

## АКТИВНОСТЬ МЫШЕЧНЫХ ФЕРМЕНТОВ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ БОБСЛЕИСТОВ

**Р.М. Раджаббадиев**

мл. науч. сотрудник, лаборатория спортивной антропологии и нутрициологии,  
ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва)  
E-mail: 89886999800@mail.ru

**Цель работы:** оценка некоторых биохимических показателей крови спортсменов, преимущественно тренирующих силовую выносливость. **Материал и методы.** Обследовали 40 элитных спортсменов-бобслеистов обоего пола (28 мужчин и 12 женщин) в предсоревновательный период спортивной подготовки. Возраст мужчин составил  $22,1 \pm 2,53$  лет, женщин –  $23,7 \pm 3,63$  лет. На биохимическом анализаторе «Kopelab 20» (Финляндия) изучили активность аланинаминотрансферазы (АЛТ) и аспаргатаминотрансферазы (АСТ), креатинфосфокиназы (КФК) и креатинфосфокиназы МБ (КФК-МБ) в сыворотке крови спортсменов. Индекс повреждения мышц рассчитывали соотношением активности КФК/АСТ. Измерение антропометрических показателей проводили по унифицированной методике с использованием стандартных медицинских весов «МАССА-К» и медицинского ростомера «Tanita HR-001» с последующим расчетом индекса массы тела. Методом биоимпедансометрии с помощью программного обеспечения «Looking'Body» на анализаторе «InBody 720» проводили оценку показателей мышечной массы тела (ММТ). **Результаты.** В обеих гендерных группах выявлено значительное превышение активности КФК относительно референтных величин (в среднем у мужчин в 2,9 и у женщин в 1,9 раза). Отмечена высокая индивидуальная вариация активности ферментов, что указывает на разный уровень адаптационного потенциала спортсменов. Сравнительный анализ активности КФК в гендерном аспекте показал статистически значимое ( $p < 0,05$ ) превышение данного показателя у мужчин (на 44,1%). Также у мужчин в 47,6 и 23,8% случаев наблюдали повышенные значения АСТ и АЛТ соответственно, относительно референтных интервалов. В группе женщин показатели активности указанных ферментов не выходили за пределы нормальных величин. Индекс повреждения мышц в 95,2% случаев у мужчин и 75% случаев у женщин был более 10 и составил  $16,1 \pm 4,24$  и  $13,4 \pm 4,58$  соответственно, что указывает на наличие повреждений клеток мышечной ткани. **Выводы.** Полученные данные свидетельствуют, что для бобслеистов характерны высокие значения метаболических биомаркёров. Вероятно, это объясняется механическими повреждениями миоцитов при интенсивных физических нагрузках скоростно-силового характера и развитием у спортсменов данной группы креатинфосфокиназного механизма энергообеспечения.

**Ключевые слова:** бобслей, адаптация, биомаркёр, креатинфосфокиназа, аланинаминотрансфераза, аспаргатаминотрансфераза, повреждение мышц.

**Для цитирования:** Раджаббадиев Р.М. Активность мышечных ферментов в сыворотке крови бобслеистов. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2019; 22(9): 43–46. <https://doi.org/10.29296/25877313-2019-09-07>

Мониторинг биохимических показателей в спорте высших достижений является одним из важнейших элементов медико-биологического обеспечения подготовки спортсменов. Изучение информативных биохимических маркёров позволяет получить объективную оценку состояния здоровья спортсменов без отрыва от тренировочного цикла. В этой связи определение активности тканевых ферментов в сыворотке крови обретает особую актуальность. В первую очередь, по мнению ряда исследователей [1–4], к таким биомаркёрам относятся креатинфосфокиназа (КФК), аланинаминотрансфераза (АЛТ) и аспаргатаминотрансфераза (АСТ). Активность указанных ферментов зависит от множества факторов, в числе которых пол спортсмена, мышечная масса, вид физической нагрузки, климатогеографические условия. Элиминация тканевых ферментов в сосудистое русло ас-

социирована с повреждением мышечного волокна во время выполнения интенсивной физической нагрузки [5–9]. По величинам активности данных энзимов можно судить об уровне тренированности спортсменов, глубине адаптационных изменений и о полноценности восстановления [10].

