

ЭНЗИМОДИАГНОСТИКА В СПОРТИВНОЙ ПРАКТИКЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И СОБСТВЕННЫЙ ОПЫТ)

С.Е. Бакулев¹, В.В. Дорофейков¹, Н.Д. Гольберг²,
В.А. Таймазов¹, С.М. Ашкинази¹, М.С. Смирнов¹

¹Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, г. Санкт-Петербург, Россия,

²Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры, г. Санкт-Петербург, Россия

Цель работы: проанализировать и обобщить данные об использовании энзимодиагностики у спортсменов разных специализаций. **Организация и методы исследования.** Нами была исследована активность СК у 20 квалифицированных биатлонистов мужского пола в возрасте от 18 до 23 лет. Забор крови из вены выполняли до тренировки с утра натощак и на следующее утро после выполнения 90-минутного бега на лыжах равномерным методом. Выполнение биохимических анализов осуществляли на современных автоанализаторах Architect с4000 и i1000SR фирмы Abbott (США) с использованием реактивов и контрольных материалов производителя оборудования. **Результаты исследования.** Установлено, что повышение активности СК у биатлонистов наблюдается в конце подготовительного периода и нормализация происходит к середине соревновательного периода. При изучении активности СК у 10 гандболистов мужского пола в возрасте от 18 до 21 года на следующий день после тренировки нами было установлено, что повышение активности энзима зависит от игрового амплуа. У вратарей многократно превышена норма по сравнению с полевыми игроками. Самая высокая активность СК в сыворотке крови после выполнения физической нагрузки наблюдается после длительных упражнений, таких как сверхдлинный марафон и бег в гору, которые включают эксцентрические мышечные сокращения. У триатлонистов после выступления на соревнованиях (полная дистанция) активность СК возрастает до 1200 Ед/л, после 48 часов восстановления опускается до 400 Ед/л. **Заключение.** Таким образом, энзимодиагностика на сегодняшний день является актуальным и объективным методом оценки состояния здоровья и мышечной системы, включая такие органы, как сердце, печень, головной мозг. Поэтому, по нашему мнению, контроль за уровнем основных ферментов необходимо осуществлять регулярно при подготовке к соревнованиям высококвалифицированных атлетов как в рамках углубленного медицинского обследования, так и при подозрении на состояние перетренированности или травме спортсмена.

Ключевые слова: спорт высших достижений, энзимы, креатинфосфокиназа, лактатдегидрогеназа, ацетилхолинэстераза, аспартатаминотрансфераза, аланинаминотрансфераза, повреждение мышц.

Введение. Спорт высших достижений предъявляет особые требования к функциональной подготовке спортсмена. В свою очередь физическая нагрузка влияет на гомеостаз спортсмена, в котором происходят различные изменения, связанные с внутренней перестройкой органов и систем. Происходящие в организме изменения отражаются, в первую очередь, на количественном составе метаболитов, в регуляции которых главную роль играют энзимы.

Энзимы или ферменты являются неотъемлемой частью метаболизма, практически все химические реакции в живом организме

протекают с их участием. Многие ферменты локализованы внутри клеток, часть – в цитоплазме, другие – в ядре или в митохондриях. Выход энзимов в кровеносное русло означает увеличение проницаемости клеточных мембран или гибель клеток. У здорового человека повышения активности внутриклеточных ферментов в крови не происходит. Поэтому контроль активности или концентрации различных энзимов у человека в биологических жидкостях используют в медицине, в клинической практике. Спорт высших достижений невозможно представить без использования достижений медицины. Всё чаще националь-

ные команды в своей практике используют современные лабораторно-биохимические исследования, по которым можно оценить состояние готовности и корректировать тренировочный план спортсмена.

Одним из наиболее сложных вопросов спортивной биохимии является определение пограничных значений биохимических показателей и интерпретация полученных результатов клинико-лабораторных исследований. Поиск наиболее значимых энзимов, отражающих состояние метаболизма, может быть использован для коррекции тренировочного процесса и улучшения спортивных результатов.

Цель работы: проанализировать и обобщить данные об использовании энзимодиагностики у спортсменов разных специализаций.

В настоящее время в спорте наиболее изучены ферменты мышечной ткани. Креатинфосфокиназа (СК) ускоряет синтез креатинфосфата из креатина с помощью энергии аденозинтрифосфата в ходе обратимой химической реакции. СК имеет три изоформы, состоящие из двух полипептидных субъединиц (М и В) данного фермента в организме: СК (ММ) – мышечного типа (до 95 % от общей креатинкиназы в сыворотке крови), СК (МВ) – сердечного типа (около 2–4 %), СК (ВВ) – мозгового типа (не более 1 % у здоровых лиц) [8, 16].

Повышение активности в крови общей СК может свидетельствовать о повреждении мышечной ткани, однако если для обычного человека существуют определённые референсные значения, используемые для диагностики инфаркта миокарда или миопатии (редких заболеваний мышечной ткани), до 167 Ед/л для женщин и до 190 Ед/л для мужчин [6], то по мнению авторитетного исследователя из Республики Беларусь И.Л. Рыбиной активность СК у спортсменов может превышать в 2–3 раза верхнюю границу нормы вследствие больших физических нагрузок, характерных для «большого спорта» без негативных последствий для здоровья [1].

