УДК 612.766.1

**БИОХИМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА
НА ПОВЫШЕННУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ****Шамитова Е.Н., Александрова Н.Л., Михайлова К.Н.***ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары,
e-mail: shamitva@mail.ru*

Представлены сведения, указывающие на изменения скорости метаболических процессов в организме студентов, занимающихся физической культурой в рамках учебного плана, и студентов, занимающихся легкой атлетикой. При выполнении физической нагрузки в организме повышается скорость катаболических процессов, сопровождающихся выделением энергии и синтезом АТФ, при одновременном снижении скорости анаболизма, потребляющего значительное количество АТФ для обеспечения различных синтезов. Были выявлены биохимические маркеры утомления и восстановления, адекватно отражающие картину изменений метаболизма. В организме студентов наблюдалась различная степень активности креатинфосфокиназы, лактатдегидрогеназы, свидетельствующих о высоких адаптивных возможностях организма. Активность креатинфосфокиназы отражает в большей степени морфофункциональное состояние скелетных мышц в процессе прогрессирования систематических физических нагрузок. Также был обнаружен сдвиг показателя лактата, являющегося конечным продуктом анаэробного гликолиза. Изменение концентрации молочной кислоты в исследуемых группах демонстрирует сходство процессов энергообеспечения организма при кратковременной нагрузке. Однако различная степень увеличения свидетельствует о разнице в энергетической емкости организма студентов с различной двигательной активностью. В результате с учетом роли метаболических процессов в мышечной ткани, обуславливающих и адаптивные реакции, и сам многоступенчатый процесс адаптации, полагаем, что студенты, занимающиеся физической культурой в рамках учебного плана, и студенты, занимающиеся спортом на профессиональной основе, характеризуются мобильностью систем адаптации и серьезными функциональными резервами.

Ключевые слова: биохимические маркеры, физическая нагрузка, креатинфосфокиназа, лактат**BIOCHEMICAL CONTROL OF REACTION OF THE ORGANISM
TO THE INCREASED PHYSICAL ACTIVITY****Shamitova E.N., Aleksandrova N.L., Mikhaylova K.N.***The Ulianov Chuvash State University, Cheboksary, e-mail: shamitva@mail.ru*

The data indicating changes of speed of metabolic processes in an organism of the students who are engaged in physical culture within the curriculum and the students doing athletics are submitted. When performing physical activity in an organism the speed of the catabolic processes which are followed by allocation of energy and synthesis of ATP at simultaneous reduction in the rate of the anabolism consuming a significant amount of ATP for ensuring various syntheses increases. The biochemical markers of exhaustion and restoration which are adequately reflecting a picture of changes of metabolism have been revealed. In an organism of students various degree of activity of a creatine phosphokinase, the lactate dehydrogenase testifying to high adaptive opportunities of an organism was observed. The activity of a creatine phosphokinase reflects more a condition of morphofunctionality skeletal muscles in the course of progressing of systematic physical activities. Also the shift of an indicator of the lactate which is the final product of anaerobic glycolysis has been found. Change of concentration of lactic acid in the studied groups shows similarity of processes of power supply of an organism at short-term loading. However various extent of increase testifies to a difference in the power capacity of an organism of students with various physical activity. As a result taking into account a role of the metabolic processes in muscular tissue causing both adaptive reactions, and multistage process of adaptation we believe that the students who are engaged in physical culture within the curriculum and the students playing sports on a professional basis are characterized by mobility of systems of adaptation and serious functional reserves.

Keywords: biochemical markers, physical activity, creatine phosphokinase, lactate

Физкультурно-спортивная деятельность, в которую включаются студенты, является одним из эффективных средств повышения их работоспособности в учебном процессе. Особенностью обучения в медицинском вузе является повышенная умственная деятельность, требующая огромных затрат АТФ. При выполнении физической нагрузки в организме повышается скорость катаболических процессов, сопровождающихся выделением энергии и синтезом АТФ, при одновременном снижении скорости анаболизма, потребляю-

щего значительное количество АТФ для обеспечения различных синтезов. Такое изменение направленности метаболизма приводит к улучшению энергообеспечения работающих мышц, к повышению мощности и продолжительности работы [1]. Однако чрезмерные нагрузки могут привести к нарушениям в различных системах организма. С развитием современных лабораторных технологий информация о состоянии тканей, органов и систем на клеточном и молекулярном уровнях стала более доступна. Следует заметить, что высокая диагности-