Ц е л ь и с с л е д о в а н и я – оценка показателей активности КФК, АЛТ и АСТ у спортсменов, преимущественно тренирующих силовую выносливость.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Изучение активности ферментов сыворотки крови у спортсменов-бобслеистов проводили в предсоревновательный период их спортивной подготовки. Спортсмены, принявшие участие в исследовании, проходили углубленное медицинское обследование в ФГБУ «Федеральный научно-клини-

ческий центр спортивной медицины и реабилитации ФМБА России» (Москва). Все обследуемые дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. Всего было обследовано 40 элитных спортсменов (кандидаты в мастера спорта, мастера спорта) обоего пола (28 мужчин и 12 женщин). Возраст мужчин составил  $22,1 \pm 2,53$  лет, женщин –  $23,7 \pm 3,63$  лет. Исследование биохимических показателей в сыворотке крови (определение активности АЛТ, АСТ, КФК и КФК-МВ) выполнялось на анализаторе фирмы «Konelab 20» (Финляндия). Лабораторные методы исследования применялись в соответствии со стандартными требованиями, установленными для плановой диспансеризации спортсменов высших достижений. Индекс повреждения мышц рассчитывали соотношением активности КФК/АСТ. Измерение антропометрических показателей проводили по унифицированной методике с использованием стандартных медицинских весов «МАССА-К» («МАССА-К», РФ) и медицинского ростомера «Tanita HR-001» («Tanita», Япония) с последующим расчетом индекса массы тела (ИМТ,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ). Методом биоимпедансометрии (БИА) с помощью программного обеспечения «Looking'Body» на анализаторе «InBody 720» (Южная Корея) оценивали показатели мышечной массы тела (ММТ). Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием IBM SPSS Statistics v/ 23.0 (США) и Microsoft Excel.

Результаты представили в виде средних величин, а также стандартного отклонения ( $M \pm \sigma$ )

и min–max. Оценку достоверности различий средних величин осуществляли с использованием *t*-критерия Стьюдента. Корреляционный анализ проводили с помощью коэффициентов Пирсона. Уровень значимости различий считали достоверным при  $p < 0,05$

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Мониторинг активности мышечных ферментов на различных этапах подготовки спортсмена дает представление об особенностях метаболических изменений при воздействии физической нагрузки разной направленности. В связи с этим изучение активности энзимов, участвующих в обеспечении физической работоспособности спортсменов, является необходимым элементом рационального построения тренировочного процесса спортсменов.

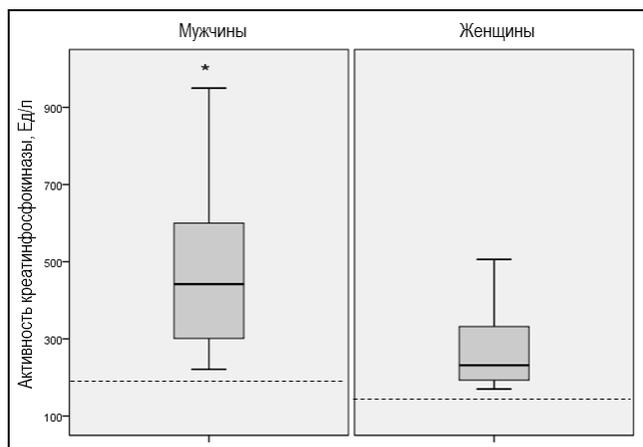
В таблице отражены основные показатели биохимического статуса и антропометрических измерений спортсменов, специализирующихся в бобслее.

