

АКТИВНОСТЬ СЫВОРОТОЧНЫХ ФЕРМЕНТОВ В МОНИТОРИНГЕ
ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ
СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

И.Л. РЫБИНА

*Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта»,
ул. Воронянского, 50/1, г. Минск, Республика Беларусь, 220007, e-mail: i_rybina@mail.ru*

Аннотация. В статье представлены результаты изучения активности ферментов у 311 спортсменов высокой квалификации циклических видов спорта в капиллярной крови. Многократное обследование проводилось в рамках текущего клинико-лабораторного мониторинга на этапах многолетней подготовки спортсменов, специализирующихся в плавании, биатлоне, велоспорте, лыжных гонках, академической гребле и гребле на байдарках и каноэ. Обработаны данные 6950 исследований активности КФК, АСТ и АЛТ в капиллярной крови. Представлены данные анализа активности ферментов в зависимости от вида спорта и этапа подготовки спортсменов, а также в гендерном аспекте. Определены физиологические значения активности сывороточных ферментов у спортсменов высокой квалификации с учетом вида спорта, гендерных различий и этапа подготовки. Выявлены тенденции изменения активности ферментов у представителей циклических видов спорта на различных этапах годичного цикла подготовки. Установлена высокая межличностная вариация активности КФК у представителей циклических видов спорта (коэффициент вариации 65,0-102,9% для мужчин и 44,0-128,8% для женщин). Выявлена достоверно более высокая активность креатинфосфокиназы у мужчин по сравнению с женщинами. Обнаружена тенденция снижения активности КФК от подготовительного к соревновательному периоду. Частота встречаемости превышения активности ферментов верхней границы популяционных норм у высококвалифицированных спортсменов составила 29,0% для КФК, 23,2% – АСТ и 9,3% – АЛТ.

Ключевые слова: активность ферментов, циклические виды спорта, тренировочный процесс, клинико-лабораторный мониторинг.

SERUM ENZYME MONITORING IN TRAINING OF ELITE ATHLETES IN ENDURANCE SPORTS

I.L. RYBINA

*Republican scientific and practical center of sports
Voronyansky str., 50/1, Minsk, Belarus, 220007, e-mail: i_rybina@mail.ru*

Abstract. The article presents the results of serum enzymes study in endurance sports. 311 elite athletes were investigated in swimming, biathlon, cycling, cross country skiing, rowing and kayaking. Capillary blood examination was performed on training camps during ten years. We included in statistical analysis 6950 CK tests, 5904 - AST and 5667- ALT. They were analyzed depending on kind of sport, training stage preparation and gender. The physiological serum enzyme ranges of elite athletes were estimated in view of sport, gender differences and stage of preparation. Serum enzyme activity trend was found in endurance sports at various preparation stages of the annual cycle of training. The high individual variation of CK activity was in endurance sports (variation coefficient 65,0-102,9% for men and 44,0-128,8% for women). It revealed the significantly higher CK activity in men compared to women. The trend of CK activity decrease was found from preparatory to competitive period. We examined the excess frequency enzyme activity higher upper limit of reference ranges for healthy individuals. It was 29,0% for CK, 23,2% - AST and 9,3% - ALT.

Key words: serum enzymes, endurance sports, sports biochemistry, laboratory monitoring.

Определение активности ферментов в сыворотке крови широко используется в мониторинге тренировочного процесса в спорте высших достижений и является информативным тестом оценки состояния метаболизма ряда органов и систем [1-5, 7]. Особый интерес представляют тканевые ферменты, поступающие в кровь из скелетных мышц и других тканей в результате нарушения проницаемости клеточных мембран под влиянием тренировочных нагрузок [3, 5, 7]. К ним относятся, в первую очередь, *креатинфосфокиназа* (КФК), *аспартатаминотрансфераза* (АСТ), *аланинаминотрансфераза* (АЛТ) и др. В спорте высших достижений существуют определенные трудности с трактовкой результатов исследования активности ферментов под влиянием физических нагрузок, поскольку данные показатели могут иметь высокие диагностические ассоциации с рядом заболеваний и наличием возможных предпатологических составляющих. В связи с этим представляет интерес выявление физиологических значений активности вышеуказанных ферментов у спортсменов, вызванных физическими упражнениями. Это позво-

лит получить ориентиры для трактовки результатов исследований в спорте высших достижений и выявить опасные значения показателей для спортсменов, чтобы предотвратить травмы, развитие хронической усталости и перетренировку. 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 мышечных нагрузок [5].