Активность СК в сыворотке крови заметно повышается в течение 12 часов после выполнения интенсивной мышечной работы [4]. После 48 часов от момента завершения физической нагрузки активность возвращается к исходному уровню [19, 20]. Превышение верхней границы более чем в 3 раза говорит о чрезмерной тренировочной нагрузке, которая

носит уже не развивающий характер, а приводит к гибели мышечных клеток [5, 22]. В таком случае спортсмену следует дать отдохнуть до 72 часов, активность СК нормализуется в большинстве случаев. Рост активности СК в крови у спортсменов может быть вызван и повышенным энергетическим обменом в мышечной ткани во время периода подготовки, который включает в себя большой объём тренировочных нагрузок [14]. Для получения правильных результатов мы рекомендуем использовать только забор крови из вены в одноразовые системы с активатором свертывания, желателен с разделительным гелем. Большинство энзимов в таких системах сохраняют свою активность более 12 часов, после центрифугирования крови такие системы не требуют дополнительного переливания в пробирки типа «эпандорф», а также дополнительной маркировки.

Организация и методы исследования. Нами была исследована активность СК у 20 квалифицированных биатлонистов мужского пола в возрасте от 18 до 23 лет. Забор крови из вены выполняли до тренировки с утра натощак и на следующее утро после выполнения 90-минутного бега на лыжах равномерным методом. Выполнение биохимических анализов осуществляли на современных автоанализаторах Architect с4000 и i1000SR фирмы Abbott (США) с использованием реактивов и контрольных материалов производителя оборудования.

Результаты исследования. Установлено, что повышение активности СК у биатлонистов наблюдается в конце подготовительного периода и нормализация происходит к середине соревновательного периода (данные представлены на рис. 1).

Исследования активности СК проводили и оценивали в сочетании с другими биохимическими показателями. Хорошей комбинацией, по нашему мнению, является определение активности энзима и концентрации мочевины в крови, которая отражает скорость катаболизма протеинов в организме. Повышение концентрации мочевины свидетельствует о нарушении белкового обмена. При состоянии перетренированности спортсмена уровень мочевины в сыворотке крови достоверно увеличивается. В наших исследованиях корреляционной зависимости между активностью СК и концентрацией мочевины выявлено не было, что свидетельствует о том, что данные

биохимические показатели не дублируют друг друга, а дают ценную дополнительную информацию тренеру и спортивному врачу [15].

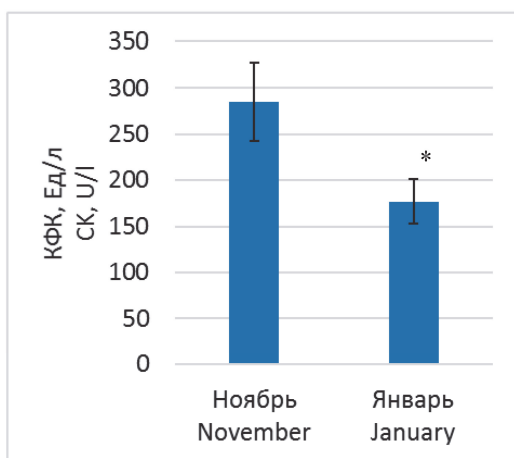


Рис. 1. Активность общей СК в сыворотке крови у биатлонистов мужского пола после тренировки (пояснения в тексте), * – $p < 0,05$
Fig. 1. Blood CK activity in biathletes after training (explained in the text), * – $p < 0.05$

В игровых видах спорта и единоборствах активность общей креатинкиназы должна учитываться в связи со специализацией спортсмена. Результаты однократного лабораторного исследования активности СК в некоторых случаях могут многократно превышать норму. Повышение, вызванное мышечными травмами, также необходимо учитывать при интерпретации результата лабораторного исследования. При изучении активности СК у 10 гандболистов мужского пола в возрасте от 18 до 21 года на следующий день после тре-

нировки нами было установлено, что повышение активности энзима зависит от игрового амплуа. У вратарей многократно превышена норма по сравнению с полевыми игроками. По нашему мнению, такое изменение активности у вратарей связано с получением большого количества мышечных повреждений игровым мячом, в то время как сердечная изоформа (МВ) не превышала референсные значения (данные представлены на рис. 2). В случае повышения общей СК более 700 Ед/л мы рекомендуем определять изоформы креатинкиназы, используя метод электрофореза в полиакриламидном геле.

Самая высокая активность СК в сыворотке крови после выполнения физической нагрузки наблюдается после длительных упражнений, таких как сверхдлинный марафон и бег в гору, которые включают эксцентрические мышечные сокращения. У триатлонистов после выступления на соревнованиях (полная дистанция) активность СК возрастает до 1200 Ед/л, после 48 часов восстановления опускается до 400 Ед/л. Такая активность фермента объясняется обширной областью повреждения скелетной мускулатуры [21]. После выступления спортсмена на таких соревнованиях мы рекомендуем период восстановления более 72 часов.

