

УДК: 612.015.1

БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ АДАПТАЦИИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ К РАЗЛИЧНЫМ ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

Р.М. Раджабкәдиев

ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», Москва, Россия

Для связи с автором: E-mail: 89886999800@mail.ru

Аннотация

Цель: сравнительная оценка биохимических показателей высококвалифицированных спортсменов в процессе долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам различной направленности.

Методы и организация исследования. Обследовано 180 элитных спортсменов (107 мужчин и 73 женщины), специализирующихся в пулевой стрельбе, бобслее, биатлоне и сноуборде. Средний возраст мужчин составил $21,7 \pm 0,8$ года, женщин – $23,1 \pm 1,5$ года. Исследование биохимических показателей в сыворотке крови (определение кислот фосфатазы (КФ), мочевины, креатинина, активности аланинамино- (АЛТ) и аспаратаминотрансферазы (АСТ), креатинфосфокиназы (КФК), креатинфосфокиназы МБ (КФК-МБ)) осуществлялось на анализаторе фирмы «Konelab 20» (Финляндия).

Результаты исследования и их обсуждение Наблюдалось значительное превышение показателей активности КФ и КФК, а также концентрации креатинина у бобслеистов. Отмечена высокая индивидуальная вариация активности ферментов, что указывает на разный уровень адаптационного потенциала спортсменов. Сравнительный анализ активности креатинкиназы в гендерном аспекте показал статистически значимое превышение данного показателя у мужчин во всех обследуемых группах. Среди мужчин частота встречаемости повышенных показателей КФК была в 1,6 раз выше ($p < 0,05$), чем у женщин. Важно отметить, что у 36,1% мужчин индекс повреждения мышечной ткани (КФК/АСТ) был более 10, что указывает на наличие повреждений миоцитов: у стрелков – в 10% случаев, биатлонистов – в 30%, бобслеистов – в 95,2%, сноубордистов – в 10% случаев. Среди женщин превышение данного индекса наблюдалось лишь у биатлонисток и бобслеисток – в 20% и 75% случаев соответственно.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют, что для спортсменов, специализирующихся в бобслее, характерны более высокие значения метаболических биомаркеров, в частности КФ и КФК. Вероятно, это объясняется механическими повреждениями миоцитов при интенсивных физических нагрузках скоростно-силового характера и развитием у спортсменов данной группы креатинфосфокиназного механизма энергообеспечения.

Ключевые слова: спортсмены, биохимический статус, биатлон, бобслей, пулевая стрельба, адаптация, биомаркеры.

BIOCHEMICAL MARKERS OF ADAPTATION OF HIGHLY QUALIFIED ATHLETES TO VARIOUS PHYSICAL ACTIVITIES

R.M. Radzhabkadiyev

Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety», Moscow, Russia

Abstract

Purpose: Comparative assessment of biochemical indicators of highly qualified athletes in the process of long-term adaptation to training activity of diverse focus. **Research methods and organization.** The research involved 180 elite athletes (107 men and 73 women) practicing shooting, bobsleigh, biathlon and snowboarding. The overall average age was $21,7 \pm 0,8$ years for men and $23,1 \pm 1,5$ years for women. Exploration of biochemical parameters in the serum (acid phosphatase (AP), urea, and creatinine, the activity of alaninamino- (ALT) and aspartate aminotransferase (AST), creatine phosphokinase (CPK), creatine phosphokinase MB (CPK-MB)) occurred with «Konelab 20» analyzer (Finland). **Research results and discussion.** Bobsledders demonstrated a significant excess of the activity indicators of AP, CPK and creatinine concentration. Individual variation of enzyme activity points to varying level of adaptation capacity of athletes. Comparative analysis of creatine kinase activity in a gender aspect revealed statistically significant excess of this parameter for men in all surveyed groups. Occurrence of increased CPK indicators was 1,6 times more frequent ($p < 0,05$) for men than

for women. Muscle damage index of 36.1% of men (CPK/AST) was over 10. This indicates the presence of myocyte damage: shooters – in 10% of cases, biathletes – 30%, bobsledders – 95.2% and snowboarders – 10% cases. For females, only female biathletes and bobsledders in 20% and 75% of cases respectively turned out to have excess of this index. **Conclusion.** The findings suggest that athletes practicing bobsleigh are characterized by higher values of metabolic biomarkers, in particular AP and CPK. Probably it can be the result of mechanical damage of myocytes during intense physical speed-power activities and enhancing creatine phosphokinase mechanism of energy supply of athletes in this group.

Keywords: athletes, biochemical status, biathlon, bobsleigh, shooting, adaptation, biomarkers.

ВВЕДЕНИЕ

Спорт высших достижений направлен на максимальную реализацию физического потенциала человека. В основе непрерывного повышения физической работоспособности спортсмена лежит поэтапная адаптация систем организма к всевозрастающим мышечным и эмоциональным нагрузкам. Спортивная деятельность, осуществляемая на пределе физиологических возможностей, часто сопровождается значительными нарушениями в работе ряда функциональных систем организма [2, 4, 14, 22]. Продолжительное воздействие стрессорных факторов при отсутствии полноценного восстановления может стать причиной дезадаптации и, как следствие, развития переутомления [12, 25]. Мониторинг адаптации спортсменов к различным физическим и психоэмоциональным нагрузкам требует применения информативных методов оценки состояния здоровья. Во многом указанным требованиям соответствуют биохимические методы, широко применяемые в клинической и спортивной медицине [6]. Анализ биохимического статуса спортсменов во время тренировочного, соревновательного и восстановительного периодов позволяет получить информацию об особенностях метаболической адаптации, глубине стрессорного воздействия и полноценности восстановления. По адекватному отклику организма на стресс можно судить об адаптационном потенциале и уровне тренированности спортсменов [7]. Контроль биохимического статуса также позволяет на раннем этапе нивелировать преморбидные состояния, вносить коррективы в фармакологическое и пищевое обеспечение спортсменов. Вместе с тем остаются открытыми вопросы интерпретации биохимических сдвигов и отсутствия объек-

тивных критериев адекватности реакции организма на различные физические нагрузки. С учетом вышеизложенного целью нашего исследования явилась сравнительная оценка биохимических показателей высококвалифицированных спортсменов в процессе долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам различной направленности.

МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследование спортсменов проводили в предсоревновательный период их спортивной деятельности на базе Центра лечебной физкультуры и спортивной медицины ФМБА во время планового углубленного медицинского обследования (УМО). Все обследуемые спортсмены дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. Протокол обследования был одобрен комитетом по этике ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии».

Всего было обследовано 180 высококвалифицированных спортсменов (кандидаты в мастера спорта (КМС – 67 человек), мастера спорта (МС – 75 человек), мастера спорта международного класса (МСМК – 21 человек), заслуженные мастера спорта (ЗМС – 16)) обоего пола (107 мужчин и 73 женщины), членов сборных команд Российской Федерации по четырем неигровым видам спорта. Возраст мужчин составил $21,7 \pm 0,8$ года (от 18 до 29 лет), женщин – $23,1 \pm 1,5$ года (от 19 до 33 лет). Распределение обследованных спортсменов по полу и видам спорта представлено в таблице 1.

Забор крови проводился утром натощак в условиях асептики. Исследование концентрации биохимических показателей в сыворотке крови (определение кислой фосфатазы (КФ),

Таблица 1 – Общее количество обследованных спортсменов по видам спорта

Table 1 – Total number of athletes surveyed in various sports

Вид спорта / Sport	Всего обследованных спортсменов / Total number of athletes surveyed	Мужчины / Men	Женщины / Women
Бобслей / Bobsleigh	40	28	12
Биатлон / Biathlon	30	20	10
Пулевая стрельба / Shooting	72	38	34
Сноуборд / Snowboarding	38	21	17
Всего / Total	180	107	73

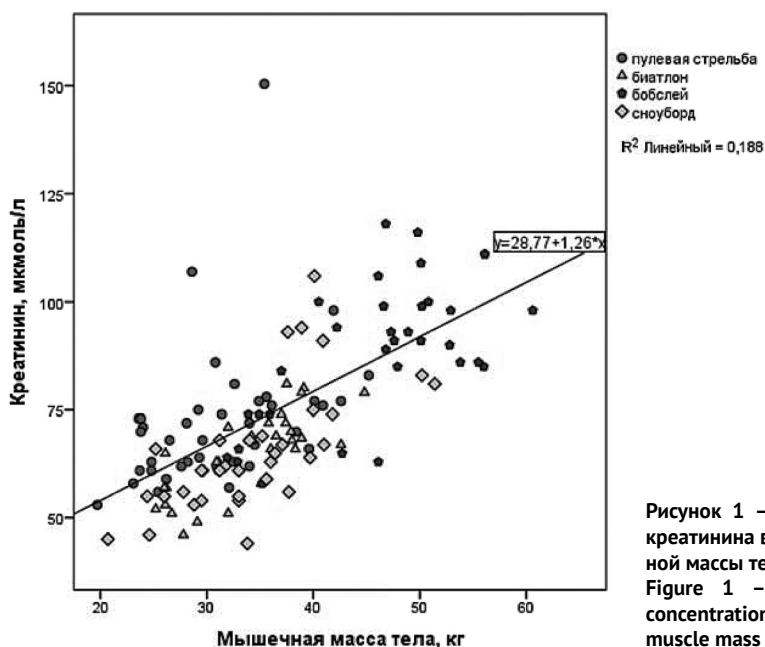
мочевины, креатинина, активности аланинамино- (АЛТ) и аспаратамиотрансферазы (АСТ), креатинфосфокиназы (КФК), креатинфосфокиназы МБ (КФК-МБ)) осуществлялось на анализаторе фирмы «Konelab 20» (Финляндия). Лабораторные методы исследования применялись в соответствии со стандартными требованиями, установленными для плановой диспансеризации спортсменов высших достижений. Методом биоимпедансометрии (БИА) с помощью программного обеспечения «Looking'Body» на анализаторе «InBody 720» (Южная Корея) проводили оценку показателей состава тела. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием IBMSPSS Statistics v/ 23.0 (США) и Microsoft Excel. Результаты представили в виде средних величин и стандартного отклонения ($M \pm \sigma$) и min-max. Оценку достоверности различий средних величин провели с использованием t-критерия

Стьюдента. Корреляционный анализ проводили с помощью коэффициентов Пирсона. Уровень значимости различий считали достоверным при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Концентрация мочевины и лактата в сыворотке крови спортсменов во всех случаях находилась в пределах нормальных величин. Различия средних концентраций указанных метаболитов в сравниваемых группах спортсменов не носили статистически значимый характер.

Среднегрупповое содержание креатинина – конечного продукта креатинфосфокиназной реакции – находилось в пределах нормальных величин. Однако следует отметить, что концентрация креатинина была наиболее выражена у бобслеистов и варьировала в пределах 65-118 мкмоль/л (у мужчин) и 58-



106 мкмоль/л (у женщин). При этом средние величины указанного метаболита у мужчин данной группы на 26% превысили аналогичные показатели биатлонистов и сноубордистов ($p < 0,05$); у женщин – на 26% и 20% соответственно ($p < 0,05$). При индивидуальной оценке содержания креатинина в сыворотке крови обследуемых спортсменов-мужчин выявлено, что у 48% бобслеистов и 19% стрелков данный показатель превышает физиологическую норму. Среди женщин подобное наблюдалось в единичном случае у представительницы бобслея. Установлено наличие корреляционной зависимости концентрации креатинина в сыворотке крови от величины мышечного компонента (рисунок 1).