ческая информативность комплексного лабораторного обследования обеспечивается совокупностью биохимических, химико-микроскопических, иммунологических и молекулярно-биологических методов исследования биологических материалов. Использование перечисленных методов позволяет оценить характер и степень воздействия повышенной физической нагрузки на организм и, как следствие, его утомляемость. Уже традиционным стало измерение в тренировочном процессе лактата в мышцах и артериальной крови, показателей рН артериальной крови, регистрации АТФ в мышцах, а также активности креатинфосфокиназы (КФК), играющей важную роль в высвобождении энергии в анаэробном алактатном процессе и позволяющем оценить его мощность и емкость. Однако, несмотря на то, что биохимические тесты, отражающие общие закономерности и индивидуальные особенности метаболических процессов [2, 3], используются достаточно давно, поиск объективных критериев определения функционального состояния студентов после физической и умственной нагрузки является актуальным по сей день.

Цель исследования

Цель настоящей работы – подобрать наиболее информативные биохимические маркеры утомления и восстановления, адекватно отражающие картину изменений метаболизма в организме студентов 1 и 2 курсов медицинского факультета после плановых занятий физической культуры и студентов, занимающихся спортом на профессиональной основе.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в ходе ежегодного медицинского осмотра. В нём приняло участие 128 студентов 1 и 2 курсов медицинского факультета Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова, из которых было сформировано 2 группы. Данные характеристики экспериментальных групп представлены в табл. 1.

Таблица 1
Характеристика экспериментальных групп

Группа	Мужчины	Женщины	Итого, чел
1	42	65	107
2	8	13	21
	50	78	128

1-я группа – студенты 1 и 2 курсов, посещающие занятия физической культурой в рамках учебного плана.

2-я группа – студенты 1 и 2 курсов, профессионально занимающиеся лёгкой атлетикой.

Широкое распространение получает идентификация студентов, занимающихся разными видами спорта, биохимическими методами, под которыми понимают анализ совокупности доступных для регистрации биохимических параметров сыворотки крови и других биологических жидкостей, клеток и тканей, обработанных современными компьютерными статистическими программами [4, 5].

Для проведения лабораторных анализов в утренние часы проводили взятие крови путём пункции локтевой вены с использованием бесконтактных систем. Забор крови для биохимического анализа производился до выполнения физической нагрузки и после ее завершения (примерно через 5 мин).

Исследование проводили с применением следующих методов:

1) клинико-физиологических – измерение артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений в покое и после физической нагрузки (ЧСС) при помощи электронного тонометра «OmronMX».

2) биохимических – определение в сыворотке крови с помощью анализатора АД-300:

- содержания лактата колориметрическим методом (реагент «LactatFS»);
- содержания глюкозы (глюкозооксидазный метод);
- содержания мочевины (уреазный кинетический метод);
- активности креатинфосфокиназы (КФК);
- активности аспартатаминотрансферазы (АсАт);
- активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ).

3) гематологических – исследование общего анализа крови: определение уровня гемоглобина, количества форменных элементов.

4) математических – расчёт средней арифметической (М); ошибки средней арифметической (m); коэффициентов корреляции (r, В. Боровиков, 2003).

Результаты исследования и их обсуждение

Спектр выделяемых биохимических маркеров, наиболее адекватно отражающих картину изменений метаболизма в организме студентов при напряженной мышечной деятельности, достаточно широк, но при этом надежность и информативность тестов, применяемых для оценки переносимости нагрузок, нельзя считать однозначной [2].

Установлено, что число сердечных сокращений (ЧСС) в покое у студентов сравниваемых групп на протяжении наблюдений имело относительно узкий диапазон

колебаний от $80,7 \pm 3,3$ до $82,5 \pm 3,1$ уд/мин (табл. 2). После физической нагрузки диапазон колебаний составил от $100 \pm 1,6$ до $117,6 \pm 1,4$ уд./мин. Причём у студентов 1 группы данный показатель деятельности сердца был больше, нежели у представителей 2 группы.