В последние годы с появлением современных иммунохимических автоматизированных методов стало возможным определять не активность, а количество СК(МВ), то есть «массу» протеина. Такой метод существенно превосходит метод определения активности

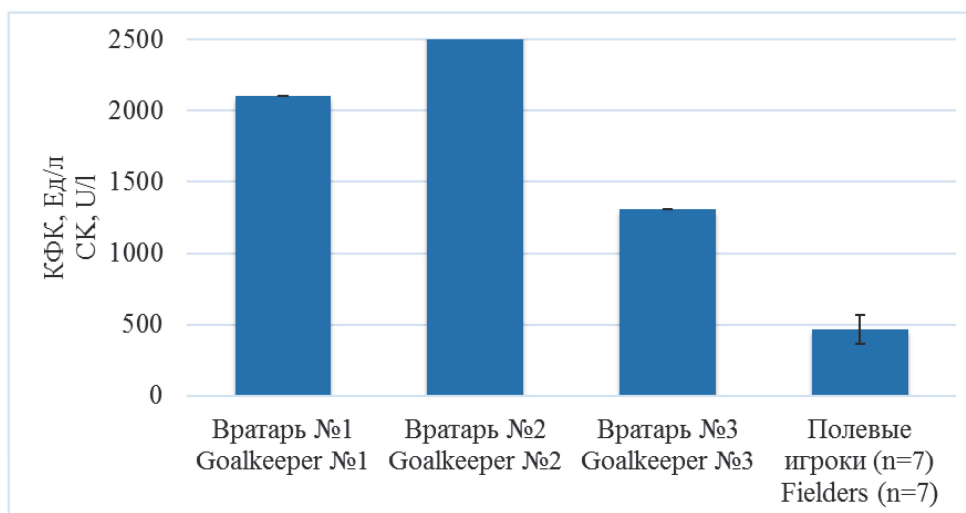


Рис. 2. Активность СК (Ед/л) у вратарей (1–3) и полевых игроков (n = 7) гандбольной команды на следующее утро после вечерней тренировки
Fig. 2. CK activity in goalkeepers (1–3) and field players (n = 7) next morning after exercise

СК (МВ) по чувствительности и специфичности (рис. 3) в связи с тем, что часть энзима в кровотоке поступает в денатурированном виде и не обладает энзиматической активностью [17]. Результаты методик характеризуют нарушение работы сердечной мышцы, вызванной интенсивными и длительными тренировками [21], а в клинической практике используются для диагностики острого инфаркта миокарда или повреждения сердца во время оперативных вмешательств. Нормальные уровни СК(МВ) по массе для мужчин составляют до 5,2 нг/мл, для женщин – до 3,1 нг/мл, однако стандартизация указанного иммунохимического метода недостаточна [6].

Авторами публикации был разработан расчётный метод определения ВВ изофермента СК, что особенно полезно при выходе в кровотоке мозговой изоформы энзима с использованием быстрых лабораторных методик определения общей СК, а также СК (МВ) по активности и массе [9]. Повышение изоформы СК(ВВ) в крови характерно для сотрясений и ушибов головного мозга в сроки от 3 до 24 часов, а при тяжелом течении заболевания и в более поздние сроки [8, 9]. Данный показатель мы рекомендуем использовать в ударных единоборствах, хоккее, американском футболе и других видах спорта, связанных с большим риском сотрясения головного мозга.

Существует два жизненно важных энзима, участвующих в поддержании баланса аминокислот в организме: аланинаминотрансфераза (АЛТ) и аспаратаминотрансфераза (АСТ). АЛТ катализирует обратимую реакцию переноса аминогруппы аланина на α -кетоглутаровую кислоту с образованием пирувиноградной кислоты и глутамата. Энзим наиболее активен в печени и почках, менее – в сердце и скелетной мускулатуре. Повышение активности АЛТ в крови в первую очередь может говорить о повреждении печени, но из-за ограниченной специфичности не обладает достаточной информативностью в диагностике поврежденного органа, т. е. не может использоваться как органоспецифический маркер. Верхней границей нормы АЛТ для женщин является 31 Ед/л, для мужчин – 41 Ед/л [6].

АСТ катализирует обратимую реакцию переноса аминогруппы от аспарагиновой кислоты на α -кетоглутаровую кислоту с образованием оксалоацетата и глутамата. Этот энзим в основном локализован в сердце, печени и скелетной мускулатуре. До открытия кардиоспецифических тропонинов определение АСТ использовали для диагностики острого инфаркта миокарда. Референсные значения активности энзима в сыворотке крови для женщин составляют менее 31 Ед/л, для мужчин – до 37 Ед/л [6]. После выполнения кратковре-