Активность сывороточных ферментов является одним из информативных маркеров оценки физиологического состояния спортсменов, уровня тренированности, состояния метаболизма и адаптационного потенциала. По мнению ряда авторов, наибольший интерес вызывают ферменты, выход в кровяное русло которых ассоциирован с нарушением барьерных функций мембран мышечных клеток при интенсивных физических нагрузках. В этой связи мониторинг активности ферментов у спортсменов при разнонаправленных физических нагрузках и на различных этапах подготовки представляет особый интерес в оценке направленности и глубины адаптационных изменений. [1, 5].

Анализ полученных данных показал, что для всех обследуемых спортсменов характерны величины активности КФ, превышающие физиологические нормы. Как видно из данных, представленных в таблице 2, активность КФ в среднем по группам варьировала в пределах 8,60-10,21 Е/л. (у мужчин) и 7,58-9,4 Е/л. (у женщин). При этом у спортсменов, специализирующихся в пулевой стрельбе, биатлоне и сноуборде, данный показатель на 17%, 19% и 11% превышал значения бобслеистов ($p < 0,05$). Среди мужчин активность КФ была наиболее выражена у сноубордистов и биатлонистов и на 16% и 8%, соответственно, превысила показатели бобслеистов ($p < 0,05$). Индивидуальный анализ данных показал, что у всех обследуемых спортсменов, как у мужчин, так и у женщин,

активность фермента КФ в среднем в 1,4 раза превышает физиологическую норму. Данный феномен, вероятно, обусловлен деструкцией лизосомальных мембран на фоне активизации процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) при интенсивных физических нагрузках. Как известно, продукты ЛПО, в особенности малоновый диальдегид (МДА), являясь лабильзатором лизосомальных мембран, приводят к ферментемии и усилению катаболических процессов [2]. Повышение активности КФ у спортсменов также может быть следствием нарушения гомеостаза Ca^{+} приводящей к активации Ca^{+} зависимых цистеиновых протеаз с последующей модификацией белков мембраны и их деструкцией [14].

Наиболее выраженные значения активности КФК наблюдались у представителей бобслея (рисунок 2): у мужчин – $498,85 \pm 50,61$ Ед/л (min. – 221; max. – 950), у женщин – $278,66 \pm 33,28$ Ед/л (min. – 170; max. – 506). У всех обследованных бобслеистов активность КФК была выше физиологической нормы в среднем в 2,9 раза (у мужчин) и 1,9 (у женщин). Важно также отметить, что полученные данные значительно отличались от аналогичных показателей сравниваемых групп. Так, у мужчин-бобслеистов активность КФК на 67%, 48% и 69% превысила показатели спортсменов, занятых в пулевой стрельбе, биатлоне и сноуборде ($p < 0,05$); у женщин – на 66%, 44% и 60% соответственно ($p < 0,05$).

Следует отметить, что в остальных группах у значительного числа спортсменов активность КФК также превысила физиологическую норму. Например, у мужчин, специализирующихся в пулевой стрельбе, в 38% случаев, в биатлоне – 70% и сноуборде – в 33% случаев; у женщин – в 10%, 50% и 14% случаев соответственно.

Проведенные исследования выявили существенные индивидуальные различия в активности КФК в зависимости от вида спорта и гендерных различий. Коэффициент вариации активности биомаркера у стрелков составил 38% (для мужчин) и 42% (для женщин), у биатлонистов – 47% и 50%, у бобслеистов – 46% и 41%, у сноубордистов – 28% и 21% соответственно. Сравнительный анализ активности КФК в гендерном

**Таблица 2 – Биохимические показатели высококвалифицированных спортсменов (M±σ)
Table 2 – Biochemical indicators of highly qualified athletes (M±σ)**

Показатели, ед. из-мер. / Indicators, units of measurement	Пулевая стрельба / Shooting		Биатлон / Biathlon		Бобслей / Bobsleigh		Сноуборд / Snowboarding		Референтные интервалы / Reference intervals
	м / m (n-38)	ж / f (n-34)	м / m (n-20)	ж / f (n-10)	м / m (n-28)	ж / f (n-12)	м / m (n-21)	ж / f (n-17)	
Кислая фосфатаза, Е/л / acid phosphatase, Uп/л	9,58±1,94	9,12±1,22#	9,33±1,15#	9,4±1,17#	8,60±0,79	7,58±1,33	10,21±2,21#	8,53±1,15#	0-6,5
Мочевина, моль/л / Urea, mol/l	5,56±1,41	4,49±1,04	5,77±1,54	4,86±0,67	5,52±1,08	4,55±0,74	5,50±1,29	4,95±1,52	2,2-7,2
Лактат, моль/л / Lactate, mol/l	1,63±0,58	1,64±0,69	1,72±0,65	1,26±0,27	1,64±0,67	1,77±0,76	1,46±0,47	1,37±0,3	1-1,8
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, μmol/l	89,44±49,16	65±6,97	70,42±5,86	54,4±6,05	95,47±11,9*	73,41±14,04*	70,09±14,56	58,92±11,24	53-97
АСТ, Е/л / AST, Uп/л	21,27±9,57	18,55±6,56	27,26±11,87	27±5,63	31,28±12,4*	20,58±2,81	26,47±11,65	19,71±4,37	0-31
АЛТ, Е/л / ALT, E/l	18,70±12,45	12,95±8,62	18,51±4,56	15±5,16	30,33±15,3*	17±4,57	23,52±17,49	13,07±7,29	0-34
Креатинфосфокиназа, Е/л / Creatine phosphokinase, E/l	166,84±63,54	95,5±59,86	258,65±121,4	155,6±77,0	498,85±231,9*	278,66±115,3*	153,66±41,15	110,21±23,28	0-145 ж / f
Креатинфосфокиназа-MB, Е/л / Creatine phosphokinase-MB, E/l	13,71±2,68	13,9±8,99	16±3,14	15,5±3,77	16,47±4,03	15,8±4,74	16,90±9,71	11,71±1,58	0-171 м / m

Примечание:

ж – женщины; м – мужчины

Статистически значимое отличие (p<0,05):

* – от спортсменов, занимающихся пулевой стрельбой;

○ – от биатлонистов;

– от бобслеистов;

● – от сноубордистов

Note:

f – women; m – men

Statistically significant difference (p<0,05):

* – from athletes practicing shooting;

○ – from biathletes;

– from bobsledders;

● – from snowboarders.

