно для обще-подготовительного периода и может быть связано с большими объемами тренировочных нагрузок на данном этапе, а также с различной скоростью адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам [9].

В результате изучения диагностической информативности исследования КФК у биатлонистов показана их надежность и прогностическая ценность, в первую очередь, при прогнозировании успешности соревновательной деятельности. Наличие значительных



отклонений в величинах КФК в подготовительном периоде имеют достаточно высокую прогностическую ценность и с высокой степенью ассоциируются с отсутствием оптимальной адаптации к предлагаемым тренировочным нагрузкам. Отсутствие отклонений в результатах теста в течение подготовительного периода позволяет в меньшей степени диагностировать успешность соревновательной деятельности, хотя и имеет высокую ассоциацию.

На рисунке 2 представлен пример динамики показателей активности КФК (ед./л), частота случаев выхода активности КФК за пределы референтных границ (%) и показатель соревновательной деятельности (отставание от пяти лидеров в секундах на одном километре спринтерских гонок).

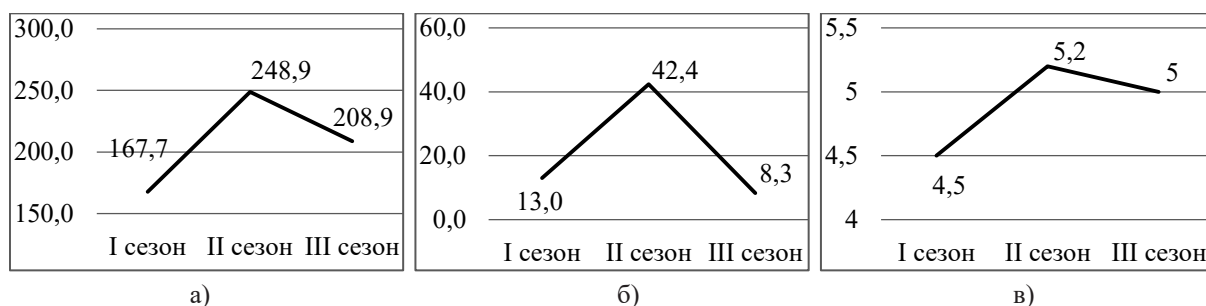


Рисунок 2 – Динамика показателей активности креатинфосфокиназы и результатов соревновательной деятельности спортсменки N

Примечания: по оси абсцисс – сезон подготовки; по оси ординат: а) активность КФК, ед./л; б) частота случаев выхода активности КФК за пределы референтных границ, %; в) среднее отставание от лидеров по результатам сезона (сек на 1 км)

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

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

Практические рекомендации. Если активность КФК утром натошак в нагрузочных микроциклах однократно не превышает верхней границы физиологических значений для спортсменов, то значительной коррекции тренировочного процесса, а следует повысить эффективность восстановительных мероприятий. Важно помнить, что в зависимости от мышечной массы у отдельных спортсменов значения активности КФК могут отличаться от вышеуказанных, поэтому рекомендуется ориентироваться на индивидуальные значения активности данного фермента и оценивать его в динамике.

При увеличении активности КФК необходимо проанализировать тренировочный план и установить фактор нагрузки, вызывающий повреждающее влияние на состояние клеточных мембран. На основании этого необходимо индивидуализировать процесс



подготовки. Периодичность контроля активности КФК зависит от схемы построения микроциклов подготовки. Необходим анализ и установление вида и направленности тренировочных нагрузок, которые потенциально могут быть причиной ферментемии.

Результаты исследования динамики КФК можно использовать для количественного и качественного подбора физических упражнений в тренировках силовой направленности (количество подходов, интервалы отдыха и др.) с целью адекватного ответа на тренировочные нагрузки.

При повышении уровня КФК рекомендуется повышение качества восстановления после нагрузки (сауна, массаж и др.), контроль ЭКГ, активности КФК и АСТ в динамике, а также фармакологическая и нутритивная поддержка, направленная на противостояние организма метаболическому стрессу и улучшающая переносимость нагрузок (на усмотрение врача команды).