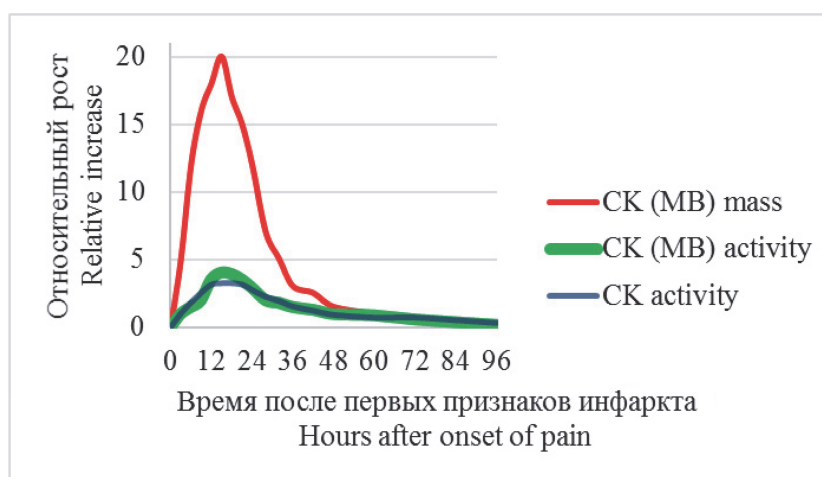


Рис. 3. Сравнение традиционных и новых лабораторных методик, степень повышения энзимов приведена относительно верхней границы нормы [4] (на примере общей СК и МВ-изоформы креатинкиназы при небольшом повреждении сердца, время указано в часах)

Fig. 3. Comparison of traditional and new laboratory methods. The degree of increase in enzymes is shown relative to the upper limit of the norm [4]. The activity and amount of total CK and MB-isoform are given for small damage to the heart, the time is indicated in hours

менной физической нагрузки возможно незначительное повышение АСТ и АЛТ в сыворотке крови по сравнению с состоянием покоя. Повышение связано с увеличением проницаемости мембран, активацией реакций трансаминирования [3]. Значительное повышение активности АСТ и АЛТ наблюдали у спортсменов циклических видов спорта по отношению к ациклическим и ситуационным. Различия в активности ферментов были связаны с более высоким уровнем личностной и реактивной тревожности, наиболее выраженным приростом продуктов перекисного окисления липидов у «спортсменов-цикликов» [10]. В клинической практике используется соотношение активностей АСТ/АЛТ (коэффициент де Ритиса), которое в норме варьирует в небольших пределах. При повреждении клеток печени коэффициент может снижаться до 0,2–0,5, при повреждении миокарда – существенно больше 1. Данный коэффициент стали использовать в спортивной медицине для диагностики перетренированности спортсмена [18]. За рамками данной публикации остается вопрос о диагностической значимости таких энзимов печени, как щелочная фосфатаза и глутаматдегидрогеназа, которые редко используют в спортивной медицине, но в специальной медицинской литературе можно найти достаточно много интересной информации.

Ацетилхолинэстераза (АХЭ) – фермент, регулирующий уровень ацетилхолина в синаптической щели. Его считают ключевым энзимом процесса мышечного расслабления. В работах А.С. Бахаревой и соавт. установлено, что в соревновательный период у лыжников-гонщиков, показывающих высокий спортивный результат, активность ацетилхолинэстеразы повышена по сравнению с другими периодами годовых циклов тренировок [11]. В спортивной практике данный энзим может быть использован как показатель готовности спортсмена к старту в видах спорта на выносливость. Считается, что у спортсменов-марафонцев и бегунов на средние дистанции после выполнения стандартизированной нагрузки PWC_{170} активность ацетилхолинэстеразы (АХЭ) возрастает значительно по сравнению с контрольной (систематически не занимающихся спортом) и группой бегунов-спринтеров. Причиной таких изменений является сложившийся механизм перераспределения энергетических и пластических ресурсов в ответ на физическую нагрузку [7]. Из этого

следует, что ацетилхолинэстераза (АХЭ) может быть использована при отборе спортивно одаренных детей в определённый вид спорта с учётом биоэнергетического режима.

Одним из ключевых ферментов адаптации к физическим нагрузкам считают лактатдегидрогеназу (ЛДГ), которая ускоряет обратимое восстановление пирувата до лактата в процессе анаэробного гликолиза. ЛДГ представлена в организме человека пятью изоформами: ЛДГ-1 синтезируется в миокарде, почках, эритроцитах; ЛДГ-2 – в селезёнке, лимфоузлах; ЛДГ-3 – в ткани лёгких; ЛДГ-4 – в плаценте у беременных, в поджелудочной железе; ЛДГ-5 – в скелетных мышцах и печени. При изучении активности общей ЛДГ у спортсменов силовой направленности выявлено, что после выполнения физической нагрузки (70–80 % от разового максимального усилия) активность ЛДГ у спортсменов понижается до 5 % от уровня в покое. У нетренированных людей наблюдается обратная зависимость в сторону увеличения активности. Однако выхода за пределы физиологических норм при выполнении физической нагрузки выявлено не было [12]. Таким образом, данный энзим может быть использован для подтверждения адекватности применяемых физических нагрузок разной интенсивности, во время тренировочных занятий с профессиональными и начинающими спортсменами [13]. Активность общей ЛДГ и её изоформ повышается в зависимости от специализации атлета. Есть данные мышечной биопсии у спортсменов циклических видов спорта в беге на длинные дистанции и у тяжелоатлетов. У первых наблюдается низкая активность общей ЛДГ с преобладанием активности ЛДГ-1 и ЛДГ-2 по сравнению с тяжелоатлетами, у которых отмечали более высокую активность общей ЛДГ с преобладанием ЛДГ-5 [16].