Цель исследования – изучение активности ферментов КФК, АСТ и АЛТ в капиллярной крови у спортсменов высокой квалификации циклических видов спорта на различных этапах подготовки.

Материалы и методы исследования. В исследовании приняли участие 311 спортсменов высокой квалификации циклических видов спорта в возрасте 20-29 лет (180 мужчин и 131 женщина). Спортсмены имели квалификацию *мастер спорта* (МС) (74,6%) и *мастер спорта международного класса* (МСМК) (25,4%). Многократное обследование проводилось в рамках текущего клинико-лабораторного мониторинга на учебно-тренировочных сборах на этапах многолетней подготовки (2004-2014 г). Всего обработаны данные 6950 исследований активности КФК, 5904 – АСТ и 5667 – АЛТ в капиллярной крови. Забор крови проводили утром натощак в начале микроцикла. Исследование проводилось с применением фотометра РМ 2111 производства ЗАО «Солар» (Республика Беларусь) и портативного биохимического анализатора *PICCOLO Xpress* (ABAXIS, США).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью методов описательной статистики и сравнительного анализа с использованием *U*-критерия Манна-Уитни для независимых переменных. Различия в частоте встречаемости выхода значений активности ферментов за пределы популяционных норм изучались с помощью точного критерия Фишера.

Результаты и их обсуждение. В табл. представлены результаты изучения активности сывороточных ферментов у представителей циклических видов спорта.

Таблица

Активность ферментов в капиллярной крови у спортсменов циклических видов спорта

Вид спорта	АСТ, ЕД/л		АЛТ, ЕД/л		КФК, ЕД/л	
	<i>n</i>	$\bar{X} \pm SD$	<i>n</i>	$\bar{X} \pm SD$	<i>n</i>	$\bar{X} \pm SD$
мужчины						
Биатлон	96	30,8±8,0	94	28,0±7,8*	135	252,1±14,5*
Велоспорт	153	43,3±12,7*	153	30,6±7,7	1089	209,7±4,13*
Гребля академическая	761	27,6±8,8	816	21,8±8,7	2938	312,5±5,28*
Гребля на байдарках и каноэ	2709	36,9±14,0*	2725	29,0±13,8*	112	288,7±17,4*
Лыжные гонки	111	29,6±9,9	104	20,7±7,8	581	276,7±11,8*
Плавание	579	35,3±16,8*	445	26,3±14,0*	116	286,4±18,8*
женщины						
Биатлон	359	31,8±11,2	351	25,1±7,9	617	202,9±6,98
Велоспорт	105	38,5±7,13	105	29,8±6,2	85	181,1±8,63
Гребля академическая					233	134,5±3,96
Гребля на байдарках и каноэ	462	33,3±10,1	451	22,4±8,6	472	187,6±5,75
Лыжные гонки	122	29,3±9,0	120	22,5±9,5	122	200,1±9,41
Плавание	447	28,8±14,4	303	19,1±9,5	450	171,1±10,4

Примечание: * – различия достоверны по сравнению с женщинами ($P < 0,05$)

Как видно из представленных данных, существует большая вариация активности ферментов сыворотки крови. Коэффициент вариации активности КФК находился в интервале 44,0-128,8%, АСТ – 18,5-50,0% и АЛТ – 20,8-53,2%. Наибольшие коэффициенты вариации и максимальные значения величин активности ферментов отмечены в плавании, гребле на байдарках и каноэ и биатлоне. Представители мужского пола в гребле на байдарках и каноэ характеризовались достоверно более высокими значениями активности КФК по сравнению с велоспортом и академической греблей ($P < 0,05$). 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 ($P < 0,05$). Достоверно более высокие значения активности АСТ у представителей мужского пола по сравнению с женщинами наблюдались 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 ($P < 0,05$).