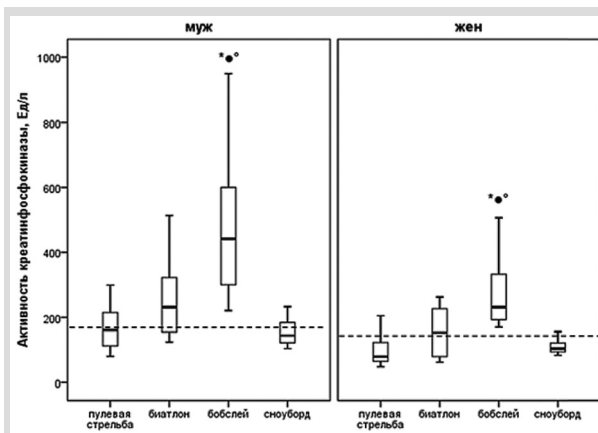


Рисунок 2 – Активность креатинфосфокиназы в периферической крови спортсменов

Примечание:

Пунктирной линией отмечена верхняя граница физиологической нормы.

Статистически значимое отличие (p<0,05):

* – от спортсменов, занимающихся пулевой стрельбой;

○ – от биатлонистов;

● – от сноубордистов

Figure 2 - Creatine phosphokinase activity in athletes' peripheral blood

Note:

Upper bound of physiological standard is marked with dashed line.

Statistically significant difference (p<0,05):

* – from athletes practicing shooting;

○ – from biathletes;

● – from snowboarders.

аспекте показал статистически значимое превышение данного показателя у мужчин во всех обследуемых группах. Среди мужчин частота встречаемости повышенных показателей КФК была в 1,6 раза выше ($p < 0,05$), чем у женщин (60% против 38%).

По мнению ряда исследователей, высокая активность КФК характерна для спортсменов, преимущественно тренирующих скоростно-силовую выносливость [6, 9, 11, 13, 17, 19, 20, 24]. Спортсмены скоростно-силовых видов спорта испытывают кратковременные интенсивные физические нагрузки силовой направленности на пределе физиологических возможностей, при котором возникают механические повреждения мышц и элиминация клеточных ферментов в кровяное русло. Предполагается, что высокие значения активности метаболических биомаркеров, в частности КФК, могут быть следствием адаптации спортсменов к силовым нагрузкам и развития у них алактатного пути энергообеспечения [5].

Вместе с тем имеются литературные данные о влиянии продолжительных аэробных нагрузок на активность креатинкиназы. Так, у ультрамара-

фонцев наблюдалось значительное повышение креатинкиназы до 100 000-200 000 Ед / л в зависимости от уровня физической подготовленности спортсмена и продолжительности гонки [18]. Аналогичные результаты были получены у 36 бегунов, пробежавших 161 километр [21, 26]. Предполагается, что выход в кровь клеточных ферментов у стайеров ассоциирован с накоплением свободных радикалов во время продолжительной физической нагрузки и, как следствие, нарушением проницаемости клеточных мембран [23]. Вместе с тем имеются данные об отсутствии различий в активности КФК у спортсменов, испытывающих различные по интенсивности и продолжительности физические нагрузки [10].

Важно также отметить, что имеются литературные данные, свидетельствующие о наличии прямой зависимости между активностью КФК и ММТ [5].

Выявленное нами достоверное превышение показателей активности КФК у бобслеистов, вероятно, объясняется их более высоким физическим развитием относительно сравниваемых групп (таблица 3).

Таблица 3 – Средние величины роста, массы тела, мышечной массы тела и индекса массы тела спортсменов ($M \pm \sigma$)
Table 3 – Average value of height, body mass, muscle mass and body mass index of athletes ($M \pm \sigma$)

Вид спорта / Sport	Пол / Gender	Возраст, лет / Age, years	Рост, см / Height, cm (min-max)	МТ, кг / BM, kg (min-max)	ММТ, кг / MM, kg (min-max)	ИМТ / BMI (min-max)
Пулевая стрельба / Shooting	м. / m (n=38)	22,7±5,51	177,2±5,91 (167-188)	70,62±9,96 (57-86)	35,9±5,32 (28,1-51,7)	22,49±2,67 (18,7-27,2)
	ж. / f (n=34)	23,9±6,43	163,7±4,86 (150-179)	60,1±6,75 (50,1-73,8)	27,4±4,8 (19,7-40,1)	22,30±2,56 (17-26,8)
Биатлон / Biathlon	м. / m (n=20)	20,9±3,37	176±4,46 (168-185)	68,6±5,63 (59,5-82)	36,9±3,22 (31,1-44,8)	22,39±1,52 (19,8-25,9)
	ж. / f (n=10)	19,5±1,43	167,5±4,27 (162-177)	57,06±3,03 (53-62)	27,6±2,31 (25,2-32)	20,85±1,02 (19,6-23)
Бобслей / Bobsleigh	м. / m (n=28)	22,1±2,53	183,4±5,27**• (175-194)	89,5±8,17** (80-108,4)	48,5±5,14**• (40,5-60,6)	26,6±2,35**• (20,4-31,2)
	ж. / f (n=12)	23,7±3,63	172±4,71**• (164,5-180)	70,3±7,19**• (63-81,6)	36,9±6,67**• (27,7-47,6)	23,79±1,39 (22,3-26,3)
Сноуборд / Snowboarding	м. / m (n=21)	20,7±2,70	176,9±6,36 (167-192)	71±10,08 (55-87,5)	37,7±5,49 (29,6-51,4)	23,01±3,12 (18-28,7)
	ж. / f (n=17)	22,5±3,73	165,5±5,60 (152,5-176)	61,6±7,17 (49-78,8)	29,2±5,86 (20,7-45,9)	22,47±2,27 (20-28,1)