Категорически запрещается использование нагрузок с пятикратным увеличением активности КФК выше индивидуальной нормы спортсмена, поскольку это ассоциируется с негативными процессами в мышечной ткани.

Важно при интерпретации учитывать индивидуальные нормы спортсменов, наличие очагов воспаления в мышцах, а также характер фармакологического обеспечения и нутритивной поддержки.

Аспаратаминотрансфераза (АсАТ, АСТ, англ. AST, GOT) и аланинаминотрансфераза (АлАТ, АЛТ, англ. ALT, GPT) играют важную роль в процессах трансаминирования, которое имеет большое значение для поддержания азотистого обмена и энергетического метаболизма при напряженных физических нагрузках. Анализ динамики активности данных ферментов позволяет сделать вывод о направленности и глубине адаптационных изменений в различных органах и тканях, а также оценить активность метаболических процессов при выполнении специфических мышечных нагрузок.

Наибольшая активность АСТ отмечается в сердечной мышце, печени, скелетных мышцах, эритроцитах, наименьшая – в почках, поджелудочной железе. Наибольшая ферментативная активность АЛТ наблюдается в печени, почках, сердечной мышце, скелетных мышцах, где фермент локализуется в основном в цитоплазме.

Референтные значения активности АСТ и АЛТ в общей популяции составляют 5–40 Ед/л. В зависимости от метода определения фермента эти данные могут незначительно варьироваться.

Интерес к изучению динамики активности аминотрансфераз обусловлен биологической ролью этих ферментов в процессе трансаминирования. Повышение фермента АСТ может быть обусловлено наличием напряжения метаболизма в одном из органов, характеризующихся наибольшей активностью данного фермента: сердечной мышце, печени, скелетных мышцах и эритроцитах. Выход в кровь фермента АЛТ является следствием нарушения проницаемости клеточных мембран, в первую очередь, гепатоцитов и кардиомиоцитов. Таким образом, повышенная активность АсАТ и АлАТ позволяет выявить ранние изменения в метаболизме печени, сердца, скелетных мышц, оценить переносимость физических нагрузок, степень токсического влияния внутренировочных эргогенных средств и своевременно сигнализирует о развитии утомления у спортсменов.

Кроме того, возникновение патологических состояний или острых и хронических заболеваний любой этиологии, сопровождающихся некрозом клеток, приводят к выходу ферментов из очага повреждения в кровь. Повышенной активностью АЛТ и АСТ может быть и при выраженной дегидратации спортсменов.



Факторами, влияющими на активность АСТ и АЛТ в сыворотке крови спортсменов, являются ниже следующие [7].

Мышечная масса. Имеются данные о наличии прямой корреляции между мышечной массой тела и активностью данных ферментов

Состояние метаболизма в печени и сердечной мышце. Повышение активности АСТ может быть обусловлено наличием напряжения метаболизма в одном из органов, характеризующихся наибольшей активностью данного фермента: сердечной мышце, печени, скелетных мышцах и эритроцитах. Фермент АСТ содержится как в цитоплазме, так и в клеточных органеллах, в первую очередь в митохондриях клеток, поэтому при наличии повреждающих явлений клеточной мембраны он обнаруживается в крови.

Вид, интенсивность и продолжительность тренировочных нагрузок. Структура тренировочных нагрузок на различных этапах тренировочного процесса вызывает специфические изменения метаболизма, отражающиеся на особенностях активности ферментов переаминирования у спортсменов высокой квалификации. Наибольшие значения активности аминотрансфераз ассоциируются с обще- и специально-подготовительными этапами тренировочного процесса. Во многом это обусловлено тем, что в подготовительном периоде тренировочный процесс направлен на значительное развитие отдельных мышечных групп и функциональных систем организма с целью усовершенствования недостаточно развитых компонентов физиологических систем, обеспечивающих высокую работоспособность в избранном виде спорта. Тренировочные средства, применяемые в данном периоде подготовки, могут существенным образом отличаться от соревновательных, поскольку задачей является повышение возможностей отдельных звеньев функциональных систем. Адаптация к данным нагрузкам тесно взаимосвязана со «слабыми звеньями» функциональных систем и может сопровождаться значительным напряжением метаболизма. В процессе дальнейшей адаптации и приближения к соревновательному периоду увеличивается доля специальных упражнений, воздействие которых сходно по характеру с соревновательными упражнениями. Это способствует снижению напряженности функционирования отдельных систем и сказывается на процессах метаболической адаптации в соревновательном периоде подготовки.