Результаты статистического анализа активности ферментов на различных этапах подготовки позволили выявить особенности их тренда. У представителей мужского пола циклических видов спорта отмечалась тенденция к снижению среднегрупповых данных КФК при переходе от общеподготовительного к специально-подготовительному (в академической гребле различия достоверны, $P < 0,05$) и соревновательному периодам (в гребле на байдарках и каноэ и гребле академической различия достоверны, $P < 0,05$). У гребцов на байдарках и каноэ наблюдалось достоверное возрастание КФК в специально-подготовительном периоде по сравнению с общеподготовительным ($P < 0,05$). У представительниц женского пола в биатлоне и велоспорте величины КФК в специально-подготовительном периоде достоверно выше, чем в общеподготовительном ($P < 0,05$). В академической гребле активность данного фермента в соревновательном периоде достоверно ниже, чем в обще- и специально-подготовительном ($P < 0,05$). Достоверное увеличение активности АСТ при переходе от общеподготовительного к специально-подготовительному и дальнейшее снижение к соревновательному периоду отмечалось у представителей мужского пола в гребле на байдарках и каноэ и академической гребле ($P < 0,05$). У представительниц велоспорта как мужского, так и женского пола тренд активности фермента направлен в сторону снижения при переходе от общеподготовительного к специально-подготовительному периоду ($P < 0,05$). У женщин в плавании среднегрупповые значения активности АСТ в специально-подготовительном периоде достоверно выше, чем в общеподготовительном ($P < 0,05$). Тренд активности фермента АЛТ на различных этапах тренировочного процесса существенным образом не отличается от такового для АСТ.

Специфика вида спорта накладывает существенный отпечаток в различные периоды подготовки как на суммарный объем нагрузок, так и на соотношение различных видов подготовки, что в конечном итоге может обуславливать различия в закономерностях формирования долговременных адаптационных реакций. Это соответствующим образом отражается на динамике активности ферментов в различные периоды подготовки. Возрастание активности ферментов в специально-подготовительном периоде может быть следствием развивающегося утомления на фоне больших объемов тренировочных нагрузок, выполненных в предшествующий период. В отдельных случаях данное явление может быть сигналом, свидетельствующим о начале развития перетренированности.

Об интенсивности и степени напряжения метаболических процессов при выполнении физических нагрузок информативным является превышение активности фермента верхней границы популяционных норм, свидетельствующих о повышении проницаемости клеточных мембран. Анализ полученных данных показал, что превышение верхней границы популяционных норм наблюдалось в 29,0% измерений для КФК, 23,2% – АСТ и 9,3% – АЛТ.

Анализ распределения выхода активности АСТ и АЛТ за границы популяционных норм на различных этапах подготовки показал, что соревновательный период характеризуется достоверным снижением встречаемости данных отклонений ($P < 0,05$). Тренд данного явления при переходе от общеподготовительного к специально-подготовительному различается в зависимости от вида спорта. Для фермента АСТ частота выхода за пределы референтных диапазонов достоверно различалась между обще- и специально-подготовительным периодом в велоспорте и гребле на байдарках и каноэ ($P < 0,05$). В соревновательном периоде выход за пределы референтных диапазонов достоверно реже по сравнению с обще- и специально-подготовительным периодом отмечался у представителей гребли на байдарках и каноэ и плавания ($P < 0,05$). Аналогичная закономерность наблюдалась и для активности аланинаминотрансферазы.

Значительная вариация активности ферментов в крови обусловлена различиями в скорости выхода фермента в кровь, которая зависит от состояния клеточных мембран и изменения их проницаемости под воздействием физических нагрузок. В зависимости от направленности тренировочных нагрузок выход фермента в кровь из клетки может быть обусловлен различными причинами, главными из которых являются механические повреждения мышц, индуцированные физической нагрузкой, и метаболический стресс, обусловленный образованием свободных радикалов в процессе тренировки.

Анализ активности креатинфосфокиназы у представителей различных циклических дисциплин показал, что существуют особенности повышения активности энзима в зависимости от вида спорта и характера тренировочных нагрузок. Более высокие среднегрупповые значения, коэффициенты вариации и максимальные значения величины КФК в гребле на байдарках и каноэ и в плавании, возможно, обусловлены большим объемом силовой работы, направленной на развитие креатинкиназного механизма энергообеспечения у представителей спринтерских специализаций этих дисциплин. Несмотря на то, что в специальной литературе существуют противоречивые мнения о наличии положительной взаимосвязи между объемом силовой нагрузки и активностью КФК, ряд авторов придерживается мнения о наличии такой зависимости [10, 11]. При выполнении тренировок силовой направленности образование энергии в алактатной системе энергообеспечения происходит при расщеплении богатых энергией фосфатных соединений – АТФ и креатинфосфата. Реакция расщепления креатинфосфата стимулируется ферментом