Значения артериального давления (АД) у мужчин и женщин обеих групп волнообразно колебались на протяжении всего периода наблюдений. В состоянии покоя у женщин от $120,1 \pm 2,5$ до $121,4 \pm 4,5$ мм рт.ст., у мужчин от $122,6 \pm 2,4$ до $125,6 \pm 2,6$ мм рт.ст. АД увеличилось после нагрузки в 1 группе до $134,9 \pm 3,7$ мм рт.ст. у женщин и до $136,4 \pm 1,3$ мм рт.ст. у мужчин (в 1,1 и 1,08 раза соответственно). Во 2 группе артериальное давление после нагрузки увеличилось до $122,4 \pm 1,6$ мм рт.ст. у женщин и до $125,1 \pm 2,2$ мм.рт.ст. у мужчин (в 1,01 и 1,02 раза соответственно). Необходимо заметить, что этот гемодинамический показатель был выше после занятия физической культурой у студентов 1 группы, чем таковой у лиц 2 группы (в 1,09 и 1,06 раз соответственно у женщин и мужчин).

В ходе исследования также было выявлено, что число эритроцитов в крови у мужчин обеих групп после физической нагрузки колебалось от $4,6 \pm 0,02$ до $5,5 \pm 0,09 \cdot 10^{12}/л$, у женщин от $4,1 \pm 0,06$ до $4,4 \pm 0,05 \cdot 10^{12}/л$. Концентрация гемоглобина у сравниваемых групп соответствовала динамике числа эритроцитов.

Число тромбоцитов у женщин и 1 и 2 групп находилось в относительно узком диапазоне колебаний от $275,0 \pm 0,8$ до $284,8 \pm 0,7 \cdot 10^9/л$ в состоянии покоя, от $287,3 \pm 0,4$ до $297,2 \pm 0,2 \cdot 10^9/л$ после нагрузки. Аналогичная закономерность, но в менее выраженной форме отмечена в динамике количества тромбоцитов у мужчин изучаемых групп. Характер изменений концентрации гематологических показателей крови в состоянии покоя (табл. 3) в целом соответствовал норме.

Что касается лейкоцитов, было установлено, что их количество возросло после тренировочного процесса. В 1 группе число лейкоцитов увеличилось до $7,8 \pm 0,02 \cdot 10^9/л$ у мужчин и до $8,1 \pm 0,03 \cdot 10^9/л$ у женщин (в 1,37 и 1,19 раза соответственно). Во 2 группе – до $11,0 \pm 0,01 \cdot 10^9/л$ у мужчин и до $12,2 \pm 0,03 \cdot 10^9/л$ у женщин (в 1,9 и 1,7 раза соответственно). Данный показатель был выше у лиц, активно занимающихся лёгкой атлетикой, чем у студентов, посещающих урок физической культуры в рамках учебного плана (в 1,43 раза).

В ходе исследования проанализирована динамика изменений биохимических показателей метаболизма мышечной ткани

(табл. 4). Изменение химического состава крови является отражением тех биохимических сдвигов, которые возникают при мышечной деятельности в различных внутренних органах, скелетных мышцах. Биохимические сдвиги, наблюдаемые в крови, в значительной мере зависят от характера нагрузки, и поэтому анализ проводится с учётом мощности и продолжительности тренировочного процесса [1].

Молочная кислота (лактат) является конечным продуктом анаэробного гликолиза и гликогенолиза, а также субстратом глюконеогенеза. Увеличение содержания лактата в крови отмечается при целом ряде патологических состояний, сопровождающихся усиленными мышечными сокращениями [6]. В покое у мужчин содержание лактата в крови равняется $1,2 \pm 0,04$ и $1,9 \pm 0,08$ ммоль/л соответственно у 1 и 2 групп. У женщин $1,3 \pm 0,10$ и $1,8 \pm 0,03$ ммоль/л соответственно. Было установлено, что у студентов 1 группы после физической нагрузки уровень лактата увеличился в 1,75 и 1,85 раза у мужчин и женщин соответственно. У студентов 2 группы – в 1,15 и 1,2 раза.

Содержание глюкозы и мочевины в крови находится в пределах нормы как в состоянии покоя, так и после физической нагрузки.

