

965

ЛАТВИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И КЛИНИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ЛАТВИЙСКОЙ ССР

13
19.1.72

Рубинский
20.01.72

На правах рукописи

Е. А. КУШНИРЕНКО

**ИЗМЕНЕНИЯ КРЕАТИНКИНАЗНОЙ АКТИВНОСТИ И
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРЕАТИНОВОГО ОБМЕНА
У СПОРТСМЕНОВ ПРИ НАГРУЗКАХ
НА ВЫНОСЛИВОСТЬ**

Диссертация написана на русском языке
(03.093 — биологическая химия)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Рига — 1972

Работа выполнена в клинико-биохимической лаборатории (зав. кандидат биол. наук О. Р. Немирович-Данченко) сектора спортивной медицины (зав. профессор С. П. Летунов) Всесоюзного научно-исследовательского института физической культуры (директор кандидат пед. наук Л. С. Хоменков)
Научный руководитель — кандидат биологических наук
О. Р. Немирович-Данченко

Официальные оппоненты:

1. Доктор биологических наук **В. А. Шатерников**
2. Доктор биологических наук **Х. Ф. Басс-Шадхан**

Ведущее научное учреждение — Рижский медицинский институт.

Автореферат разослан « 17 » января 1972 г.

Защита диссертации состоится « 17 » февраля 1972 г. на заседании Ученого Совета Латвийского научно-исследовательского института экспериментальной и клинической медицины Министерства здравоохранения Латвийской ССР.

Адрес учреждения: Рига, ул. Алтонавас 4.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке АН ЛССР (г. Рига, ул. Коммунала 4).

Ученый секретарь Совета ЛНИИЭКМ ЛССР кандидат мед. наук **Л. В. Ренерт.**

Новые достижения в современном спорте в значительной степени могут быть обеспечены лишь путем предельных напряжений организма, к которым спортсмены должны быть подготовлены рационально обоснованным тренировочным процессом. Медико-биологический контроль при этом приобретает решающее значение. Существенным его разделом является изучение динамики обменных процессов, обеспечивающих потребность организма в энергии, необходимой для совершения мышечной работы.

Креатинфосфатный механизм продуцирования энергии, регулируемый ферментом креатинкиназой, во время спортивной деятельности играет важную роль, включаясь в моменты наиболее напряженной физической нагрузки, когда затруднен ресинтез АТФ за счет других источников. При этом изменяется активность креатинкиназы и соотношение концентраций субстратов и продуктов креатинкиназной реакции (И. П. Кок, 1951; Н. М. Тимофеева, 1956; Л. В. Максимова, 1965; Colombo и др., 1962; Savignano et al., 1969).

Изучение этих изменений, происходящих как в мышечной ткани, так и в сыворотке крови, может позволить охарактеризовать величину нагрузки и ответную реакцию организма на предлагаемую нагрузку, что будет способствовать выявлению уровня тренированности спортсменов в условиях равнины и среднегорья.

Показано, что креатинкиназа морфологически связана с важнейшими органеллами мышечной клетки, непосредственно участвующими в акте мышечного сокращения (Э. Т. Сорени, Р. Т. Дегтярь, 1948; Ottaway, 1967; Baskin, Deamer, 1970 и др.). Достаточно высокая концентрация креатинфосфата в мышцах, наряду с нормально высокими величинами креатинкиназной активности имеет большое значение при функциональной нагрузке, связанной с интенсивным мышечным сокращением, а также при кислородной недостаточности (Н. Н. Яковлев, 1955; Kendrick, Perry, 1965; Margaria, 1970).

Установлено, что напряженная мышечная работа оказывает значительное влияние на организм, вызывая повышение в сыворотке крови активности ряда тканевых ферментов, в том числе и креатинкиназы, а также увеличение концентрации креатинина и креатина, с последующей усиленной экскрецией их в мочу (Н. М. Тимофеева, 1956; Л. В. Максимова, 1965, 1966; В. Л. Соболев, 1968; Dakshayane, Murthy, 1964; Nuttal, Jones, 1968; Rose et al., 1970; Schrier et al., 1970 и др.). Однако эти авторы ограничивались в основном рассмотрением отдельных

показателей креатинового обмена, не рассматривая их взаимосвязанно. Недостаточно изученным до настоящего времени остается влияние, оказываемое гипоксией, и физической нагрузкой в условиях гипоксии на компоненты креатинкиназной реакции.