У всех обследованных спортсменов, мужчин и женщин, было отмечено значительное превышение активности КФК относительно референтных величин в среднем в 2,9 и 1,9 раза соответственно (рис. 1). Коэффициент вариации активности данного биомаркера у мужчин и женщин был схожим и составил 46,4 и 41,3% соответственно. Полученные высокие значения вариации активности КФК, вероятно, связаны с различной динамикой элиминации фермента в кровяное русло и уровнем тренированности спортсменов.

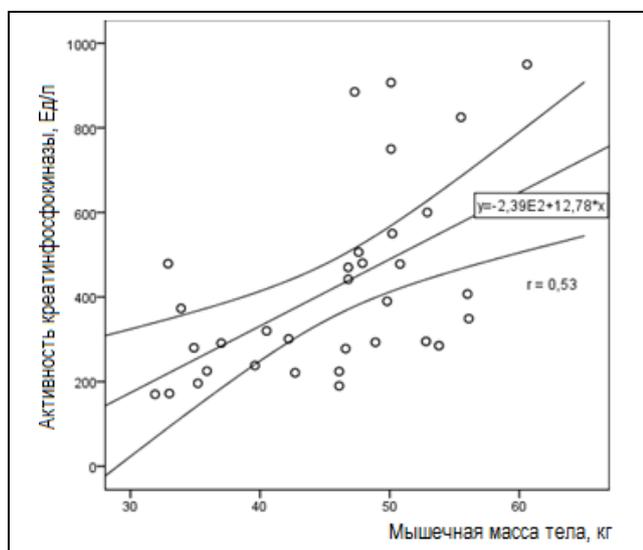
**Таблица. Активность метаболических маркеров и некоторые антропометрические параметры спортсменов-бобслеистов ( $M \pm \sigma$ )**

Показатель	Мужчины			Женщины		
	$M \pm \sigma$	min–max	Референтный интервал	$M \pm \sigma$	min–max	Референтный интервал
КФК, Ед/л	$498,8 \pm 231,9^*$	221–950	0–171	$278,6 \pm 115,3$	170–506	0–145
КФК-МВ, Е/л	$16,4 \pm 4,03$	11–24	1–25	$15,8 \pm 4,74$	11–29	1–25
АСТ, Ед/л	$31,2 \pm 12,4^*$	14–64	0–31	$20,5 \pm 2,81$	16–24	031
АЛТ, Ед/л	$30,3 \pm 15,3^*$	13–74	0–34	$17 \pm 4,57$	11–25	0–34
КФК/АСТ	$16,1 \pm 4,24^*$	8,3–22,6	2–9	$13,4 \pm 4,58$	7,8–21,7	2–9
Рост, см	$183,4 \pm 5,27^*$	175–194	172,9–181,7 <sup>#</sup>	$172 \pm 4,71$	164,5–180	161,6–169,7 <sup>#</sup>
Масса тела, кг	$89,5 \pm 8,17^*$	80–108,4	64,8–74,1 <sup>#</sup>	$70,3 \pm 7,19$	63–81,6	53,3–67,0 <sup>#</sup>
ММТ, кг	$48,5 \pm 5,14^*$	40,5–60,6	28,91–34,01 <sup>#</sup>	$36,9 \pm 6,67$	27,7–47,6	19,30–23,43 <sup>#</sup>
ИМТ	$26,6 \pm 2,35^*$	20,4–31,2	20,9–24,9 <sup>#</sup>	$23,79 \pm 1,39$	22,3–26,3	19,6–24,2 <sup>#</sup>

Примечание: <sup>#</sup> – популяционная норма [11]; \* – статистически значимое отличие ( $p < 0,05$ ).



**Рис. 1.** Активность креатинфосфокиназы в периферической крови спортсменов-бобслеистов: пунктирной линией отмечена верхняя граница физиологической нормы; \* – статистически значимое отличие ( $p < 0,05$ )



**Рис. 2.** Зависимость активности креатинфосфокиназы от мышечной массы тела спортсменов

Важно отметить, что показатели активности КФК мужчин на 44,1% превысили показатели женщин ( $p < 0,05$ ). Выявленные различия в величинах КФК связаны с более развитым мышечным компонентом тела у мужчин [1]. Проведенный анализ Пирсона показал наличие выраженной корреляции между показателями ММТ и активностью КФК (рис. 2).

