

УДК 612.766.1-074:613.2

ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНИЗМА ПРИ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Р.С. Рахманов¹, М.А. Сапожникова¹, Т.В. Блинова¹, Л.А. Страхова¹, С.А. Разгулин², И.А. Берзин³,

¹ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии»,

²ГБОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия», ³Федеральное медико-биологическое агентство России

Рахманов Рафаиль Салыхович – e-mail: raf53@mail.ru

Установлены изменения биохимических показателей сыворотки крови, характеризующих работу системы энергообеспечения у спортсменов при значительных физических нагрузках (лактата, глюкозы, общего холестерина, сывороточного железа, ферритина, кортизола и инсулина). Показатели позволяют оценить степень негативного влияния нагрузок на человека и своевременно их предупреждать.

Ключевые слова: значительные физические нагрузки, система энергообеспечения организма, биохимические показатели крови, спортсмены.

The authors found the changes in biochemical indices (lactate, glucose, total cholesterol, serum iron, ferritin, cortisol and insulin) of blood serum which characterized energy supply system activity in sportsmen during considerable physical loads. The indices allow to evaluate a degree of negative impact of physical loads on individual and to prevent it promptly.

Key words: considerable physical loads, energy supply system in human body, biochemical indices of blood, sportsmen.

Введение

При значительных физических нагрузках в организме человека происходит мобилизация энергетических ресурсов и перераспределение их к органам и тканям, подвергающимся нагрузке [1]. Особое место занимают процессы энергообеспечения работающих мышц, поскольку при интенсивной мышечной работе потребность в энергии может возрасти в 200 и более раз [1, 2]. Обеспечение мышц энергией происходит в результате трёх основных биохимических процессов: анаэробного алактатного, анаэробного лактатного (гликолитического) и аэробного [3, 4]. Возможности каждого из этих процессов определяются скоростью освобождения энергии и количественным содержанием субстратов: при физических нагрузках повышается скорость катаболических процессов, сопровождающихся выделением энергии и синтезом АТФ, одновременно снижается скорость анаболических процессов, потребляющих значительное количество АТФ для обеспечения различных синтезов. Для улучшения энергообеспечения работающих мышц при значительных физических нагрузках активируются функции печени [2]: усиливаются процессы гликогенеза и глюконеогенеза, повышается скорость гидролиза жировых клеток.

Сбой в системе энергообеспечения может привести к состоянию переутомления, перенапряжения и даже развитию патологических изменений в некоторых органах и тканях работающего. Мониторинг данной системы очень важен и основная роль в нем принадлежит биохимическому контролю, который заключается в определении в сыворотке крови ряда информативных показателей [5–7].

Цель исследования: оценить прогностическую значимость биохимических показателей крови при влиянии на организм значительных физических нагрузок.

Материал и методы

Объектом исследования были спортсмены в возрасте от 17 до 20 лет, занимающиеся академической греблей. Данный вид спорта относится к циклическому виду спорта на выносливость и характеризуется вовлечением более 2/3 мышечной массы при физических нагрузках. В качестве группы сравнения выступали студенты медицинского вуза. Все лица принимали участие в исследовании на основе информированного добровольного согласия.

У спортсменов (n=34) забирали кровь из локтевой вены в предсоревновательный и соревновательный периоды, характеризующиеся значительными физическими нагрузками (ЗФН), а также в период активного отдыха (с умеренной физической нагрузкой). Забор крови проводился утром натощак через 12–14 часов после прекращения физической нагрузки. Средние величины нормальных значений определяемых показателей были получены при оценке таких же биохимических исследований крови 50 здоровых лиц, сопоставимых по возрасту и полу с обследуемыми спортсменами.