Несмотря на значительное число работ в данной области, не выяснен целый ряд вопросов, связанных с влиянием физической нагрузки на изменения активности сывороточной креатинкиназы. До настоящего времени неизвестно, имеются ли различия ферментной активности сыворотки, в состоянии покоя, между здоровыми нетренированными лицами и спортсменами различных специализаций и меняется ли активность, в состоянии покоя, с ростом тренированности. Какова динамика активности креатинкиназы в периоде восстановления после физической нагрузки? Какое влияние оказывает фактор гипоксической гипоксии в сочетании с физической нагрузкой и какой характер носят изменения в процессе акклиматизации, реакклиматизации и повторного пребывания в условиях среднегорья?

Большой интерес представляет выяснение возможной связи между изменениями сывороточной активности креатинкиназы и экскреции креатинина и креатина в моче. В доступной нам литературе не удалось обнаружить исследований активности креатинкиназы у спортсменов высшей квалификации, входящих в составы национальных команд, в то время как эти данные представляли бы несомненный интерес для понимания процессов адаптации к большим физическим нагрузкам.

Исходя из вышеизложенного, целью нашего исследования явилось изучение активности сывороточной креатинкиназы и экскреции креатинина и креатина в моче у спортсменов различной квалификации для характеристики их работоспособности и состояния тренированности в условиях равнины и среднегорья.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленных задач, было использовано определение активности креатинкиназы в сыворотке крови модифицированным нами совместно с Ф. Б. Левиным и Т. Т. Березовым методом Berger et al. (1968); концентрации креатинина и креатина в моче по методу А. Д. Брауна (1954), в сыворотке по методу Lieb — Zacherl (1966).

На отдельных этапах исследования, с целью характеристики реакции организма на нагрузку и воздействие кислородной недостаточности, изучалась концентрация глюкозы в крови по методу Nelson — Somogyi (1968); неорганического фосфора по одному из вариантов метода Fiske — Subbarow (1925); молочной кислоты по Barker — Summerson (1969); гемоглобина и числа эритроцитов фотоэлектроколориметрически; величины насыщения гемоглобина кислородом — оксигеметрически.

Полученные данные обрабатывались методом вариационной статистики, описанным Р. Н. Бирюковой (1964).

Под нашим наблюдением находились 28 здоровых нетренированных лиц и 133 спортсмена, представителя циклических видов спорта, тренирующихся в основном на выносливость (лыжники, пловцы, велосипедисты, гребцы). Из них 8 женщин и 125 мужчин; 1—2 разряда 50 человек, мастеров спорта 83 человека, в том числе 49 спортсменов входили в составы сборных команд СССР и являлись мастерами спорта международного класса или заслуженными мастерами спорта СССР.

Было образовано 11 экспериментальных групп, дифференцированных по видам спорта, квалификации и уровню подготовленности. Возраст всех испытуемых в пределах 18—36 лет, спортивный стаж от 3 до 14 лет. Исследованию подвергались только практически здоровые лица, без признаков переутомления и перетренированности. Врачебный контроль осуществлялся врачами команд по видам спорта или сотрудниками, входящими в состав комплексных научных бригад.

Большая часть экспериментов проводилась на учебно-тренировочных сборах, как в условиях равнины, так и среднегорья (было предпринято 4 экспедиции на Кавказ и Тянь-Шань) в различные периоды тренировочного процесса.

Часть исследований по изучению влияния физической нагрузки и «острой» гипоксической гипоксии, была проведена на экспериментальных животных — 16 чистокровных скаковых лошадях 2—3-летнего возраста, специально тренируемых к соревнованиям.

Кровь для анализа получали из пальца (у животных из яремной вены) в состоянии относительного покоя — до нагрузки, на 5-й и 30-й минутах после окончания нагрузки, а также, в отдельных экспериментах, через 6 и 18 часов восстановления. Порционную мочу собирали за 1 час до нагрузки и в течение 1 часа после нагрузки (включая время нагрузки), в отдельных экспериментах — в суточном объеме.