При анализе активности креатинфосфокиназы (КФК) в сыворотке крови отмечено, что наименьшая активность этого фермента наблюдалась в период физического покоя, наибольшая – после нагрузки. Активность фермента КФК в сыворотке крови является информативным маркером функционального состояния мышечной ткани и широко используется в мониторинге тренировочного процесса [7]. У мужчин 1 группы концентрация данного фермента после тренировки возросла до $181,2 \pm 5,30$ ед/л, у женщин до $164,0 \pm 7,10$ ед/л (в 6,6 и 7,6 раза соответственно). У студентов, занимающихся лёгкой атлетикой, показатель КФК увеличился в 6,45 раз у мужчин и в 7,5 раз у женщин. После нагрузки увеличение показателя КФК свидетельствует о высоких адаптивных возможностях организма. Обнаруженное нами достоверное повышение активности креатинфосфокиназы в организме легкоатлетов может быть объяснено более высоким развитием их мышечной массы в сравнении со студентами 1 группы. Известно, что чем выше уровень КФК, тем выше спортивная тренированность. Кроме того, активность КФК свидетельствует о том, что во 2 группе наряду с активацией гликолиза задействован и креатинфосфокиназный механизм энергообразования [6]. Данные биохимических показателей метаболизма мышечной ткани экспериментальных групп представлены в табл. 4.

Таблица 2

Показатели клинико-физиологического состояния ($M \pm m$)

Группы	Состояние	ЧСС, уд/мин		АД, мм рт.ст.	
		Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
1	В покое	80,8 $\pm$ 2,9	82,5 $\pm$ 3,1	125,6 $\pm$ 2,6	121,4 $\pm$ 4,5
	После нагрузки	114,3 $\pm$ 2,2	117,6 $\pm$ 1,4	136,4 $\pm$ 1,3	134,9 $\pm$ 3,7
2	В покое	80,7 $\pm$ 3,3	81,2 $\pm$ 4,2	122,6 $\pm$ 2,4	120,1 $\pm$ 2,5
	После нагрузки	100 $\pm$ 1,6	102,3 $\pm$ 2,8	125,1 $\pm$ 2,2	122,4 $\pm$ 1,6

Таблица 3

Гематологические показатели ($M \pm m$)

Группы	Состояние	Пол	Гематологические показатели			
			Гемоглобин, г/л	Эритроциты, $10^{12}/л$	Лейкоциты, $10^9/л$	Тромбоциты, $10^9/л$
1	В покое	М	140,9 $\pm$ 0,50	4,4 $\pm$ 0,30	5,7 $\pm$ 0,01	261,7 $\pm$ 0,8
		Ж	127,5 $\pm$ 0,90	3,8 $\pm$ 0,08	6,8 $\pm$ 0,02	284,8 $\pm$ 0,7
	После нагрузки	М	141,6 $\pm$ 0,90	4,6 $\pm$ 0,02	7,8 $\pm$ 0,02	276,9 $\pm$ 0,1
		Ж	130,1 $\pm$ 0,30	4,1 $\pm$ 0,06	8,1 $\pm$ 0,03	297,2 $\pm$ 0,2
2	В покое	М	156,0 $\pm$ 0,10	5,4 $\pm$ 0,01	5,6 $\pm$ 0,03	256,0 $\pm$ 0,4
		Ж	136,0 $\pm$ 0,10	4,2 $\pm$ 0,01	7,2 $\pm$ 0,03	275,0 $\pm$ 0,8
	После нагрузки	М	158,3 $\pm$ 0,30	5,5 $\pm$ 0,09	11,0 $\pm$ 0,01	266,4 $\pm$ 0,6
		Ж	139,0 $\pm$ 0,20	4,4 $\pm$ 0,05	12,2 $\pm$ 0,03	287,3 $\pm$ 0,4

Таблица 4

Биохимические показатели метаболизма мышечной ткани ($M \pm m$)