С развитием современных методов биохимической диагностики появилась возможность более точно определять повреждённые органы и ткани. В клинической практике внедряют новые чувствительные и специфичные маркеры. Для диагностики повреждения миокарда (например, под действием лекарств) используют высокочувствительный тропонин взамен СК(МВ) по массе [2]. В нашем исследовании оценки степени повреждения сердечной мышцы на стандартную нагрузку в группе биатлонистов мужского пола анализ на тропонин I показал более высокую специфич-

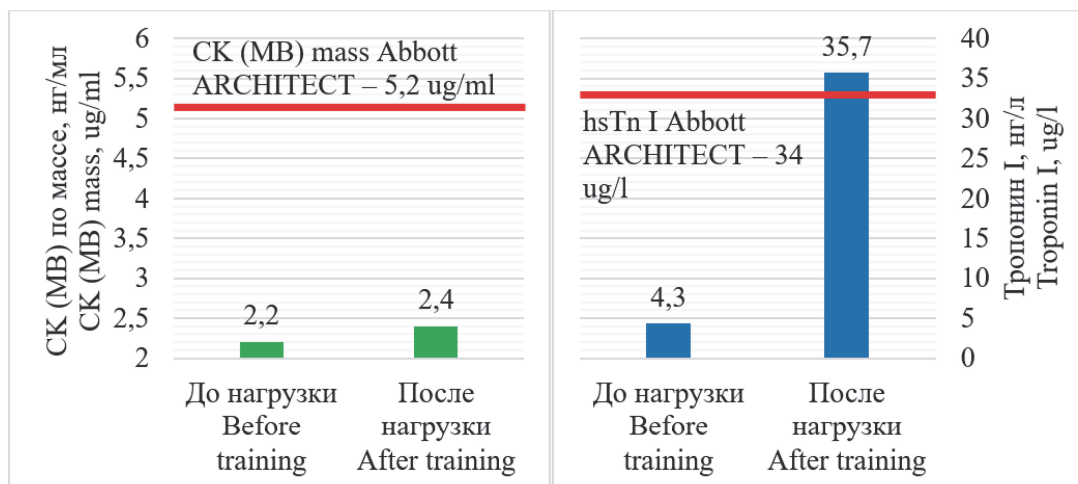


Рис. 4. Степень повышения в крови СК(МВ) по массе и тропонина I у атлета мужского пола (собственные данные).

Fig. 4. The degree of increase in hsTn I and blood CK(MB) by mass in a male athlete (own data)

ность по сравнению с СК(МВ) (данные приведены на рис. 4). Использование высокочувствительного тропонина I в спортивной практике имеет ряд нерешенных проблем, в том числе необходимость хорошо оборудованной лаборатории, высокая цена анализа и нестандартизованность метода.

Заключение. Таким образом, энзимдиагностика на сегодняшний день является актуальным и объективным методом оценки состояния здоровья и мышечной системы, включая такие органы, как сердце, печень, головной мозг. Улучшение контроля за функциональным состоянием спортсмена и здоровьем обычных людей без современных биохимических и лабораторных исследований невозможно. Поэтому, по нашему мнению, контроль за уровнем основных ферментов необходимо осуществлять регулярно при подготовке к соревнованиям высококвалифицированных атлетов как в рамках углубленного медицинского обследования, так и при подозрении на состояние перетренированности или травме спортсмена. Осуществлять лабораторный контроль необходимо в сочетании с другими биохимическими показателями: клиническим анализом крови, уровнем мочевины, общего белка сыворотки, С-реактивного протеина, липидного и углеводного профиля, а также активной формы витамина D. При интерпретации результатов анализов необходимо учитывать возрастные особенности, пол, уровень тренированности и специализацию спортсмена.

Литература

1. Влияние тренировочных нагрузок различной направленности на процессы метаболической адаптации у спортсменов в биатлоне / Е.В. Ветчинкина, И.Л. Рыбина, А.И. Нехвядович, Р.П. Синиченко // Прикладная спортивная наука. – 2017. – № 1 (5). – С. 46–53.
2. Высокочувствительный тропонин – новая эра в диагностике повреждений сердца у спортсменов / В.В. Дорофейков, М.С. Смирнов, И.В. Зырянова, Ю.Ф. Каишаров // Мир спорта. – 2019. – № 2 (75). – С. 20–23.
3. Горохов, Н.М. Изменение активности отдельных ферментов сыворотки крови у спортсменов разных специализаций при выполнении кратковременной физической нагрузки / Н.М. Горохов, Л.В. Тимощенко // Теория и практика физ. культуры. – 2007. – № 10. – С. 27–29.
4. Дорофейков, В.В. Новые лабораторные технологии в оценке повреждения и перегрузки сердца у спортсменов / В.В. Дорофейков, Е.Н. Курьянович // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. – 2015. – № 3. – С. 38–45.
5. Значимость биохимических и гематологических показателей лыжников-гонщиков в процессе адаптации к тренировочным нагрузкам / А.С. Бахарева, В.И. Заляпин, Е.В. Харитонова, Г.В. Буданов // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 3. – С. 30–36. DOI: 10.14529/hsm180303
6. ИНВИТРО диагностика: лабораторная диагностика: справ. / под ред. Е.А. Конд-

рашевой, А.Ю. *Островского* – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Медиздат, 2012. – 832 с.