Исследования проводились совместно с лабораторией функциональной диагностики (ст. научный сотрудник И. Д. Суркина) и лабораторией врачебного контроля над спортсменами высших разрядов (ст. научный сотрудник А. Д. Бутков) сектора спортивной медицины ВНИИФК, а также лабораторией по тренингу (ст. научный сотрудник А. А. Ласков) ВНИИ коневодства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальная работа проводилась в трех основных направлениях:

1. Изучение активности сывороточной креатинкиназы у спортсменов в состоянии покоя, на различных этапах тренировочного процесса и влияния специфичных для данного вида спорта физических нагрузок различной мощности на изменения активности.

2. Изучение воздействия стандартных велоэргометрических нагрузок на изменения экскреции продуктов креатининового обмена и активности креатинкиназы в сыворотке крови.

3. Влияние гипоксии, в условиях пониженного барометрического давления, на комплекс изучаемых показателей у спортсменов и экспериментальных животных.

В результате двухлетних наблюдений было установлено, что активность креатинкиназы в состоянии покоя может колебаться в значительных пределах. У здоровых нетренированных людей активность изучаемого фермента находилась в пределах $0,00-7,74$ международных единиц (М. Е.), со средним значением $2,36 \pm 0,36$ М. Е. Большинство известных нам авторов (Л. П. Гринио, А. В. Консистоум, 1964; Tanzer, Gilvarg, 1959; Nilsen, Lundvigsen, 1963; Berger et al., 1968 и др.) считают нижней нормой нулевые значения активности. Наши данные подтверждают это положение. Так из 28 случаев определения активности креатинкиназы в сыворотке здоровых нетренированных лиц, нами было обнаружено 11 случаев, когда активность в сыворотке практически отсутствовала или характеризовалась следовыми значениями.

Однако при обследовании 130 спортсменов, с различным уровнем подготовленности, мы не обнаружили в состоянии покоя ни одного случая нулевой активности (при условии систематической тренировки).

Следует отметить, что в подготовительном периоде трени-

ровочного процесса у спортсменов различных специализаций отмечаются значения близкие средним данным, найденным у здоровых людей в пределах 1,90—3,62 М. Е. В соревновательном же периоде подготовки, т. е. когда спортсменами выполнен большой объем нагрузок и в значительной степени возросла их интенсивность, наблюдались достоверно более высокие значения активности креатинкиназы в пределах 3,52—6,45 М. Е. в различных группах испытуемых (все данные получены у спортсменов после дня отдыха).

Это подтвердили и динамические наблюдения, проведенные среди спортсменов мужской и женской команды СССР по лыжным гонкам. Так у мужчин в сентябре месяце (первая половина подготовительного периода) активность фермента составляла в среднем по группе $2,21 \pm 0,13$ М. Е., в ноябре (конец подготовительного периода) $3,03 \pm 0,18$ М. Е., а в январе (середина соревновательного периода) $3,52 \pm 0,12$ М. Е. У женщин в эти же сроки активность соответственно равнялась $2,32 \pm 0,14$; $3,67 \pm 0,22$ и $4,18 \pm 0,99$ М. Е. Изменения в обеих группах носили достоверный характер.

Наибольшая активность в состоянии покоя отмечалась у гребцов, обследовавшихся однократно, в конце соревновательного периода, изобиловавшего многочисленными стартами — $10,48 \pm 1,17$ М. Е. Однако, в данном случае определенную роль, очевидно, играет и значительный собственный вес, а, следовательно, и величина мышечной массы спортсменов, составляющая в среднем по группе 92,5 кг и значительно превышающая отмечаемую в других группах. Как известно (А. А. Покровский, 1960; Dreyfus et al., 1960) мышечная ткань является основным источником креатинкиназной ферментемии.

Таким образом, результаты наблюдений активности сывороточной креатинкиназы в состоянии покоя позволяют предположить зависимость ее уровня от периода тренировочного процесса, т. е. от объема и интенсивности предшествующих нагрузок. Такие изменения, возможно, являются следствием некоторого недовосстановления мышечной системы ввиду систематически «наслаивающихся» физических нагрузок увеличивающейся интенсивности, что, очевидно, вызывает постоянное «просачивание» ферментных белков через мембраны мышечных клеток в кровь. Видимо, для спортсменов этот процесс является физиологически закономерным, т. к. по данным врачебно-педагогических наблюдений, отклонений в состоянии здоровья или ухудшения тренированности не наблюдалось.