Фармакологические препараты. Завышают истинную активность АСТ и АЛТ в сыворотке крови лекарственные препараты, обладающие гепатоксичным действием; противогрибковое средство метронидазол, аскорбиновая кислота, изониазид и др. Повышение активности этих ферментов может наблюдаться в случае непереносимости отдельных лекарственных препаратов, при гемолизе, в присутствии гепарина и солей железа. *Занижает результаты истинной активности АСТ* присутствие аскорбиновой кислоты, формальдегида, глютарата, изотиозида, лейцина, метронидазола, фталата, сукцината и др.

Об интенсивности и степени напряжения метаболических процессов при выполнении физических нагрузок может свидетельствовать превышение верхней границы популяционных норм активности фермента при значительном повышении проницаемости клеточных мембран. Анализ полученных данных у спортсменов высокой квалификации показал, что превышение референтных норм наблюдается в 23,2 % измерений для АСТ и 9,3 % – для АЛТ [9]. Ферментативная активация позволяет выявить ранние признаки нарушения метаболизма в печени, миокарде, мышцах, а также оценить переносимость тренировочных нагрузок и адекватность применяемых медико-биологических средств восстановления.

Практические рекомендации. Если активность АСТ и АЛТ утром натощак в нагрузочных микроциклах не превышает 40 Ед/л (при использовании иных анализаторов



и тест-системах значения могут отклоняться в ту или иную сторону), то отмечается адекватный характер адаптации к тренировочным нагрузкам. При превышении данных значений требуется коррекция тренировочного процесса и медико-биологического обеспечения. Необходимо проанализировать тренировочный план и установить фактор нагрузки, вызывающий повреждающее влияние на состояние клеточных мембран, либо другие причины ферментемии. Повышение содержания ферментов АСТ и АЛТ в крови может быть обусловлено не только воздействием физических нагрузок, но и вследствие патологических процессов и хронических заболеваний различной этиологии, например, вирусных гепатитов, токсического влияния фармакологических препаратов, наличия сердечно-сосудистой патологии и др. Незначительное повышение активности этих ферментов может быть также следствием дегидратации организма спортсменов. Активность ферментов может возрасти при разрушении клеток в пробирке и при неправильном заборе крови, например, при гемолизе, при заборе плохим шприцем, при длительном наложении жгута, нарушении правил транспортировки крови и др.

При интерпретации результатов исследования важно учитывать индивидуальные нормы спортсменов, массу тела и ИМТ, а также характер фармакологического обеспечения.

Расчетные индексы ферментов. Как уже отмечалось ранее, в ответ на воздействие фактора физической нагрузки происходит изменение структуры клеточных мембран и их нарушается их проницаемость, что в итоге приводит к ферментемии. При трактовке повышения ферментов возникают сложности, обусловленные тем, что данные ферменты в целом не являются строго органоспецифичными и содержатся в разных количествах в различных органах и тканях организма (рис. 3). Интерпретация результатов определения аминотрансфераз не всегда является простой задачей, поскольку повышение их активности может служить результатом повышения напряжения энергообмена как в сердечной мышце, так и в скелетных мышцах, печени и др.