креатинфосфокиназой. С другой стороны, различия в активности КФК в разных видах спорта могут быть отражением степени вовлечения различных групп мышц в выполнение упражнений в зависимости от вида спорта. Например, в гребле на байдарках и каноэ в выполнение упражнений вовлечены главным образом мышцы верхней части тела. В специальной литературе имеются данные в большей степени возрастании активности КФК после упражнений, вовлекающих мышцы верхней части тела, по сравнению с упражнениями для нижних конечностей [6, 8, 9, 12]. Природа данного явления может быть объяснена тем, что нижние конечности в большей степени задействованы в повседневной жизни и по сравнению с верхними конечностями, менее подвержены изменениям повреждающего характера, которые сопровождаются повышением активности мышечных энзимов [8].

На различия в активности КФК могут в определенной степени накладываться отпечаток особенности системы построения тренировочных циклов с учетом различных тренировочных методик и субъективных факторов, связанных с квалификацией тренерского состава. Однако, по нашему мнению, проводимое исследование охватывает значительный временной отрезок наблюдений и включает мониторинг различных тренировочных подходов, что позволяет объективно судить об исследуемых процессах.

Выявленные различия в величинах КФК в гендерном аспекте связаны, по-видимому, с различной мышечной массой испытуемых различных групп и особенностями компонентного состава тела представителей мужского и женского пола. Влияние половых различий на активность КФК может быть в определенной степени обусловлена особенностями гормонального статуса обследуемых контингентов и положительным влиянием эстрогенов на состояние мышц [13]. Повышенная напряженность энергообмена в мышцах в обще-подготовительном периоде подготовки может быть связана с большими объемами тренировочных нагрузок, а также с различной скоростью адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам. 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 организма.

Практическая ценность мониторинга активности КФК в тренировочном процессе заключается в том, что используя динамику данного фермента под влиянием физических нагрузок, можно подобрать упражнения различного характера и интенсивности, не вызывающие негативных процессов в мышечной ткани.

На этапах годового цикла подготовки отмечалась различное сочетание нагрузок разной направленности, которое в итоге обеспечивает преемственность формирования различных компонентов подготовленности спортсменов. В основе этого процесса используются закономерности формирования адаптации, конечной целью которой является достижение наивысшего уровня готовности к главному старту сезона.

Выводы. Скорость элиминации ферментов из мышц в сосудистое русло является индивидуальной характеристикой и их динамика может быть интегральным отражением отставленного эффекта выполненной мышечной нагрузки. В результате выполненного исследования определены физиологические значения активности сывороточных ферментов у спортсменов высокой квалификации циклических видов спорта с учетом вида спорта, гендерных различий и этапа подготовки. Высокая диагностическая ценность определения энзимов обусловлена влиянием высокоинтенсивных физических нагрузок на метаболические процессы, протекающие с участием ферментов.

Результаты проведенных исследований показали, что высокая напряженность тренировочного процесса в циклических видах спорта сопровождалась существенными изменениями в ферментативной сфере, которые оказывают влияние на процессы регуляции и взаимодействие различных механизмов энергообеспечения. Физические нагрузки оказывают влияние на процессы взаимодействия клетки с межклеточным пространством, интенсивность которого регулируется посредством изменения проницаемости клеточных мембран, определяющей функциональную активность клетки и возможность ее полноценного функционирования в данный момент. Залогом правильной интерпретации результатов мониторинга активности ферментов является необходимость принимать во внимание этап подготовки спортсмена, гендерные различия и другие факторы, способные оказывать влияние на полученные результаты.

Литература

1. Макарова Г.А., Локтев С.А. Медицинский справочник тренера. М.: Советский спорт. 2005. 587 с.
2. Ширковец Е.А., Титлов А.Ю., Луньков С.М. Критерии и механизмы управления подготовкой спортсменов в циклических видах спорта // Вестник спортивной науки. 2013. № 5. С. 44–48.
3. Banfi G., Colombini A., Lombardi G., Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine // Adv. Clin. Chem. 2012. № 56. P. 1–54.
4. Brancaccio P., Lippi G., Mafulli N. Biochemical markers of muscular damage // Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. 2010. № 48(6). P. 757–767.