Изучению динамики креатинкиназы при физических на-

грузках различного характера было посвящено несколько серий экспериментов. Наблюдения, проведенные среди спортсменов 1—2 разряда, показали, что различные виды нагрузок вызывают в основном однонаправленные изменения, различающиеся по величине (таблица 1). Нагрузки умеренной мощности, проходящие на фоне достаточной доставки кислорода работающим мышцам (бег на лыжах в легком темпе), как правило, вызывают минимальные изменения. Нагрузки большой и

Таблица 1

Изменения активности сывороточной креатинкиназы при воздействии различных физических нагрузок у спортсменов 1—2 разряда в М. Е.

Группы спортсменов	n	Характер нагрузки	До нагрузки	После нагрузки	P
1. Лыжники	23	Бег на лыжах 15 км за 1 час 40 мин.	$5,53 \pm 0,45$	$6,83 \pm 0,38$	$< 0,05$
2. Велосипедисты	7	Велогонка по шоссе на дист. 25 км	$3,21 \pm 0,41$	$6,09 \pm 0,35$	$< 0,02$
3. Пловцы	8	Плавание 100 м в максимальн. темпе	$2,93 \pm 0,28$	$5,17 \pm 0,63$	$< 0,02$
4. Борцы	5	Тренировочное занятие в течение 1,5 час.	$2,20 \pm 0,71$	$4,11 \pm 0,66$	$> 0,05$

особенно субмаксимальной мощности, проводимые в соревновательных условиях (велогонка на дистанцию 25 км, плавание 100 м) вызывают более выраженные сдвиги. Нагрузка, проводимая в группе велосипедистов в виде тренировки, с меньшей интенсивностью, чем в соревновании (на той же трассе), вызвала достоверно менее выраженное повышение активности ($P < 0,05$).

С некоторой осторожностью можно допустить, что подобный характер изменений обусловлен степенью обеспечения организма, а, следовательно, и работающих мышц кислородом. Та работа, которая выполняется в условиях лучшего снабжения кислородом и имеет меньшую интенсивность, сопровождается менее выраженным повышением активности креатинкиназы в сыворотке крови.

Аналогичный характер изменений наблюдался и у высококвалифицированных лыжников, исследовавшихся после воздействия различных по мощности и длительности нагрузок в естественных условиях, проводимых как в виде кроссового бега, так и в виде лыжных гонок. При этом в большинстве случаев

интенсивная нагрузка, наряду с более выраженным повышением активности креатинкиназы (в пределах 30—60%) сопровождалась увеличением концентрации неорганического фосфора в крови. Снижение концентрации глюкозы было более выражено при длительных нагрузках, что указывает на различное соотношение механизмов участвующих в продуцировании энергии при мышечной деятельности различной мощности.

Однако отчетливой корреляции между изменениями данных показателей обнаружено не было. Это, возможно, связано с различной лабильностью указанных компонентов. Креатинкиназа, как высокомолекулярный белок, очевидно, должна иметь более длительную динамику количественных и конформационных изменений, не совпадающую по фазе с изменениями низкомолекулярных показателей.

Изучению этого вопроса, в плане сопоставления изменений ферментной активности и концентрации продуктов креатинового обмена — креатинина и креатина, были посвящены наши дальнейшие исследования.

Для рассмотрения суточной динамики указанных показателей в крови, были обследованы скаковые лошади, которые выполняли беговую нагрузку средней мощности (рысь и галоп в течение 30—35 минут). Активность креатинкиназы в состоянии покоя соответствовала установленным для животных данного вида нормам (М. Г. Ткешелашвили, 1967) и умеренно повышалась после нагрузки до 30-й минуты восстановления (на 10—20%). Затем, в течение последующих шести часов, находилась на стабильном уровне, с нормализацией к утру следующего дня (18 часов восстановления). Изменения концентрации креатинина также имели сходную динамику, однако снижение содержания его в крови начиналось значительно раньше — через 30 минут восстановления после нагрузки, что очевидно связано с экскрецией его в мочу.

Концентрация молочной кислоты непосредственно после нагрузки увеличивалась примерно в два раза от исходных значений. Резкие изменения, носившие достоверный характер ($P < 0,001$), наблюдались в системе красной крови. Так концентрация гемоглобина, в среднем по группе, увеличилась с $13,55 \pm 0,34$ г% до $17,34 \pm 0,28$ г%; количество эритроцитов с $7,21 \pm 0,18$ до $8,62 \pm 0,12$ млн.; HvO_2 с $65,30 \pm 1,29$ до $76,20 \pm 1,40$ %. К 30-й минуте восстановления происходила их нормализация.