Примечание:

ж – женщины; м – мужчины

Статистически значимое отличие ($p < 0,05$):

* – от спортсменов, занимающихся пулевой стрельбой;

° – от биатлонистов;

– от бобслеистов;

• – от сноубордистов

Note:

f – women; m – men

Statistically significant difference ($p < 0,05$):

* – from athletes practicing shooting;

° – from biathletes;

– from bobsledders;

• – from snowboarders.

Для подтверждения данного предположения был проведен корреляционный анализ Пирсона с целью выявления статистических взаимосвязей между показателями состава тела и активностью ферментов. Как видно из таблицы 4, наиболее выраженная связь наблюдалась между показателями МТ и ММТ с концентрацией креатинина и активностью КФК. Важно отметить, что существуют, по меньшей мере, пять изоформ КФК; три из них – мышечный изофермент – КФК-ММ, сердечный – КФК-МВ и изофермент головного мозга – КФК-ВВ – находятся в цитоплазме клеток, два (несаркометрический и саркометрический) локализованы в митохондриях [8]. В крови человека обычно присутствует только мышечная изоформа. Однако истощающие физические нагрузки приводят к повышению активности остальных изоформ КФК. Известны случаи значительного повышения активности КФК-МВ у марафонцев и КФК-ВВ у боксеров [15, 16, 18].

Содержание в крови сердечного изофермента КФК-МВ, являющегося маркером повреждения миокарда, практически у всех обследуемых спортсменов находилось в пределах нормальных величин. Однако у мужчин-сноубордистов в 19% (n=4) случаев данный показатель превысил физиологическую норму. Среди женщин подобное наблюдалось у

представительниц пулевой стрельбы (в 10% случаев, n=2) и бобслея (8%, n=1). Коэффициент вариации активности данного изоэнзима у мужчин-стрелков составил 20%, у биатлонистов – 20%, у бобслеистов – 24%, у сноубордистов – 57%; у женщин – 65%, 24%, 30% и 14% соответственно.

Немаловажное значение при биохимическом мониторинге спортсменов отводится изучению активности клеточных трансаминаз – АСТ и АЛТ.

Среднегрупповые величины активности данных ферментов у обследуемых спортсменов находились в пределах нормальных величин (таблица 4). Вместе с тем наиболее высокие показатели изучаемых ферментов наблюдались у мужчин, специализирующихся в бобслее. Так, в данной группе было отмечено превышение активности АСТ на 32% относительно показателей стрелков (p<0,05). Также наблюдалось превышение относительно биатлонистов и сноубордистов – на 13 и 15%, соответственно, однако различия не носили статистически значимый характер. Индивидуальный анализ активности АСТ у обследуемых мужчин показал превышение границ нормы: у стрелков – в 10% случаев, биатлонистов – 20%, бобслеистов – 48%, сноубордистов – в 15% случаев. Среди женщин подобное наблюдалось в единичных случаях

Таблица 4 – Корреляция биохимических показателей с некоторыми антропометрическими параметрами спортсменов
Table 4 – Correlation of biochemical indicators with certain anthropometric parameters of athletes

Показатели / Indicators	r								
	КФК, Е/л / AP, E/l	Мочевина, моль/л / Urea, mol/l	Лактат, моль/л / Lactate, mol/l	Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, mmol/l	АСТ, Е/л / AST, Un/l	АЛТ, Е/л / ALT, Un/l	гамма-ГТ, Е/л / gamma-GT, E/l	КФК, Е/л / СРК, Un/l	КФК-МВ, Е/л / СРК-МВ, Un/l
Рост, см / Height, cm	0,01	0,01	0,06	0,37**	0,33**	0,27**	0,19*	0,58**	0,1
МТ / BM	-0,1	0,19*	0,09	0,47**	0,27**	0,40**	0,38**	0,6**	0,14
ИМТ / BMI	-0,2**	0,27**	0,08	0,35**	0,18*	0,39**	0,43**	0,41**	0,08
ММТ / MM	-0,1	0,09	0,03	0,43**	0,27**	0,34**	0,28**	0,68**	0,1

Примечание:

МТ – масса тела;

ИМТ – индекс массы тела;

ММТ – мышечная масса тела;

** Корреляция значима на уровне 0,01;

* Корреляция значима на уровне 0,05

Note:

BM – body mass;

BMI – body mass index;

MM – muscle mass;

** Correlation is significant at the level of 0,01;

* Correlation is significant at the level of 0,05

Таблица 5 – Индекс повреждения мышц и коэффициент де Ритиса спортсменов
Table 5 – Index of muscle damage and De Ritis ratio of athletes

Вид спорта / Sport	Пол (количество) / Gender (quantity)	Индекс повреждения мышц (КФК/АСТ) / Muscle damage index (CPK/AST)	Коэффициент де Ритиса (АСТ/АЛТ) / De Ritis ratio
Пулевая стрельба / Shooting	м / m (n=38)	8,29±2,74	1,31±0,53
	ж / f (n=34)	5,2±1,6	1,60±0,44
Биатлон / Biathlon	м / m (n=20)	9,49± 2,77	1,50±0,62
	ж / f (n=10)	6,8±2,79	1,57±0,53
Бобслей / Bobsleigh	м / m (n=28)	16,1±4,24*°•	1,10±0,32
	ж / f (n=12)	13,4±4,58*°•	1,27±0,32
Сноуборд / Snowboarding	м / m (n=21)	7,56±2,91	1,37±0,51
	ж / f (n=17)	5,7±1,55	1,69±0,24

Примечание:

ж – женщины; м – мужчины

Статистически значимое отличие ($p<0,05$):

* – от спортсменов, занимающихся пулевой стрельбой;

° – от биатлонистов;

– от бобслеистов;

• – от сноубордистов

Note:

f – women; m – men

Statistically significant difference ($p<0,05$):

* – from athletes practicing shooting;

° – from biathletes;

– from bobsledders;

• – from snowboarders.