Для контроля системы энергообеспечения в сыворотке крови определяли содержание лактата, глюкозы, общего холестерина (ХС), инсулина, кортизола, сывороточного железа, гемоглобина и ферритина. Уровень лактата в плазме крови определяли колориметрическим ферментативным методом с помощью набора реагентов «Lactat FS» (Германия), концентрацию инсулина – методом ИФА (набор реагентов «Accu-Bind Elisa Microwells INSULIN», USA). Содержание ферритина и кортизола определяли иммуноферментным методом с помощью наборов реагентов фирмы «Вектор Бест» (Россия). Концентрацию сывороточного железа определили колориметрическим методом без протеинизации с использованием хромогенов

Nitro-PAPS и ксилитидилового синего, мочевины – уреазным глутаматдегидрогеназным кинетическим методом. Уровень глюкозы определяли глюкозоксидазным методом, уровень общего ХС – энзиматическим колориметрическим методом Триндера. Для определения данных показателей были использованы наборы реагентов фирмы «Ольвекс Диагностикум» (Россия). Уровень гемоглобина в крови определяли на автоматическом гематологическом анализаторе «HEMOLUX-19».

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программы Statistika 6.1.

Результаты и их обсуждение

Полученные результаты показали, что у 46% обследованных спортсменов через 14 часов после прекращения ЗФН концентрация лактата в сыворотке крови превышала нормальный уровень ($1,3 \pm 0,35$ ммоль/л), и достигала $2,8 \pm 0,9$ ммоль/л ($p=0,001$), из них у 15,7% она достигала $4,3-5,3$ ммоль/л, то есть превышала «анаэробный порог» (4 ммоль/л). У остальных лиц концентрация лактата находилась в пределах референтных значений. В период активного отдыха повышенная концентрация лактата (более 2 ммоль/л) наблюдалась у 32,1% спортсменов, у остальных - он приближался к нормальным значениям и достигал величины $1,56 \pm 0,7$ ммоль/л ($p=0,03$). Можно предположить, что через 12–14 часов после физической нагрузки разной интенсивности полной нейтрализации лактата в мышцах не происходило, и последующая физическая работа начиналась при повышенной концентрации данного показателя. В результате страдает аэробная система энергообеспечения, следовательно, может возникнуть риск нарушения деятельности органов и систем организма. Если концентрация лактата превышает 2 ммоль/л, и тем более «анаэробный порог», то период отдыха должен быть продлен или работа должна начинаться с легкой физической нагрузки, которая способствует нейтрализации молочной кислоты.

Следует отметить, что у 21% обследованных лиц уровень лактата оставался повышенным на протяжении всего периода наблюдения и достигал у некоторых $3,97$ ммоль/л, т. е. практически приближался к «анаэробному порогу». Данные спортсмены были отнесены к группе риска возникновения нарушений в работе сердечно-сосудистой, костно-мышечной и других систем организма.

После ЗФН у 20% спортсменов наблюдалось снижение концентрации глюкозы до $3,3-3,6$ ммоль/л. Это свидетельствовало об интенсивном использовании глюкозы тканями организма при физических нагрузках и неполном восстановлении ее уровня. У остальных спортсменов содержание глюкозы было нормальным или на $10,0-13,0\%$ превышало нормальный уровень. При значительных физических нагрузках у 64,7% обследованных лиц уровень общего холестерина снизился относительно исходного до $3,2 \pm 0,7$ ммоль/л ($p=0,001$). У остальных концентрация холестерина не изменялась и оставалась на уровне его исходного значения – $3,8 \pm 0,65$ ммоль/л. После периода активного отдыха у лиц, находящихся под наблюдением со сниженным уровнем ОХ, определяли его повышение относительно предыдущего уровня до $3,9 \pm 0,8$ ммоль/л ($p=0,01$). У остальных уровень холестерина не изменялся.