Показатели	Пол	Норма	Состояние покоя		После нагрузки	
			1	2	1	2
Лактат, ммоль/л	М	0,9–1,7	1,2 $\pm$ 0,04	1,9 $\pm$ 0,08	2,1 $\pm$ 0,06	2,2 $\pm$ 0,03
	Ж		1,3 $\pm$ 0,10	1,8 $\pm$ 0,03	2,4 $\pm$ 0,06	2,2 $\pm$ 0,05
Глюкоза, ммоль/л	М	3,5–5,7	4,3 $\pm$ 0,52	4,8 $\pm$ 0,61	5,8 $\pm$ 0,43	6,2 $\pm$ 0,75
	Ж		4,2 $\pm$ 0,70	4,6 $\pm$ 0,95	5,7 $\pm$ 0,27	6,1 $\pm$ 0,60
Мочевина, ммоль/л	М	2,1–7,1	5,7 $\pm$ 0,05	5,6 $\pm$ 0,01	5,8 $\pm$ 0,07	5,6 $\pm$ 0,02
	Ж		4,7 $\pm$ 0,06	5,1 $\pm$ 0,03	4,9 $\pm$ 0,08	5,2 $\pm$ 0,04
Креатинфосфокиназа (КФК), Ед/л	М	20–200	27,4 $\pm$ 0,09	32,6 $\pm$ 0,11	181,2 $\pm$ 5,30	210,4 $\pm$ 3,90
	Ж	20–180	21,6 $\pm$ 0,08	25,7 $\pm$ 0,09	164,0 $\pm$ 7,10	192,6 $\pm$ 4,20
Аспаратаминотрансфераза (АсАт), у/л	М	0–40	14,5 $\pm$ 0,06	13,7 $\pm$ 0,04	24,6 $\pm$ 0,19	22,3 $\pm$ 0,02
	Ж		15,9 $\pm$ 0,13	12,1 $\pm$ 0,05	25,2 $\pm$ 0,36	21,4 $\pm$ 0,03
Лактатдегидрогеназа (ЛДГ), Ед/л	М	140–280	154,7 $\pm$ 2,74	161,2 $\pm$ 1,95	219,6 $\pm$ 6,83	243,7 $\pm$ 3,80
	Ж		164,3 $\pm$ 4,10	170,8 $\pm$ 2,31	226,4 $\pm$ 7,21	251,2 $\pm$ 5,09

На основе полученных результатов было выявлено, что динамика активности аспаратаминотрансферазы (АсАт) у мужчин 1 группы после нагрузки увеличилась в 1,69 и 1,58 раза соответственно, у 2 группы – в 1,62 и 1,76 раза.

Анализ активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ), фермента, катализирующего взаимопревращение пировиноградной и молочной кислот, являющегося важным критерием для оценки работы мышечной ткани в условиях анаэробного гликоли-

за [6], установил, что после тренировочного процесса данный показатель возрастает, но не выходит за пределы нормы.

Выводы

Под наблюдением было 128 студентов 1 и 2 курсов медицинского факультета Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова. Из них 50 мужчин и 78 женщин. С учетом роли метаболических процессов в мышечной ткани, обуславливающих и адаптивные реакции, и сам много-

ступенчатый процесс адаптации, полагаем, что студенты, занимающиеся физической культурой в рамках учебного плана, и студенты, занимающиеся спортом на профессиональной основе, характеризуются мобильностью систем адаптации и серьезными функциональными резервами. Исходя из полученных результатов мы делаем вывод о том, что у студентов 1 и 2 курсов биохимические маркеры утомления и восстановления в норме. Всё это свидетельствует о сбалансированности физической и умственной нагрузки, что не приводит к патологическим изменениям в организме.

Список литературы

1. Михайлов С.С. Спортивная биохимия / С.С. Михайлов. – М.: Советский спорт, 2013. – 348 с.
2. Ашкинази С.М. Результаты экспериментального исследования методики развития специальных физических качеств спортсменов, занимающихся смешанными единоборствами / С.М. Ашкинази, А.А. Обвинцев, Е.А. Бавыкин, А.Б. Таймазов // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. – 2016. – № 1. – С. 118–128.
3. Бондарева Э.А. Ассоциации четырех полиморфных генетических систем (ACE, EPAS1, ACTN3 и NOS3) со спортивной успешностью в борьбе самбо / Э.А. Бондарева, В.В. Шиян, В.А. Спицын, Е.З. Година // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. – 2010. – № 1. – С. 36–45.
4. Ачкасов Е.Е. Сравнительный анализ современных аппаратно-программных комплексов для исследования и оценки функционального состояния спортсменов / Е.Е. Ачкасов [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2011. – № 3. – С. 7–14.
5. Байкеев Р.Ф. Идентификация спортсменов различной квалификации биохимическим методом / Р.Ф. Байкеев [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2012. – № 4. – С. 25–32.
6. Бутова О.А. Адаптация к физическим нагрузкам: анаэробный метаболизм мышечной ткани / О.А. Бутова, С.В. Масалов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 1. – С. 123 – 128.
7. Brancaccio P. Creatine kinase monitoring in sport medicine / P. Brancaccio, N. Maffulli, F.M. Limongelli // Br. Med. Bull. – 2007. – № 81–82. – P. 209–230.