5. Brancaccio P., Maffulli N., Buonauro R., Limongelli F.M. Serum enzyme monitoring in sports medicine // *Clin. Sports Med.* 2008. № 27 (1). P. 1–18.
6. Chen T.C., Lin K.Y., Chen H.L., Lin M.J., Nosaka K. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles // *European Journal of Applied Physiology.* 2011. №111. P. 211–223.
7. Gleeson M. Biochemical and immunological markers of overtraining // *Journal of Sport Science and Medicine.* 2002. № 1. P. 31–41.
8. Jamurtas A.Z., Theocharis V., Tofas T., Tsiokanos A., Yfanti C., Paschalis V., Koutedakis Y., Nosaka K. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage // *European Journal of Applied Physiology.* 2005. № 95. P. 179–185.
9. Machado M., Brown L. E., Augusto-Silva P., Pereira R. Is exercise-induced muscle damage susceptibility body segment dependent? Evidence for whole body susceptibility // *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2013. № 13. P. 105–110.
10. Machado M., Willardson J.M., Silva D.P., Frigulha I.C., Koch A.J., Souza S.C. Creatine Kinase Activity Weakly Correlates to Volume Completed Following Upper Body Resistance Exercise // *Res Q Exerc Sport.* 2012. № 83. P. 276–281.
11. Nosaka K., Clarkson P.M. Relationship between post-exercise plasma CK elevation and muscle mass involved in the exercise // *Int J Sports Med.* 1992. № 13. P. 471–475.
12. Saka T., Bedrettin A., Yazici Z., Sekir U., Gur H., Ozarda Y. Differences in the magnitude of muscle damage between elbow flexors and knee extensors eccentric exercises // *J Sports Sci Med.* 2009. № 8. P. 107–115.
13. Tiidus P.M. Influence of estrogen on muscle plasticity // *Braz. J. Biomotricity.* 2011. № 4. P. 143–155.

References

1. Makarova GA, Loktev SA. *Meditinskiy spravochnik trenera.* Moscow: Sovetskiy sport; 2005. Russian.
2. Shirkovets EA, Titlov AY, Lun'kov SM. Kriterii i mekhanizmy upravleniya podgotovkoj sportsmenov v tsiklicheskih vidakh sporta. *Vestnik sportivnoy nauki.* 2013;5:44-8. Russian.
3. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine. *Adv. Clin. Chem.* 2012;56:1–54.
4. Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine.* 2010;48(6):757-67.
5. Brancaccio P, Maffulli N, Buonauro R, Limongelli FM. Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clin. Sports Med.* 2008;27(1):1-18.
6. Chen TC, Lin KY, Chen HL, Lin MJ, Nosaka K. Comparison in eccentric exercise-induced muscle damage among four limb muscles. *European Journal of Applied Physiology.* 2011;111:211-23.
7. Gleeson M. Biochemical and immunological markers of overtraining. *Journal of Sport Science and Medicine.* 2002;1:31-41.
8. Jamurtas AZ, Theocharis V, Tofas T, Tsiokanos A, Yfanti C, Paschalis V, Koutedakis Y, Nosaka K. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *European Journal of Applied Physiology.* 2005;95:179-85.
9. Machado M, Brown L E, Augusto-Silva P, Pereira R. Is exercise-induced muscle damage susceptibility body segment dependent? Evidence for whole body susceptibility. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2013;13:105-10.
10. Machado M, Willardson JM, Silva DP, Frigulha IC, Koch AJ, Souza SC. Creatine Kinase Activity Weakly Correlates to Volume Completed Following Upper Body Resistance Exercise. *Res Q Exerc Sport.* 2012;83:276-81.
11. Nosaka K, Clarkson PM. Relationship between post-exercise plasma CK elevation and muscle mass involved in the exercise. *Int J Sports Med.* 1992;13:471-5.
12. Saka T, Bedrettin A, Yazici Z, Sekir U, Gur H, Ozarda Y. Differences in the magnitude of muscle damage between elbow flexors and knee extensors eccentric exercises. *J Sports Sci Med.* 2009;8:107-15.
13. Tiidus PM. Influence of estrogen on muscle plasticity. *Braz. J. Biomotricity.* 2011;4:143-55.

Библиографическая ссылка:

Рыбина И.Л. Активность сывороточных ферментов в мониторинге тренировочного процесса высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание.* 2016. №1. Публикация 2-12. URL: <http://www.medsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-1/2-12.pdf> (дата обращения: 18.02.2016). DOI: 10.12737/18567.