После ЗФН у 68,0% лиц выявили пониженную концентрацию сывороточного железа относительно нормальных значений: у мужчин – до $5,8 \pm 2,2$ мкмоль/л при норме $14,5 \pm 2,24$ мкмоль/л ($p=0,02$), у женщин – до $5,1 \pm 2,0$ мкмоль/л при норме $15,6 \pm 3,9$ мкмоль/л ($p=0,01$). При этом концентрация железа в сыворотке крови у ряда лиц была снижена до $1,3-3,8$ мкмоль/л. После периода активного отдыха сниженное содержание железа выявляли в 50,0% случаев, а средний уровень железа был выше: у женщин $8,5 \pm 3,4$ мкмоль/л, у мужчин $10,5 \pm 1,2$ мкмоль/л, не достигая, однако, нормальных значений ($p=0,001$). После ЗФН у 58,0% обследованных была выявлена пониженная концентрация ферритина относительно нормальных значений: у мужчин $30,0 \pm 11,5$ нг/мл при норме $51,4 \pm 24,3$ мкг/л ($p=0,004$), у женщин $16,8 \pm 5,77$ при норме $27,9 \pm 13,1$ мкг/л ($p=0,019$). У некоторых лиц уровень ферритина был снижен: у женщин до $5,0-6,0$ мкг/л и у мужчин до $10,0-15,0$ мкг/л, что выходило за нижний предел референтных значений [8]. После периода активного отдыха у 53,4% женщин и 46,0% мужчин наблюдали увеличение уровня ферритина относительно его значений, определяемых при ЗФН: у мужчин до $45,1 \pm 27,2$ нг/мл ($p=0,05$), у женщин до $29,2 \pm 15,1$ ($p=0,005$). У остальных обследованных мужчин и женщин уровень ферритина оставался неизменным во всех периодах наблюдения. Несмотря на выраженные изменения уровней железа и ферритина после физической нагрузки, содержание гемоглобина, как у женщин, так и у мужчин, находилось в пределах нормальных значений и не зависело от степени физической нагрузки: $149 \pm 8,7$ г/л и $146 \pm 8,4$ г/л для мужчин, и $127 \pm 6,8$ г/л и $129 \pm 6,2$ г/л для женщин (после ЗФН и активного отдыха соответственно). Можно полагать, что дефицит железа в организме спортсменов негативно влияет на работу транспортной системы кислорода. При снижении транспорта кислорода ухудшается работоспособность, поскольку в энергообеспечение включается анаэробная система, приводя к более раннему образованию молочной кислоты. Повышенный уровень лактата и сниженная концентрация ферритина и сывороточного железа после 14-часового отдыха при ЗФН позволяют судить о развитии латентного дефицита железа или стадии истощения запасов железа с возможным переходом к железodefицитному эритропоэзу. Компенсаторно в организме, несмотря на усиленную физическую нагрузку, поддерживался нормальный уровень эритропоэтина – $23,2 \pm 3,6$ МЕ/л и $26,6 \pm 5,2$ МЕ/л после ЗФН и периода активного отдыха, что необходимо для предотвращения развития железodefицитной анемии. Однако, если не принять вовремя профилактических мер, то в дальнейшем может развиваться железodefицитная анемия с ее негативными последствиями.

Процесс энергообеспечения регулируется эндокринной системой и, в частности, гормонами – кортизолом и инсулином. Кортизол стимулирует процесс глюконеогенеза и обеспечивает энергией мышечную деятельность. Инсулин, напротив, стимулирует образование гликогена и усвоение глюкозы мышцами. После ЗФН у 71,4% обследованных концентрация инсулина превышала нормальный уровень, достигая $12,7 \pm 5,1$ мкЕД/л ($p=0,000$). У остальных 28,6% концентрация инсулина не отличалась от показателей нормы – $8,0 \pm 2,7$ мкЕД/л. После активного отдыха

концентрация инсулина незначительно, на 10,0–15,0%, превышала нормальный уровень ($p=0,04$) и достигала $9,3 \pm 4,0$ мкЕд/л. Концентрация кортизола после ЗФН была повышена у 80,0% спортсменов, достигая у некоторых лиц 900,0–1000,0 нмоль/л; усредненная концентрация кортизола была достоверно выше нормального уровня и составляла 738 ± 135 нмоль/л ($p=0,03$). После активного отдыха концентрация кортизола оставалась повышенной у 14,2% обследованных и находилась в пределах 600,0–700,0 нмоль/л. У остальных спортсменов концентрация кортизола находилась в пределах референтных значений и не отличалась от нормального уровня – $460,8 \pm 150$ нмоль/л ($p > 0,5$).