у представительниц биатлона и пулевой стрельбы.

Активность АЛТ также была наиболее выражена у мужчин-бобслеистов и на 38% превысила показатели стрелков и биатлонистов ($p<0,05$). Среднегрупповые значения активности данного фермента находились в пределах нормальных величин. Индивидуальный анализ среди мужчин показал, что у 24% бобслеистов и 14% сноубордистов наблюдалось превышение показателей относительно физиологических норм. У всех обследованных женщин активность АЛТ находилась в пределах нормы. Важно отметить, что у 36% мужчин индекс повреждения мышечной ткани (КФК/АСТ) был более 10, что указывает на наличие повреждений миоцитов [3]: у стрелков – в 10% случаев, биатлонистов – 30%, бобслеистов – 95% и сноубордистов – в 10% случаев. Среди женщин превышение данного индекса наблюдалось лишь у биатлонисток и бобслеисток – в 20% и 75% случаев соответственно. Коэффициент де Ритиса, представляющий собой соотношение активности АСТ и АЛТ и имеющий важное диагностическое значение в оценке повреждения печени и миокарда, у обследованных спортсменов находился в пределах нормальных величин. Среднегрупповые значения индекса повреждения мышц и коэффициента де Ритиса отражены в таблице 5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют, что для спортсменов, специализирующихся в бобслее, характерны более высокие значения метаболических биомаркеров, в частности КФ и КФК. Вероятно, это объясняется адаптацией спортсменов скоростно-силовых видов спорта к интенсивным непродолжительным физическим нагрузкам и развитием креатинфосфокиназного механизма энергообеспечения. Высокая вариация активности изучаемых маркеров, вероятно, связана с разным периодом выхода фермента в кровяное русло. На скорость элиминации метаболитов из паренхиматозных органов и миоцитов влияет состояние клеточных мембран и изменение 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. Существенное повышение активности ферментов на фоне отдыха после физической нагрузки выступает как маркер перетренированности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винничук, Ю.Д. Маркеры повреждения мышечной ткани у спортсменов / Ю.Д. Винничук, И.В. Чикина // Вестник проблем биологии и медицины. – 2016. – № 3 (130). – P. 288-293
2. Елико, А. В. Антиоксидантный статус у спортсменов при выполнении дозированной физической нагрузки и в восстановительном периоде / А.В. Еликов, А.Г. Галстян // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86. – № 2. – С. 23-31.
3. Никулин, Б.А. Биохимический контроль в спорте / Б.А. Никулин, И.И. Родионова. – М. : Сов.спорт. – 2011. – 232 с.
4. Раджаббадиев, Р.М. Сопоставление уровня иммунорегуляторных цитокинов и некоторых антропометрических показателей высококвалифицированных спортсменов / Р.М. Раджаббадиев, Н.А. Ригер, Д.Б. Никитюк, А.Г. Галстян, А.Н. Петров, А.О. Евсюкова, Р.А. Ханферьян // Медицинская иммунология. – 2018. – Т. 20. – № 1. – С. 53-60.
5. Рыбина, И. Активность сывороточных ферментов в мониторинге тренировочного процесса высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта / И. Рыбина // Вестник новых медицинских технологий. – 2016. – №1. – P. 135-139
6. Рыбина, И. Лабораторные маркеры адаптации организма биатлонистов высокой квалификации к тренировочным нагрузкам / И. Рыбина, Е. Ширковец, А. Нехвядович // Наука в Олимпийском спорте. – 2017. – 2. – P. 28-33
7. Banfi, G. Metabolic markers in sports medicine / G. Banfi, A. Colombini, G. Lombardi, A Lubkowska // Advances in Clinical Chemistry. – 2012. – P. 1-54. doi:10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7
8. Brancaccio, P. Serum enzyme monitoring in sports medicine / P. Brancaccio, N. Maffulli, R. Buonauro, F. M.Limongelli // Clin Sports Med. – 2008. – № 27 (1). – P. 1-18. DOI: 10.1016 / j.csm.2007.09.005.
9. Chia-Chi, W. Effects of 4-Week Creatine Supplementation Combined with Complex Training on Muscle Damage and Sport Performance / W. Chia-Chi, F. Chu-Chun, L. Ying-Hsian, Y. Ming-Ta, Ch. Kuei-Hui // Nutrients. – 2018. – № 10 (11). – P. 1640 <https://doi.org/10.3390/nu10111640>