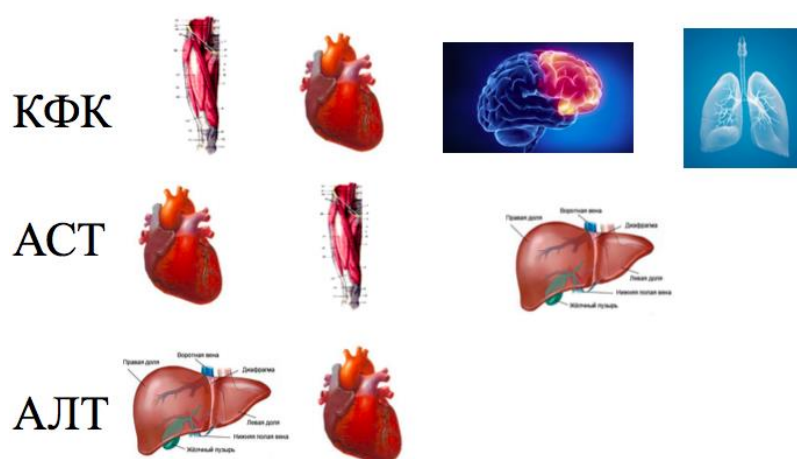


Рисунок 3 – Распределение ферментов в органах и тканях

Например, фермент АСТ более специфичен для миокарда и содержится в сердечной мышце, однако в значимом количестве он содержится и в мышечной ткани и в печени. Как оценить происхождение фермента в данном случае?

Частично ответ на этот вопрос может дать исследование индексов ферментов.



Индекс напряжения мышечной ткани рассчитывается как соотношении активности КФК/АСТ и используется в дифференциальной диагностике напряженности в мышечной ткани или миокарде. Вычисление этого индекса дает косвенную информацию, позволяющую определить источник ферментемии (скелетные мышцы или миокард?) и в дальнейшем корректировать нагрузки, повышать качество восстановления либо проводить дополнительные исследования и консультироваться у врача.

Если индекс КФК/АСТ ниже 10,0 мы можем предполагать с определенной вероятностью преимущественное повреждение кардиомиоцитов и наши действия целесообразно направить на проведение дополнительных исследований (например, ЭКГ) или проконсультироваться у врача-кардиолога, а также на внесение изменений в тренировочный процесс.

Если же это соотношение выше 10,0 то наиболее вероятно повреждение скелетной мускулатуры при физических нагрузках, не соответствующих адаптационным возможностям организма спортсмена. В этом случае важно скорректировать нагрузки (прежде всего силового характера) и улучшить качество восстановительных мероприятий.

Рассчитывать этот и другие индексы нужно только в случае повышенных значений ферментов. Если ферменты в норме, то они не имеют диагностического значения.

Коэффициент де Ритиса, представляющий собой соотношение АСТ/АЛТ, широко используется в клинической практике для дифференциальной диагностики заболеваний печени и миокарда и отражает тяжесть нарушения функционального состояния этих органов [11].

Важно помнить, что расчет коэффициента де Ритиса проводится только в случае повышения активности ферментов выше границ референтных норм. Значения коэффициента де Ритиса для представителей биатлона отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициент де Ритиса у представителей биатлона

Значение коэффициента де Ритиса			
Мужчины		Женщины	
n	X ± SD	n	X ± SD
94	0,80–1,54	351	0,84–1,82

Повышение активности одной или обеих трансаминаз при одновременном росте или снижении коэффициента де Ритиса является ценным диагностическим тестом для определения органной специфичности напряженности метаболических процессов. Характер метаболических перестроек, связанных с процессами энергообеспечения и адаптации скелетных мышц к напряженным физическим нагрузкам, не может напрямую отражать интенсивность повреждающих воздействий на печень, миокард и скелетные мышцы. Увеличение соотношения АСТ/АЛТ ассоциируется с повреждениями сердечной мышцы во время напряженных мышечных нагрузок. При наличии повреждающих явлений в печени коэффициент де Ритиса, наоборот, уменьшается. При уменьшении коэффициента де Ритиса ниже границ референтного диапазона вероятно повышение напряжения энергообмена в печени и необходимо дополнительное диагностическое обследование и, при необходимости, коррекция медико-биологического обеспечения, например, применение препаратов гепатопротекторного действия по усмотрению врача команды.