Активность сердечного изофермента – КФК-МВ, являющегося маркером повреждения миокарда, практически у всех обследуемых спортсменов находилась в пределах нормальных величин и лишь в единичном случае у женщин была повышена. Коэффициент вариации активности данного изоэнзима у мужчин составил 24,4%, у женщин – 29,9%.

При мониторинге биохимического статуса спортсменов, немаловажное значение также отводится изучению активности клеточных трансаминаз – АСТ и АЛТ. Индивидуальный анализ активности указанных ферментов выявил у мужчин превышение соответственно в 47,6 и 23,8% случаев относительно референтных величин. В группе женщин показатели активности АСТ и АЛТ не выходили за пределы нормальных величин. Среднегрупповые значения активности трансаминаз у женщин находились в пределах нормальных величин, тогда как у мужчин наблюдалась тенденция к превышению (см. таблицу).

Следует отметить, что индекс повреждения мышц (КФК/АСТ) в 95,2% случаев у мужчин и 75% случаев у женщин был более 10 и составил  $16,1 \pm 4,24$  и  $13,4 \pm 4,58$  соответственно, что указывает на наличие повреждений клеток мышечной ткани.

## ВЫВОДЫ

1. У представителей скоростно-силовых видов спорта, к которым можно отнести бобслеистов, биохимические и метаболические основы адаптации направлены на развитие силовой выносливости. Физические нагрузки силового характера приводят к повреждениям миоцитов, и как следствие, повышению элиминации мышечных ферментов в кровяное русло. Вместе с тем высокие значения мышечных энзимов могут свидетельствовать о развитии у спортсменов алактатного пути энергообеспечения.
2. Выявленная разница в активности ферментов между мужчинами и женщинами, вероятно, связана с различиями в содержании мышечного компонента тела и гормонального статуса. В частности, известна роль женских половых гормонов в антиоксидантной защите организма от свободных радикалов, образующихся в процессе тренировочной деятельности.
3. Высокий коэффициент вариации активности КФК у спортсменов связан с большими тренировочными объемами, а также с различной скоростью адаптации спортсменов к физическим нагрузкам. Высокие значения активности КФК во время отдыха можно рассматривать как долговременную адаптацию спортсменов к физической нагрузке. Вместе с тем высокая активность мышечных энзимов на протяжении продолжительного времени может быть следствием скрытых мышечных

травм и неполноценного восстановления спортсменов. Длительное повышение активности ферментов проходит бессимптомно, что повышает риск развития дезадаптации и переутомления спортсменов.