10. Cipryan L. Acute and Post-Exercise Physiological Responses to High-Intensity Interval Training in Endurance and Sprint Athletes / L. Cipryan, G. Tschakert, P. Hofmann // Sports Sci Med. – 2017. – №16(2). – P. 219-229.
11. 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 / F. Damas, C.A. Libardi, C. Ugrinowitsch // Eur J Appl Physiol. – 2018. – № 118 (3). – P. 485-500. DOI: 10.1007 / s00421-017-3792-9.
12. Garrett, J.M. The effects of fatigue on the running profile of elite team sport athletes. A systematic review and meta-analysis / J.M. Garrett, R. Gunn, R.G. Eston, J. Jakeman, D.J. Burgess, K. Norton // J Sports Med Phys Fitness. – 2019. DOI: 10.23736 / S0022-4707.19.09356-3.
13. 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 post-match differences / A.D. Hagstrom, K.A. Shorter // Eur J Sport Sci. – 2018. – № 18 (9). – P. 1234-1244. DOI: 10.1080 / 17461391.2018.1480661
14. Hanne G. The Role of Ca²⁺ in Muscle Cell Damage / G. Hanne // Cell Injury: Mechanisms, Responses, and Repair. – 2006. – (1066). – P. 166-180. DOI: 10.1196 / annals.1363.013
15. Kato G.J. Lactate dehydrogenase as a biomarker of hemolysis-associated nitric oxide resistance, priapism, leg ulceration, pulmonary hypertension, and death in patients with sickle cell disease / G.J. Kato, V.Mc Gowan, R.F. Machado, J.A. Little, J. Taylor, C.R. Morris, J.S. Nichols, X. Wang, M. Poljakovic, S.Mr Morris, M. T. Gladwin // Blood. – 2006. – №107 (6). – P. 2279-85. DOI: 10.1182/blood-2005-06-2373
16. Kilianski J. Plasma creatine kinase B correlates with injury severity and symptoms in professional boxers / J. Kilianski, S. Peeters, J. Debad, J. Mohmed, S.E. Wolf, J.P. Minei, R. Diaz-Arrastia, J.W. Gatson // J Clin Neurosci. – 2017. – № 45. – P. 100-104. DOI: 10.1016 / j.jocn.2017.07.021
17. Kindermann, W. Creatine Kinase Levels After Exercise / W. Kindermann // Dtsch Arztebl Int. – 2016. – №113(19). – P. 344. DOI: 10.3238/arztbl.2016.0344a
18. Knechtle, B., Nikolaidis, P.T. Physiology and Pathophysiology in Ultra-Marathon Running / B. Knechtle, P.T. Nikolaidis // Front Physiol. – 2018. – № 1(9). – P. 634. DOI: 10.3389 / fphys.2018.00634.
19. Koch, A.J. The creatine kinase response to resistance exercise / A.J. Koch, R. Pereira, M. Machado // Musculoskelet Neuronal Interact. – 2014. – № 14(1). – P. 68-77
20. Kristoffersen, M. 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 / M. Kristoffersen, O. Sandbakk, E. Tønnessen, I. Svendsen, G. Paulsen, E. Ersvær, I. Nygård, K. Rostad, A. Rynning, V.V. Iversen, K. Skovereng, B. R. Rønnestad, H. Gundersen // Front Physiol. – 2018. – № 9: 155 <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00155>
21. Magrini, D. Serum creatine kinase elevations in ultramarathon runners at high altitude / D. Magrini, M. Khodae, I. San-Millán, T. Hew-Butler, J.P. Aaron // The Physician and Sports medicine. – 2017. – № 45 (2). – P. 129-133. DOI: 10.1080 / 00913847.2017.1280371.
22. Paulsen, G. Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? / G. Paulsen, U.R. Mikkelsen, T. Raastad, J.M. Peake // Exerc Immunol. – 2012. – № 18. – P. 42-97.
23. Shin Kyung-A. Comparison of Changes in Biochemical Markers for Skeletal Muscles, Hepatic Metabolism, and Renal Function after Three Types of Long-distance Running: Observational Study / Shin Kyung-A., Park Ki Deok., Ahn Jaeki., Park Yongbum., Kim Young-Joo // Medicine (Baltimore). – 2016. – № 95 (20). – P.3657 DOI: 10.1097 / MD.0000000000003657.
24. Stone J.D. Changes in Creatine Kinase and Hormones over the Course of an American Football Season / J.D. Stone, A. Kreutzer, J.D. Mata, M.G. Nystrom, A.R. Jagim, M.T. Jones, J.M. Oliver // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2017. DOI: 10.1519 / JSC.0000000000001920
25. Thorpe, R.T. Monitoring Fatigue Status in Elite Team-