Заключение. Интерес к изучению динамики активности ферментов при повышенных физических нагрузках обусловлен их биологической ролью в поддержании энергетического и азотистого баланса в организме спортсменов при напряженной мышечной деятельности. Анализ динамики активности данных ферментов позволяет сделать вывод о направленности и глубине адаптационных изменений в различных органах и тканях, а также оценить активность метаболических процессов при выполнении специфических мышечных нагрузок.

Литература

1. Аикин В. А, Реуцкая Е. А, Сухачев Е. А. Современные подходы к организации процесса физической подготовки высококвалифицированных биатлонистов в годичном макроцикле. Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2015;12(130): 9–14.
2. Гибадуллин И. Г. Управление тренировочным процессом биатлонистов в системе многолетней подготовки : автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04. Волгоградская государственная академия физической культуры. Волгоград, 2006. 42 с.
3. Дунаев К. С. Проектирование динамики нагрузки в годичном цикле тренировки квалифицированных биатлонистов. Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2007;10(32): 32–34.
4. Загурский Н. С. Отбор и контроль за подготовленностью биатлонисток на этапе спортивного совершенствования : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Омский государственный институт физической культуры. Омск, 1993. 19 с.
5. Карленко В. П. Оптимизация тренировки квалифицированных биатлонистов на этапе непосредственной подготовки к соревнованиям : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Киевский государственный институт физической культуры. Киев, 1983. 24 с.
6. Платонов В. Н, Данько Г. Д. Теория адаптации и резервы совершенствования системы подготовки спортсменов. Наука в олимпийском спорте. 2007;(1): 3–16.
7. Рыбина И. Л., Гунина Л. М. Лабораторные маркеры контроля и управления тренировочным процессом спортсменов: наука и практика / И. Л. Рыбина, Л. М. Гунина. – М. : Спорт, 2021. – 376 с.
8. Рыбина И. Л, Ширковец Е. А. Особенности биохимической адаптации к нагрузкам различной направленности биатлонистов высокой квалификации. Вестник спортивной науки. 2015(3): 28–33.
9. Рыбина, И. Л. Биохимические аспекты оценки адаптации организма высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта к напряженным физическим нагрузкам: дис. ... докт. биол. наук: 14.03.11 – М., 2016. – 285 с.
10. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine. Adv Clin Chem. 2012;56: 1–54. doi: 10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7.
11. Botros, M. The de ritis ratio: the test of time / M. Botros, K. A. Sikaris // Clin Biochem Rev. – 2013. – № 34(3). – P. 117–30.
12. Brancaccio, P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. Clin. Chem Lab Med. 2010;48(6): 757–767. doi: 10.1515/CCLM.2010.179.
13. Cervellin, G. Rhabdomyolysis: historical background, clinical, diagnostic and therapeutic features / G. Cervellin, I. Comelli, G. Lippi // Clin Chem Lab Med. 2010 Jun;48(6): 749–756.
14. Fragala, MS., Bi C, Chaump M, Kaufman HW, Kroll MH. Associations of aerobic and strength exercise with clinical laboratory test values. PLoS One. 2017;12(10). doi: 10.1371/journal.pone.0180840.
15. Gleeson M. Biochemical and immunological markers of overtraining. Jof Sports Science and Medicine. 2002;(1): 31–41.