Относительно небольшие сдвиги активности креатинкиназы

и концентрации креатинина, носившие зачастую недостоверный характер, а также молочной кислоты в крови в результате воздействия физической нагрузки, в данном случае объясняются небольшой мощностью работы и характерной приспособительной реакцией со стороны системы красной крови, никогда не проявляющейся, по нашим данным и данным других авторов (М. М. Миррахимов, 1964; Б. М. Вялушкин, 1969; Gdton et al., 1964 и др.) в такой степени у людей.

Такие компенсаторные изменения позволяют в значительной степени удовлетворить запрос организма животных в кислороде, как за счет усиления дыхания, так и благодаря повышения O_2 -транспортной функции крови, за счет дополнительного выхода депонированных эритроцитов и усиления процессов связывания кислорода.

Динамика изменений креатинкиназной активности и концентрации креатинина в сыворотке, в определенной степени наводит на мысль о возможной взаимосвязи механизма повышения активности креатинкиназы и усиленном выделении креатина, который как известно (И. Я. Постовский, Н. П. Бедягина, 1951) поступает в кровь и мочу в основном в виде креатинина. Если сделанное предположение верно и активность креатинкиназы связана с изменениями концентрации креатинина в крови и экскрецией в мочу, то очевидно, что нагрузка различной интенсивности, в стандартных условиях, будет вызывать отличающиеся изменения, адекватные величине произведенной работы.

Для выяснения этого вопроса были обследованы две группы высококвалифицированных спортсменов, одна из которых выполняла на велоэргометре работу субмаксимальной мощности (до пульса в среднем 174 уд/мин.) другая — максимальной (до отказа). В первом случае изменения носили недостоверный характер, а во втором были достоверны и значительно более выражены. Повышение активности креатинкиназы в сыворотке, продолжающееся к 30-й минуте восстановления, было адекватно экскреции креатинина в мочу, а у отдельных спортсменов второй группы сопровождалось появлением креатина в моче. Накопление молочной кислоты также было более выражено у спортсменов, выполнивших максимальную нагрузку, что свидетельствует об усилении процессов гликолиза.

Совмещенный характер процессов повышения активности креатинкиназы в сыворотке крови и накопления в моче продуктов креатинового обмена, несмотря на некоторые отличия во временной фазе, в определенной степени указывает на

взаимосвязанный механизм этих изменений, по-видимому усиливающихся при снижении парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе, что в дальнейшем подтвердилось экспериментами в горных условиях.

Так у квалифицированных лыжников (мастеров спорта), находящихся в течение 10—19 дней в условиях среднегорья (1.750 м. над уровнем моря), отмечалась более высокая активность креатинкиназы в состоянии покоя, чем у лыжников различной квалификации в условиях равнины ($5,78 \pm 0,49$ М. Е.). Физическая нагрузка скоростного характера также вызывала более значительное повышение активности креатинкиназы в абсолютных значениях, чем в условиях равнины (до $7,92 \pm 0,58$ М. Е.). При этом реакция со стороны системы красной крови была незначительной.

Следует отметить, что ко времени обследования большинство спортсменов прошли стадию острой акклиматизации и достаточно хорошо адаптировались к условиям пониженного содержания кислорода во вдыхаемом воздухе. Однако однократное наблюдение не позволяет выявить динамику изменения ферментной активности в различные периоды акклиматизации и сравнить ее с динамикой здоровых нетренирующихся лиц в этих условиях. Для этого были проведены динамические наблюдения в группе квалифицированных лыжников и здоровых нетренированных лиц в течение длительного времени, в условиях равнины и повторного пребывания в среднегорье, которые позволили выявить ряд особенностей ферментной адаптации при кислородной недостаточности.

В состоянии покоя в условиях равнины, активность креатинкиназы у лыжников, находившихся под наблюдением, колебалась в пределах величин, характерных для соревновательного периода — $4,83 \pm 1,89$ М. Е. (исследования проводились с декабря по март месяц).