Sport Athletes: Implications for Practice / R.T.Thorpe, G. Atkinson, B. Drust, W. Gregson // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2017. – №. 12 (2). – P. 227-234. DOI: <http://dx.doi.org/10.1123/ijspp.2016-0434>

REFERENCES

- Vinnichuk Iu.D., Chikina, I.V. Markers of athletes' muscle tissue damage. *Vestnik problem biologii i meditsiny* [Bulletin of biology and medicine issues], 2016, no. 3(130), pp. 288-293. (in Russ.)
- Eliko A.V., Galstian, A.G. Antioxidant status of athletes performing metered exercise and during the recovery period. *Nutrition Issues* [Voprosy pitaniia], 2017, no. 86(2), pp. 23–31 DOI: 10.24411/0042-8833-2017-00030 (in Russ.)
- Nikulin B.A., Rodionova I.I. Biochemical control in sport. Moscow, Sov.sport Publ., 2011, 232 p. (in Russ.)
- Radzhabkadiyev R.M., Riger N.A., Nikitiuk D.B., Galstian A.G., Petrov A.N., Evsukova A.O., Khanferian R.A. Comparison of the level of immune regulatory cytokines and some anthropometric parameters of highly qualified athletes. *Medical Immunology* [Meditsinskaia immunologija], 2018, no. 20(1), pp. 53–60. DOI:10.15789/1563-0625-2018-1-53-60 (in Russ.)
- Rybina I. The activity of serum enzymes in monitoring of the training process of highly qualified athletes practicing cyclic sports. *Bulletin of new medical technologies* [Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii], 2016, no. 10(1), pp. 13-139. DOI:10.12737/18567 (in Russ.)
- Rybina I., Shirkovets E., Nekhviadovich A. Laboratory markers of high qualification biathletes' bodies adapting to training loads. *Nauka v Olimpiiskom sporte* [Science in Olympic Sport], 2017, no. 2, pp. 28-33. (in Russ.)
- Banfi G., Colombini A., Lombardi G., Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine. *Advances in Clinical Chemistry*, 2012, pp. 1-54. DOI:10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7
- Brancaccio P., Maffulli N., Buonauro R., Limongelli F.M. Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clin Sports Med.*, 2008, no. 27 (1), pp. 1-18. DOI: 10.1016/j.csm.2007.09.005
- Chia-Chi W., Chu-Chun F., Ying-Hsian L., Ming-Ta Y., Kuei-Hui Ch. Effects of 4-Week Creatine Supplementation Combined with Complex Training on Muscle Damage and Sport Performance. *Nutrients*, 2018, no. 10 (11), p. 1640 DOI:10.3390/nu10111640
- Cipryan L., Tschakert G., Hofmann P. Acute and Post-Exercise Physiological Responses to High-Intensity Interval Training in Endurance and Sprint Athletes. *Sports Sci Med.*, 2017, no. 16(2), pp. 219-229.
- 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, no. 118(3), pp. 485-500. DOI: 10.1007/s00421-017-3792-9
- Garrett J.M., Gunn R., Eston R.G., Jakeman J., Burgess D.J., Norton K. The effects of fatigue on the running profile of elite team sport athletes. A systematic review and meta-analysis. *J Sports Med Phys Fitness*, 2019. DOI: 10.23736/S0022-4707.19.09356-3
- Tirabassi, J.N. Variation of Traditional Biomarkers of Liver Injury After an Ultramarathon at Altitude / J. N. Tirabassi, L. Olewinski, M. Khodae // *Sports Health*. – 2018. – № 10 (4). – P. 361-365. DOI: 10.1177/1941738118764870
- 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 post-match differences. *Eur J Sport Sci.*, 2018, no. 18 (9), pp. 1234-1244. DOI: 10.1080/17461391.2018.1480661
- Hanne G. The Role of Ca²⁺ in Muscle Cell Damage. *Cell Injury: Mechanisms, Responses, and Repair*, 2006, (1066), pp.166–180. DOI: 10.1196/annals.1363.013
- Kato G.J., Mc Gowan V., Machado R.F., Little J.A., Taylor J., Morris C.R., Nichols J.C., Wang X., Poljakovic M., Morris S.M. Jr., Gladwin M.T. Lactate dehydrogenase as a biomarker of hemolysis-associated nitric oxide resistance, priapism, leg ulceration, pulmonary hypertension, and death in patients with sickle cell disease. *Blood*, 2006, no. 107(6), pp. 2279-85. DOI: 10.1182/blood-2005-06-2373
- Kilianski J., Peeters S., Debad J., Mohmed J., Wolf S.E., Minei J.P., Diaz-Arrastia R., Gatson J.W. Plasma creatine kinase B correlates with injury severity and symptoms in professional boxers. *J Clin Neurosci*, 2017, no. 45, pp. 100-104. DOI: 10.1016/j.jocn.2017.07.021
- Kindermann W. Creatine Kinase Levels After Exercise. *Dtsch Arztebl Int.*, 2016, no. 113(19), p. 344. DOI: 10.3238/arztebl.2016.0344a
- Knechtle B., Nikolaidis P.T. Physiology and Pathophysiology in Ultra-Marathon Running. *Front Physiol*, 2018, no. 1(9), p. 634. DOI: 10.3389/fphys.2018.00634.
- Koch A.J., Pereira R., Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise. *Musculoskeletal Neuronal. Interact.*, 2014, no. 14(1), pp. 68-77.
- Kristoffersen M., Sandbakk O., 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, no. 9, p. 155. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00155>
- Magrini D., Khodae M., San-Millán I., Hew-Butler T., Aaron J.P. Serum creatine kinase elevations in ultramarathon runners at high altitude. *The Physician and Sports medicine*, 2017, no. 45 (2), pp. 129-133. DOI: 10.1080/00913847.2017.1280371.
- Paulsen G., Mikkelsen U.R., Raastad T., Peake J.M. Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? *Exerc Immunol*, 2012, no. 18, pp. 42-97.
- Shin Kyung-A., Park Ki Deok., Ahn Jaeki., Park Yongbum., Kim Young-Joo 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, no. 95 (20), p. 3657. DOI: 10.1097/MD.0000000000003657

24. Stone J. D., Kreutzer A., Mata J.D., Nystrom M.G., Jagim A.R., Jones M.T., Oliver J.M. Changes in Creatine Kinase and Hormones over the Course of an American Football Season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2017. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001920
25. Thorpe R.T., Atkinson G., Drust B., Gregson W. Monitoring Fatigue Status in Elite Team-Sport Athletes: Implications for Practice. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2017, no. 12 (2), pp. 227-234. DOI: <http://dx.doi.org/10.1123/ijspp.2016-0434>
26. Tirabassi J.N., Olewinski L., Khodaei M. Variation of Traditional Biomarkers of Liver Injury After an Ultramarathon at Altitude. *Sports Health*, 2018, no. 10 (4), pp. 361-365. DOI: 10.1177 / 1941738118764870

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Раджаббадиев Раджаббади Магомедович (Radzhabkadiev Radzhabkadi Magomedovich) – младший научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии; ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»; 109240, г. Москва, Устьинский проезд, дом 2/14; e-mail: 89886999800@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3634-8354.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Раджаббадиев, Р.М. Биохимические маркеры адаптации высококвалифицированных спортсменов к различным физическим нагрузкам / Р.М. Раджаббадиев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2019. – Т.7, № 2. – С. 81-91

FOR CITATION

Radzhabkadiev R.M. Biochemical markers of adaptation of highly qualified athletes to various physical activities. *Science and sport: current trends*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 81-91 (in Russ.)