4. Перспективы дальнейших исследований заключаются в комплексном изучении биохимического статуса спортсменов, как во время углубленного медицинского обследования, так и в динамике, непосредственно во время тренировочного процесса. Полученные данные позволят выработать диагностически значимые критерии оценки метаболических сдвигов и оптимальные величины биохимических показателей для спортсменов различных видов спорта и на различных этапах спортивной подготовки.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Рыбина И.Л. Активность сывороточных ферментов в мониторинге тренировочного процесса высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта // Вестник новых медицинских технологий. 2016. № 1. С. 135–139 (Rybina I.L. Aktivnost' sivorotochnyh fermentov v monitoringe trenirovochnogo processa vysokokvalificirovannyh sportsmenov ciklicheskih vidov sporta // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. 2016. № 1. S. 135–139).
2. Shin K.A., Park K.D., Ahn J., Park Y., Kim Y.J. Comparison of Changes in Biochemical Markers for Skeletal Muscles, Hepatic Metabolism, and Renal Function after Three Types of Long-distance Running: Observational Study // *Medicine* (Baltimore). 2016; 95(20): 3657.
3. Koch A.J., Pereira R., Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise // *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2014; 14(1): 68–77.
4. Knechtle B., Nikolaidis P.T. Physiology and Pathophysiology in Ultra-Marathon Running // *Front Physiol*. 2018; 1(9): 634.
5. Chia-Chi Wang, Chu-Chun Fang, Ying-Hsian Lee, Ming-Ta Yang and Kuei-Hui Chan. Effects of 4-Week Creatine Supplementation Combined with Complex Training on Muscle Damage and Sport Performance // *Nutrients*. 2018; 10(11): 1640.
6. Kristoffersen M., Sandbakk Ø., Tønnessen E., Svendsen I., Paulsen G., Ersvør E., Nygård I., Rostad K., Rynningen A., Iversen V.V., Skovereng K., Rønnestad B.R., Gundersen H. Power Production and Biochemical Markers of Metabolic Stress and Muscle Damage Following a Single Bout of Short-Sprint and Heavy Strength Exercise in Well-Trained Cyclists // *Front Physiol*. 2018; 9: 155.
7. Kindermann W. Creatine Kinase Levels After Exercise // *Dtsch Arztebl Int*. 2016; 113(19): 344.
8. Damas F., Libardi C.A., Ugrinowitsch C. The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis // *Eur J Appl Physiol*. 2018; 118 (3): 485–500.
9. Hagstrom A.D., Shorter K.A. Creatine kinase, neuromuscular fatigue, and the contact codes of football: A systematic review and meta-analysis of pre- and postmatch differences // *Eur J Sport Sci*. 2018; 18(9): 1234–1244.
10. Koch A.J., Pereira R., Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise // *J. Musculoskelet Neuronal Interact*. 2014; 14(1): 68–77.
11. Руднев С.Г., Соболева Н.П., Стерликов С.А., Николаев Д.В. Биоимпедансное исследование состава тела населения России / М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. С. 493 (Rudnev S.G., Soboleva N.P., Sterlikov S.A., Nikolaev D.V. Bioimpedansnoe issledovanie sostava tela naseleniya Rossii / М.: RIO CNIIOIZ, 2014. S. 493).

Поступила 13 мая 2019 г.

## ACTIVITY OF MUSCLE ENZYMES IN THE BLOOD BOBSLEIGH ATHLETES

© R.M. Radzhabkadiev, 2019

R.M. Radzhabkadiev

Junior Resarch Scientist, Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology (Moscow)

E-mail: 89886999800@mail.ru

**Purpose of the study:** to evaluate some biochemical blood parameters of athletes, mainly training strength endurance.

**Materials and methods.** We examined 40 elite bobsleigh athletes of both sexes (28 men and 12 women) in the pre-competitive period of sports training. The average age of men was 22.1±2.53 years, women – 23.7±3.63 years. In the serum studied biochemical parameters activity of alanine amino – (ALT) and aspartate aminotransferase (AST), creatine phosphokinase (CK), creatine phosphokinase MB (CK-MB). **Results.** In both gender groups revealed a significant excess of CK activity relative to reference values (on average, 2.9 and 1.9 times, respectively). Creatine kinase activity in men was 44.1% higher than in women ( $p < 0,05$ ). Also in men, in 47.6% and 23.8% of cases, elevated AST and ALT values were observed, respectively, relative to reference intervals. The muscle damage index (CPK/AST) in 95.2% of cases in men and 75% of cases in women was more than 10, which indicates the presence of damage to muscle cells. **Conclusions.** The data obtained indicate that high values of metabolic biomarkers are characteristic of bobsleighs. This is probably due to mechanical damage to myocytes during intense physical exertion and the development of the creatine-phosphokinase mechanism of energy supply in athletes of this group.

**Key words:** bobsled, adaptation, biomarker, creatine phosphokinase, alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, muscle damage.

**For citation:** Radzhabkadiev R.M. Activity of muscle enzymes in the blood bobsleigh athletes. *Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2019;22(9): 43–46. <https://doi.org/10.29296/25877313-2019-09-07>