Переезд на высоту 2.200 м над уровнем моря вызвал резкое увеличение активности в состоянии покоя (до $15,65 \pm 2,95$ М. Е.) во второй день акклиматизации к среднегорью. В группе здоровых нетренированных лиц наблюдались аналогичные изменения, причем активность креатинкиназы в этих случаях значительно превосходила значения, наблюдаемые у здоровых людей в условиях равнины (примерно на 300%). Наряду с этим отмечалась значительная экскреция креатинина, которая достигала 3.191 мг в сутки в группе спортсменов и 3.102 мг в группе здоровых лиц, что заметно превышает известные физиологические нормы (А. Я. Альтгаузен, 1959; Я. Горжейши,

1967; Ram, Rddy, 1970). В обеих группах отмечалась экскреция креатина, особенно выраженная в дневное время (в пределах 87,0—119,0 мг/сутки), а также довольно высокие значения диуреза (1.617—1.782 мл/сутки).

Таким образом, кислородная недостаточность в острый период акклиматизации, в состоянии покоя, оказывала воздействие, сходное с физической нагрузкой. В дальнейшем, в процессе акклиматизации, происходило уменьшение активности креатинкиназы и снижение экскреции продуктов креатинового обмена в мочу, что было особенно выражено в контрольной группе, поскольку в экспериментальной, на течение процессов адаптации влияло проведение тренировочного процесса.

Следует отметить, что при повторном пребывании в условиях среднегорья адаптивные реакции проявлялись отчетливее, что выражалось в менее значительном повышении активности креатинкиназы в первые дни акклиматизации ($P > 0,05$), снижении экскреции креатинина ($P > 0,05$) и креатина ($P < 0,01$). Несколько снизился также суточный диурез в обеих группах, однако изменения ввиду небольшого числа случаев недостоверны ($P > 0,05$). Следовательно механизмы приспособления к физической нагрузке и гипоксии имеют сходный характер и зависят от «остроты» воздействия и степени подготовленности организма.

Физическая нагрузка, проводимая в условиях среднегорья, как в виде тренировок и соревнований, так и в виде лабораторного велоэргометрического теста (ступенеобразно возрастающая работа до отказа), вызывала значительно более выраженные изменения, чем в базальных условиях, при сниженной работоспособности спортсменов, особенно в первые дни акклиматизации. Вероятно, в данном случае происходит суммирование воздействий, что усиливает сдвиг креатинкиназной реакции в сторону расщепления креатинфосфата, расходующегося на ресинтез АТФ. При этом, соревновательная нагрузка вызывает большие сдвиги, чем тренировочная также, как это отмечалось у спортсменов других групп в условиях равнины.

Характерны особенности динамики изменений активности креатинкиназы в зависимости от внешних условий. Так при выполнении велоэргометрического теста в условиях среднегорья, нагрузка вызывала повышение активности креатинкиназы не только к 30-й минуте, но и к 6-му часу восстановления, чего не отмечалось в условиях равнины. Это наблюдалось и при выполнении соревновательных нагрузок в естественных условиях, причем, как правило, более выраженное повышение

активности креатинкиназы сопровождалось более интенсивной экскрецией креатинина и креатина в мочу, носящей достоверный характер, а также в случае велоэргометрической нагрузки — большим накоплением молочной кислоты в крови.

В периоде реакклиматизации (9-й день), в условиях равнины, после первого пребывания в горах отмечалось достоверное снижение активности креатинкиназы в обеих группах, в состоянии покоя, сопровождающееся уменьшением величины экскреции креатинина. Креатин в моче наблюдался лишь у отдельных испытуемых.

Наряду с более высокой работоспособностью спортсменов, активность креатинкиназы после велоэргометрической нагрузки, повышаясь в процессе работы, имела затем тенденцию к снижению уже к 30-й минуте восстановления с последующим снижением к 6-му часу. Усиление экскреции креатинина и креатина имело при этом достоверно меньшие величины, чем в условиях среднегорья.

Аналогичная тенденция наблюдалась в периоде реакклиматизации после повторного (трехкратного) 14—15-дневного пребывания в горах. При ежедневных наблюдениях было отмечено, что снижение активности креатинкиназы в состоянии покоя происходит относительно медленно. В группе здоровых нетренированных лиц активность изучаемого фермента достигла нормальных значений лишь к 8-му дню реакклиматизации. В экспериментальной группе нормализация происходила еще медленнее, ввиду действия, оказываемого физической нагрузкой во время участия в соревнованиях в этот период. Величины экскреции креатинина и креатина нормализовались значительно быстрее — уже в первые дни реакклиматизации и увеличивались у спортсменов при воздействии физических нагрузок менее выражено, чем в условиях среднегорья.