16. Holmberg H. C. The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology. *Scand. J Med Sci Sports*. 2015;(25): 100–109. doi: 10.1111/sms.12601.
17. Jamurtas, A. Z. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage / A. Z. Jamurtas, V. Theocharis, T. Tofas, A. Tsiokanos, C. Yfanti, V. Paschalis, Y. Koutedakis, K. Nosaka // *Eur J Appl Physiol*. – 2005. – № 95. – P. 179–185. Stoggl T, Bishop P, Höök M, Willis S, Holmberg HC. Effect of carrying a rifle on physiology and biomechanical responses in biathletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(3): 617–624. doi: 10.1249/MSS.0000000000000438.
18. Koch A. J., Pereira R., Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise / A. J. Koch, R. Pereira, M. Machado // *J. Musculoskelet Neuronal. Interact*. – 2014. – № 14(1) . – P.68–77.
19. Laaksonen M. S., Jonsson M., Holmberg H. C. The Olympic biathlon – recent advances and perspectives after Pyeongchang. *Frontiers in Physiology*. 2018;(9). doi:10.3389/fphys.2018.00796
20. Lee E. C., Fragala M. S., Kavouras S. A. , Queen R. M. , Pryor JL, Casa D. J. Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. *J Strength Cond Res*.2017;31(10): 2920–2937. doi: 10.1519/JSC.0000000000002122.
21. Luchsinger, H., Kocbach J, Ettema G, Sandbakk Ø. Comparison of the effects of performance level and sex on sprint performance in the biathlon world cup. *Int J Spots Physiol Perform*. 2018;(13)3: 360–366. doi: 10.1123/ijsp.2017-0112.
22. Matsumoto, K. Branched-chain amino acid supplementation attenuates muscle soreness, muscle damage and inflammation during an intensive training program / K. Matsumoto, T. Koba, K. Hamada, M. Sakurai, T. Higuchi, H. Miyata // *J Sports Med Phys Fitness*. – 2009. – № 49. – P. 424–431.
23. Pournot, H. Short term effects of various water immersions on recovery from exhaustive intermittent exercise / H. Pournot, F. Bieuzen, R. Duffield, P. M. Lepretre, C. Cozzolino, C. Hausswirth // *Eur J Appl Physiol*. – 2011. – № 111. – P. 1287–1295.
24. Sandbakk O. A., Holmberg H. C. Reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;(9): 117–121. doi: 10.1123/ijsp.2013-0373.
25. Sandbakk, O. A., Bucher Sandbakk S., Supej M., Holmberg H. C. The velocity and energy profiles of elite cross-country skiers executing downhill turns with different radii. *Int. J. Sport Physiol. Perform*.2014;9(1): 41–47. doi: 10.1123/IJSP.2013-0383.
26. Sandbakk, S., Supej M., Sandbakk Ø., Holmberg H. C. Downhill turn techniques and associated physical characteristics in cross-country skiers. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24(4): 708–716. doi: 10.1111/sms.12063.
27. Sattler G., Buchecker M., Gressenbauer C., Müller E., Lindinger S. J. Factors discrimination high from low score performance in biathlon shooting. *Int J Sport Physiol Perform*. 2017;12(3): 377–384. doi: 10.1123/ijsp.2016-0195.
28. Sharkey B. J., Gaskill S. E. *Sport Physiology for Coaches*. Human Kinetics, 2006. 310 p.
29. Skattebo O., Losnegard T. Variability, predictability and race factors affecting performance in elite biathlon. *Int J Sport Physiol Perform*. 2018;13(3): 313–319. doi: 10.1123/ijsp.2017-0090.
30. Tonnessen E, Sylta Ø, Haugen TA, Hem E, Svendsen IS, Seiler S. The Road to Gold: Training and Peaking Characteristics in the Year Prior to a Gold Medal Endurance Performance. *PLoS One*. 2014;14;9(7): e101796. doi: 10.1371/journal.pone.0101796.
31. Vilkers J. N., Williams A. M. Performing under pressure: the effects of physiological arousal, cognitive anxiety and gaze control in biathlon. *J Mot Behav*. 2007;39(5): 381–394. doi: 10.3200/JMBR.39.5.381-394.
32. Westerblad H., Bruton J. D., Katz A. Skeletal muscle: energy metabolism, fiber types, fatigue and adaptability. *Exp Cell Res*. 2010;316(18): 3093–3099. doi: 10.1016/j.yexcr.2010.05.019.