7. Меньшиков, И.В. Участие ацетилхолинэстеразы эритроцитов в процессах гормональной регуляции при адаптации к физическим нагрузкам / И.В. Меньшиков // *Физиология человека*. – 2003. – Т. 29, № 2. – С. 57–61.

8. Новые подходы к оценке повреждений головного мозга у спортсменов / В.В. Дорофейков, С.М. Аикинази, В.А. Бухарин и др. // *Теория и практика физ. культуры*. – 2016. – № 10. – С. 45–47.

9. Пат. 2600165 С1 Российская Федерация. Способ определения мозговой изоформы креатинфосфокиназы в крови человека / В.В. Дорофейков, Г.О. Керкешко, С.В. Мельников., Т.И. Опарина, М.Г. Степанов; заявитель и патентообладатель НИИ АГиР им. Д.О. Отта. – № 2015124963/15; заявл. 24.06.2015; опубл. 20.10.2016, Бюл. № 29. – 11 с.

10. Тренева, М.В. Соотношение уровня тревожности, процессов перекисного окисления липидов и активности некоторых ферментов у спортсменов в циклических и ациклических видах спорта / М.В. Тренева, Е.И. Львовская // *Теория и практика физ. культуры*. – 2008. – № 4. – С. 31–34.

11. Физиологические маркеры скорости сокращения и расслабления мышечного волокна I типа лыжников-гонщиков / А.С. Бахарева, А.П. Исаев, Д.О. Малеев, А.С. Аминов // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2017. – Т. 17, № 5. – С. 25–31. DOI: 10.14529/hsm17s03

12. Чернозуб, А.А. Изменения концентрации лактатдегидрогеназы в сыворотке крови юношей различного уровня тренированности в условиях нагрузок силового фитнеса / А.А. Чернозуб // *Загальна патологія та патологічна фізіологія*. – 2014. – Т. 9, № 2. – С. 131–139.

13. Чернозуб, А.А. Содержание ферментов лактатдегидрогеназы в крови людей при физических нагрузках разной интенсивности / А.А. Чернозуб, Г.В. Коробейников // *Загальна патологія та патологічна фізіологія*. – 2011. – Т. 6, № 2. – С. 175–179.

14. Ширковец, Е.А. Вариативность клинико-лабораторных маркеров адаптации ор-

ганизма спортсменов высокой квалификации к тренировочным нагрузкам / Е.А. Ширковец, И.Л. Рыбина // *Вестник спортивной науки*. – 2018. – № 2. – С. 21–25.

15. Blood biomarkers of recovery efficiency in soccer players / A. Nowakowska, D. Kostrzewa-Nowak, R. Buryta, R. Nowak // *Int J Environ Res Public Health*. – 2019. – Vol. 16, no. 18. – P. 1–28. DOI: 10.3390/ijerph16183279

16. Brancaccio, P. Monitoring of serum enzymes in sport / P. Brancaccio, N. Maffulli, F.M. Limongelli // *British journal of sports medicine*. – 2006. – Vol. 40, no. 2. – P. 96–97. DOI: 10.1136/bjism.2005.020719

17. Cardiac biomarkers / J. Mair, A. Jaffe, F. Apple, B. Lindahl // *Disease markers*. – 2015. – Vol. 2015. – P. 1–3. DOI: 10.1155/2015/370569

18. Changes in creatine kinase, lactate dehydrogenase and aspartate aminotransferase in saliva samples after an intense exercise: a pilot study / T. Barranco, A. Tvarijonaviciute, F. Tecles et al. // *J Sports Med Phys Fitness*. – 2018. – Vol. 58, no. 6. – P. 910–916. DOI: 10.23736/S0022-4707.17.07214-0

19. Giechaskiel, B. A simple creatine kinase model to predict recovery and efficiency of weight lifting programs / B. Giechaskiel // *Journal of sports and physical education*. – 2020. – Vol. 7, no. 1. – P. 38–45. DOI: 10.9790/6737-7013845

20. Hagstrom, A.D. 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. – Vol. 18, no. 9. – P. 1234–1244. DOI: 10.1080/17461391.2018.1480661

21. Park, C.H. Changes of cardiac biomarkers after ultradistance and standard-distance triathlon / C.H. Park, Y.S. Kwak // *Journal of exercise rehabilitation*. – 2019. – Vol. 15, no. 2. – P. 254–257. DOI: 10.12965/jer.1938092.046

22. Soyal, M. Comparing the hand grip power and creatine kinase levels of U-17 judo national team athletes before and after a 6-week strength training / M. Soyal, N. Çelik // *Pedagogy of physical culture and sports*. – 2020. – Vol. 24, no. 4. – P. 163–171. DOI: 10.15561/26649837.2020.0402

Бакулев Сергей Евгеньевич, доктор педагогических наук, профессор, ректор, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 35. E-mail: rectorlesgaft@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0120-6716.