Выводы

1. У 20,0% спортсменов, выполняющих значительные физические нагрузки, не происходило полного восстановления энергетических ресурсов в организме, о чем свидетельствовали пониженный уровень глюкозы, общего холестерина, повышенное содержание лактата, значительный дефицит железа и истощение его запасов.

2. У большей части этих лиц группы наблюдения после 14-часового отдыха сохранялась повышенной концентрация кортизола и сниженной – инсулина, что свидетельствовало о преобладании катаболических процессов, активизации функции надпочечников и обуславливало снижение интенсивности физической нагрузки и увеличение времени восстановительного периода.

3. Используемые для оценки реакции организма биохимические показатели позволяют оценить состояние организма спортсменов при ЗФН, его адаптацию и работоспособность, могут быть использованы в общем комплексе обследований и контроле за состоянием их здоровья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков Н.И., Несен Э.Н., Осипенко А.А., Корсун С.Н. Биохимия мышечной деятельности. Киев: Олимпийская литература, 2000. 504 с.
Volkov N.I., Nesen E.N., Osipenko A.A., Korsun S.N. Biokhimiya myshechnoy deyatel'nosti. Kiev: Olimpiyskaya literatura, 2000. 504 s.
2. Мохан Р., Глессон М., Гринхафф П.Л. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки. Киев: Олимпийская литература, 2001. 296 с.
Mokhan R., Glesson M., Grinkhaff P.L. Biokhimiya myshechnoy deyatel'nosti i fizicheskoy trenirovki. Kiev: Olimpiyskaya literatura, 2001. 296 s.
3. Михайлов С.С. Спортивная биохимия: Учебник для вузов и колледжей физической культуры. 2-е изд., доп. М.: Советский спорт, 2004. 220 с.
Mikhaylov S.S. Sportivnaya biokhimiya: Uchebnik dlya vuzov i kolledzhey fizicheskoy kul'tury. 2-e izd., dop. M.: Sovetskiy sport, 2004. 220 s.
4. Уилмор Д., Костилл Д. Физиология спорта: пер. с англ. Киев: Олимпийская литература, 2001. 459 с.
Uilmor D., Kostill D. Fiziologiya sporta: per. s angl. Kiev: Olimpiyskaya literatura, 2001. 459 s.
5. Ткачук В. А. Клиническая биохимия. М.: ГЭОТАР - МЕД, 2002. 358 с.
Tkachuk V. A. Klinicheskaya biokhimiya. M.: GEOTAR - MED, 2002. 358 s.
6. Янсен Петер «ЧСС, лактат и тренировки на выносливость» / пер. с англ. Мурманск: Издательство «Тулума», 2006. 160 с.
Yansen Peter «ChSS, laktat i trenirovki na vynoslivost'» / per. s angl. Murmansk: Izdatel'stvo «Tuloma», 2006. 160 s.
7. Brancaccio P., Maffulli N., Buonauro R., Limongelli F.M. Serum enzyme monitoring in sports medicine. ClinSportsMed. 2008. Jan. V. 27 (1). P. 1-18.
8. Кишкун А.А. Руководство по лабораторным методам диагностики. М.: ГЭОТАР. Медиа, 2009. 800 с.
Kishkun A.A. Rukovodstvo po laboratornym metodam diagnostiki. M.: GEOTAR. Media, 2009. 800 s.
9. Никулин Б.А., Родионова И.И. Биохимический контроль в спорте. Научно-методическое пособие. Издательство: Сов. спорт, 2010, 232 с.
Nikulin B.A., Rodionova I.I. Biokhimicheskiy kontrol' v sporte. Nauchno-metodicheskoe posobie. Izdatel'stvo: Sov. sport, 2010, 232 s.
10. Северин Е.С. Биохимия: Учеб. для вузов. М.: ГОЭТАР. Медиа, 2003. 779 с.
Severin E.S. Biokhimiya: Ucheb. dlya vuzov. M.: GOETAR. Media, 2003. 779 s.