Таким образом, проведенные эксперименты показали отчетливую зависимость изменений креатинкиназной активности в сыворотке крови и экскреции показателей креатининового обмена в мочу от степени адаптации к гипоксической гипоксии и физической нагрузке. Следует считать установленным факт параллельного увеличения активности креатинкиназы в сыворотке крови и усиления экскреции креатинина и креатина в мочу в условиях длительного пребывания в атмосфере с пониженным парциальным давлением O_2 .

Повторное пребывание в условиях среднегорья позволяет быстрее преодолеть стадию острой акклиматизации и способ-

ствуется достижению высокого уровня работоспособности за более короткий промежуток времени.

Известно (З. И. Барбашова, 1960), что в механизме адаптации к гипоксии и мышечной тренировке имеется много общих черт. Изменения активности креатинкиназы в сыворотке крови могут служить в достаточной степени чувствительным показателем, характеризующим ответную реакцию организма, как на недостаток кислорода, так и на интенсивную физическую нагрузку. Сочетанное действие этих факторов вызывает более значительные сдвиги, позволяющие в определенной степени судить об адаптационных возможностях организма спортсменов и переносимости нагрузок в условиях среднегорья.

Снижение активности креатинкиназы в сыворотке крови после нескольких дней отдыха или в периоде реакклиматизации позволяет использовать данный показатель и для изучения вопроса о полноценном восстановлении и поддержании спортивной формы.

Изменения креатинкиназы в сыворотке крови под воздействием физической нагрузки и кислородной недостаточности более значительны и имеют более длительную динамику, чем изменения других изучавшихся показателей, что свидетельствует о чувствительности данного теста. Чрезмерное повышение активности креатинкиназы в условиях покоя по-видимому является одним из самых ранних физиологических показателей, указывающих на возможность развития состояния перетренированности.

Исходя из результатов нашего исследования, можно рекомендовать внедрение креатинкиназного показателя в практику спортивной медицины, используя его в сочетании с показателями креатинового обмена и других сопряженных и взаимосвязанных систем.

ВЫВОДЫ

1. Активность креатинкиназы в сыворотке крови в покое у спортсменов в целом выше, чем у здоровых нетренированных лиц и, по-видимому, зависит от величины мышечной массы, причем с ростом тренированности активность креатинкиназы в покое увеличивается.

2. Интенсивная нагрузка большой мощности вызывает более значительное повышение активности сывороточной креа-

тинкиназы, чем длительная работа небольшой мощности и интенсивности.

3. Повышение активности креатинкиназы в сыворотке крови сопровождается усилением экскреции креатинина в мочу. Тяжелая физическая нагрузка вызывает также экскрецию в мочу креатина.

4. Длительная кислородная недостаточность, в остром периоде адаптации, вызывает повышение уровня ферментной активности в состоянии покоя, как у спортсменов, так и у здоровых нетренированных людей.

5. Кратковременная гипоксическая гипоксия, вызываемая вдыханием обедненных кислородом газовых смесей, не сопровождающаяся физической нагрузкой, вызывает у скаковых лошадей разнонаправленные изменения сывороточной активности креатинкиназы.

6. Физическая нагрузка в условиях среднегорья вызывает более значительное увеличение активности креатинкиназы, экскреции креатинина и креатина, а также замедление процессов восстановления этих показателей по сравнению с условиями равнины. При этом повторное пребывание в условиях среднегорья вызывает отчетливую адаптивную реакцию к гипоксии и физической нагрузке со стороны креатинкиназной системы.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Изменения активности креатинкиназы в сыворотке крови спортсменов при работе на выносливость. Тезисы докладов 23-й научной конференции ЛГИФК, Рига, 1970, 36.

2. Вариант микрометода определения активности креатинфосфотрансферазы в сыворотке крови (совместно с Ф. Б. Левиным и Т. Т. Березовым). Материалы итоговой конференции научно-исследовательских лабораторий ММСИ. М., 1971, 27.

Текст реферируемой диссертации напечатан на русском языке на 196 страницах машинописи, иллюстрирован 21 рисунком, содержит 34 таблицы. Список использованной литературы включает 265 источников, из которых 55 на русском, 200 на иностранных языках.