Дорофейков Владимир Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой биохимии, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 35. E-mail: vdorofeykov@ya.ru, ORCID: 0000-0002-7272-1654.

Гольберг Наталья Давидовна, кандидат биологических наук, доцент, заведующий сектором биохимии спорта, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры. 191040, г. Санкт-Петербург, Лиговский проспект, 56Е. E-mail: ndgolberg@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2689-5503.

Таймазов Владимир Александрович, доктор педагогических наук, профессор, президент, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 35. E-mail: rectorlesgaft@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4636-4534.

Ашкинази Сергей Максимович, доктор педагогических наук, профессор, проректор по НИР, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 35. E-mail: sergei_ashkinazi@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4255-2359.

Смирнов Михаил Сергеевич, магистрант кафедры биохимии, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 35. E-mail: smirnovmihail439@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8184-9564.

Поступила в редакцию 29 мая 2020 г.

DOI: 10.14529/hsm200302

ENZYME DIAGNOSTICS IN SPORTS PRACTICE (LITERATURE REVIEW AND PERSONAL EXPERIENCE)

S.E. Bakulev¹, rectorlesgaft@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0120-6716,
V.V. Dorofeykov¹, vdorofeykov@ya.ru, ORCID: 0000-0002-7272-1654,
N.D. Goldberg², ndgolberg@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2689-5503,
V.A. Taymazov¹, rectorlesgaft@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4636-4534,
S.M. Ashkinazi¹, sergei_ashkinazi@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4255-2359,
M.S. Smirnov¹, smirnovmihail439@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8184-9564

¹Lesgaft State National University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg, Russian Federation,

²Saint-Petersburg Scientific-Research Institute for Physical Culture, St. Petersburg, Russian Federation

Aim. The paper aims to analyze and summarize the data about enzyme diagnostics in athletes of different sports. **Materials and methods.** Creatine kinase (CK) activity was measured in 20 highly skilled male biathletes aged from 18 to 23 years. Fasted blood samples were taken in the morning before exercise and the next day after a 90-minute ski run by a uniform method. Biochemical analysis was performed by using the Architect c4000 and i1000SR (Abbott, USA) automated analyzers with reagents and control materials from the equipment manufacturer. **Results.** An increase in CK activity in biathletes is observed at the end of the preparatory period, and normalization occurs by the middle of the competitive period. When studying CK activity in 10 male handball players aged from 18 to 21 years the day after training, it was found that the increase in enzyme activity depended on the playing position. Goalkeepers exceeded the norm

many times compared to field players. The highest serum CK activity after exercise was observed after prolonged exercise such as extra-long marathon and uphill running, which involved eccentric muscle contractions. In triathletes after competitions (full distance), CK activity increased to 1200 U/L, after 48 hours of recovery it dropped to 400 U/L. **Conclusion.** Thus, enzyme diagnostics today is a relevant and objective method for assessing the state of health and the muscular system, including organs such as the heart, liver, and brain. Therefore, control over the level of basic enzymes should be carried out regularly in the preparatory period both as part of an in-depth medical examination and if an athlete is suspected of being overtrained or injured.

Keywords: elite sport, enzymes, creatine kinase, lactate dehydrogenase, acetylcholinesterase, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, muscle damage.

References

1. Vetchinkina E.V., Rybina I.L., Nekhvyadovich A.I., Sinichenko R.P. [The Impact of Training Loads of Different Orientation on Metabolic Adaptation's Processes in Biathlon]. *Prikladnaya sportivnaya nauka* [Applied Sports Science], 2017, no. 1 (5), pp. 46–53. (in Russ.)
2. Dorofeykov V.V., Smirnov M.S., Zyryanova I.V., Kashkarov Y.F. [High-Sensitivity Troponin. A New Era in the Diagnosis of Heart Damage in Athletes (Own Experience and Literature Review)]. *Mir sporta* [Sports World], 2019, no. 2 (75), pp. 20–23. (in Belarus)
3. Gorokhov N.M., Timoshchenko L.V. [Activity Change of Single Enzymes of Blood Serum in Athletes of Various Specialization at Short-Term Physical Loading Performance]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2007, no. 10, pp. 27–29. (in Russ.)
4. Dorofeykov V.V., Kur'yanovich E.N. [New Laboratory Technologies in the Assessment of Damage and Overwork of the Heart of Athletes]. *Aktual'nye problemy fizicheskoy i spetsial'noy podgotovki silovykh struktur* [Actual Problems of Physical and Special Training of Power Structures], 2015, no. 3, pp. 38–45. (in Russ.)
5. Bakhareva A.S., Zalyapin V.I., Kharitonova E.V., Budanov G.V. Significance of Biochemical and Hemato-logical Indicators of Racing Skiers During Adaptation to Training Loads. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 3, pp. 30–36. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm180303
6. Kondrashev E.A., Ostrovskaya A.Yu. *INVITRO diagnostika: laboratornaya diagnostika: spravochnik* [INVITRO Diagnostics. Laboratory Diagnostics], 2nd ed. Moscow, Medizdat Publ., 2012. 832 p.
7. Men'shikov I.V. [The Role of Erythrocytic Acetylcholinesterase in Hormonal Regulation of Adaptation to Physical Exercise]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2003, vol. 29, no. 2, pp. 57–61. (in Russ.)
8. Dorofeykov V.V., Ashkinazi S.M., Bukharin V.A. et al. [New Approaches to Brain Damage Diagnostics in Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2016, no. 10, pp. 45–47. (in Russ.)
9. Dorofeykov V.V., Kerkeshko G.O., Mylnikov S.V. et al. *Sposob opredeleniya mozgovoy izoformy kreatinfosfokinazy v krovi cheloveka* [Method of Determining Cerebral Isoform of Creatine Phosphokinase in Human Blood]. Patent RF, no. 2600165, 2016.
10. Treneva M.V., Lvovskaya E.I. [Correlation of Anxiety Level, Lipid Peroxidation and Activity of Some Enzymes in Cyclic and Acyclic Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2008, no. 4, pp. 31–34. (in Russ.)
11. Bakhareva A.S., Isaev A.P., Maleev D.O., Aminov A.S. Physiological Markers of the Speed of Muscle Con-traction and Relaxation of Type I Muscle Fibers in Racing Skiers. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. 5, pp. 25–31. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm17s03
12. Chernozub A.A. [Concentration of Lactate Dehydrogenase Serum Levels of Different Fitness Youth under Load Power]. *Zagal'na patologija ta patologichna fiziologija* [General Pathology and Pathological Physiology], 2014, vol. 9, no. 2, pp. 131–139. (in Ukraine)
13. Chernozub A.A., Korobeynikov G.V. [Parameters of Lactate Dehydrogenase in the Blood of People after Exercise of Varying Intensity]. *Zagal'na patologija ta patologichna fiziologija* [General Pathology and Pathological Physiology], 2011, vol. 6, no. 2, pp. 175–179. (in Ukraine)
14. Shirkovets E.A., Rybina I.L. [Adaptations of Organism of the Elite Athletes to Training Loads]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Sports Science Bulletin], 2018, no. 2, pp. 21–25. (in Russ.)

15. Nowakowska A., Kostrzewa-Nowak D., Buryta R., Nowak R. Blood Biomarkers of Recovery Efficiency in Soccer Players. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, vol. 16, no. 18, pp. 1–28. DOI: 10.3390/ijerph16183279
16. Brancaccio P., Maffulli N., Limongelli F.M. Monitoring of Serum Enzymes in Sport. *British journal of sports medicine*, 2006, vol. 40, no. 2, pp. 96–97. DOI: 10.1136/bjism.2005.020719
17. Mair J., Jaffe A., Apple F., Lindahl B. Cardiac Biomarkers. *Disease markers*, 2015, vol. 2015, pp. 1–3. DOI: 10.1155/2015/370569
18. Barranco T., Tvarijonaviciute A., Tecles F. et al. Changes in Creatine Kinase, Lactate Dehydrogenase and Aspartate Aminotransferase in Saliva Samples after an Intense Exercise: A Pilot Study. *J Sports Med Phys Fitness*, 2018, vol. 58, no. 6, pp. 910–916. DOI: 10.23736/S0022-4707.17.07214-0
19. Giechaskiel B. A Simple Creatine Kinase Model to Predict Recovery and Efficiency of Weight Lifting Programs. *Journal of sports and physical education*, 2020, vol. 7, no. 1, pp. 38–45. DOI: 10.9790/6737-7013845
20. 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, vol. 18, no. 9, pp. 1234–1244. DOI: 10.1080/17461391.2018.1480661
21. Park C.H., Kwak Y.S. Changes of Cardiac Biomarkers after Ultradistance and Standard-Distance Triathlon. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 2019, vol. 15, no. 2, pp. 254–257. DOI: 10.12965/jer.1938092.046
22. Soyal M., Çelik N. Comparing the Hand Grip Power and Creatine Kinase Levels of U-17 Judo National Team Athletes before and after a 6-Week Strength Training. *Pedagogy of physical culture and sports*, 2020, vol. 24, no. 4, pp. 163–171. DOI: 10.15561/26649837.2020.0402

Received 29 May 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Энзимодиагностика в спортивной практике (обзор литературы и собственный опыт) / С.Е. Бакулев, В.В. Дорофейков, Н.Д. Гольберг и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 15–24. DOI: 10.14529/hsm200302

FOR CITATION

Bakulev S.E., Dorofeykov V.V., Goldberg N.D., Taymazov V.A., Ashkinazi S.M., Smirnov M.S. Enzyme Diagnostics in Sports Practice (Literature Review and Personal Experience). *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 3, pp. 15–24. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200302