



УДК 613.735: 612.313.1

## МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ-КИКБОКСЕРОВ В ПРЕДСОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ, ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

*Л.В. Бельская<sup>1</sup>, А.В. Турманидзе<sup>2</sup>,  
В.Г. Турманидзе<sup>2</sup>, Ф.В. Салугин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «ОмГТУ», Омск, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», Омск, Россия

**Аннотация.** Целью исследования являлось сравнение результатов мониторинга функционального состояния спортсменов в предсоревновательном периоде с использованием комплекса физиологических, гемодинамических и биохимических параметров. Несмотря на хорошие результаты теста Купера функционирование системы кровообращения показывает неудовлетворительный уровень адаптации. Анализ биохимического состава слюны выявил развивающийся кетоацидоз, что предполагает наличие скрытых нарушений механизмов адаптации. Это необходимо учитывать при планировании тренировочного режима спортсменов для эффективной подготовки к соревновательному периоду.

**Ключевые слова:** спорт, адаптация, функциональное состояние, биохимия, слюна.

В современном спорте высших достижений для оперативной коррекции тренировочного процесса необходим своевременный контроль за адаптационными реакциями организма спортсменов и оценки резервных возможностей, анализа динамики процессов адаптации и управления тренировкой без перенапряжения и срыва адаптационных механизмов [1]. Для определения уровня физической работоспособности широко применяют нагрузочные тесты, такие как максимальное потребление кислорода (МПК), PWC170, Гарвардский степ-тест, определение анаэробных возможностей организма по величине максимальной

анаэробной мощности (МАМ), модифицированная ортостатическая проба, кардиоваскулярные тесты по D.J. Ewing, батарея тестов Купера [2; 3]. В общем комплексе обследований и контроля за состоянием организма и уровнем тренированности одно из ведущих мест занимает биохимический скрининг [4]. Биохимические параметры позволяют выявлять признаки переутомления на ранней стадии и оперативно вносить коррективы в тренировочный процесс [5]. Биохимические параметры традиционно определяют в сыворотке и плазме крови, однако существует возможность использования смешанной слюны в качестве суб-

страта [6]. Исследование слюны имеет преимущества по сравнению с использованием венозной или капиллярной крови [7]. Это прежде всего обуславливается неинвазивностью сбора и отсутствием риска инфицирования при получении биоматериала. При этом слюна адекватно отражает биохимический статус и физиологическое состояние человека, что позволяет использовать ее как в клинической лабораторной диагностике, так и в специальных научных целях [8]. Целью исследования являлось сравнение результатов мониторинга функционального состояния (ФС) спортсменов перед соревновательным периодом с использованием комплекса физиологических, гемодинамических и биохимических параметров.

**Материалы и методы.** В эксперименте принимали участие 25 спортсменов (кикбоксеров) высокой спортивной квалификации от кандидата в мастера спорта до мастера спорта России юношеского возраста по классификации И.А. Аршавского [9]. Возраст спортсменов составил  $19,6 \pm 0,3$  лет, средний спортивный стаж  $6,7 \pm 0,1$  лет. Обследование проводилось на предсоревновательном этапе годичного цикла тренировки. Для оценки ФС, физиологического резерва спортсменов использовали велосипедный тест Купера, заключающийся в том, что спортсменам было предложено проехать максимальное количество км за 12 мин. До и после нагрузки проведено определение основных гемодинамических параметров: минутного объема кровообращения (МОК); ударного объема (УО) левого желудочка; сердечного индекса (СИ), общего (ОПСС) периферического сопротивления на аппарате «Рео-Спектр-2» компании «Нейрософт» с помощью методики тетраполярной реографии по W.G. Kubicek [10] в модификации М.И. Тищенко [11]. Систолическое и диастолическое артериальное давление в мм рт. ст. (АДс и АДд соответственно), а также частота сердечных сокращений (ЧСС) ( $\text{мин}^{-1}$ ) определялись с помощью тонометра Omron MX. Пульсовое давление (ПД) определялось путем вычисления разницы между систолическим и диастолическим давлением. Двойное произведение (ДП) — индекс Робинсона как показатель, характеризующий механическую деятельность сердца и кровоснабжение сердца кислородом, определялось по формуле Робинсона [12]. Для оценки адаптационных возможностей орга-

низма и уровня функционирования системы кровообращения использовался индекс функциональных изменений (ИФИ) [13]:

$$\text{ИФИ} = 0,011 \text{ ЧСС} + 0,014 \text{ САД} + 0,008 \text{ АДд} + 0,014 \text{ В} - 0,009 \text{ МТ} - 0,009 \text{ Р} - 0,27,$$

где ЧСС — частота сердечных сокращений,  $\text{мин}^{-1}$ ; САД — среднее артериальное давление, мм рт. ст.; АДд — диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.; В — возраст, лет; МТ — масса тела, кг; Р — длина тела, см.

Параллельно до и после нагрузки проводили забор слюны в количестве 3 мл в стерильные пробирки путем сплевывания без стимуляции. Во всех пробах слюны определяли кислотность, содержание электролитов, белка, мочевины, мочевой кислоты, оксида азота, молочной и пировиноградной кислот, креатинина, активность ксантиноксидазы и креатинкиназы [14]. Биохимические исследования выполнены в лаборатории ООО «ХимСервис» (г. Омск).

Статистический анализ выполнен при помощи программ Statistica 10.0 (StatSoft, США) и пакета R (версия 3.2.3) непараметрическим методом с использованием U-критерия Манна-Уитни. Описание выборки производили с помощью подсчета медианы (Me) и интерквартильного размаха в виде 25-го и 75-го перцентилей [LQ; UQ]. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Результаты теста Купера показали, что преодоленное спортсменами расстояние составило в среднем 8200 [8200; 8300] м. Это соответствует хорошему уровню адаптации для спортсменов мужского пола данной возрастной группы [1; 15].

Результаты определения физиологических и гемодинамических параметров участников исследования в тесте Купера приведены в табл. 1. Выявлены статистически достоверное понижение диастолического давления на 14,8%, увеличение ЧСС на 40,0% и пульсового давления на 20,3%. Кровоснабжение сердца кислородом усилилось на 42,4%, минутный объем кровообращения вырос в 1,93 раза. Общее периферическое сопротивление снизилось в 1,97 раза. Проведенный расчет ИФИ показал, что наблюдается неудовлетворительная адаптация по уровню функционирования системы кровообращения: ИФИ = 3,11 [2,97; 3,52].



Таблица 1

## Динамика физиологических и гемодинамических параметров

Показатель	До нагрузки	После нагрузки
АДс, мм рт. ст	141,0 [134,0; 157,0]	142,0 [125,0; 158,0]
АДд, мм рт. ст	74,0 [68,0; 85,0]	63,0 [56,0; 74,0]
	—	$p_1 = 0,026$
САД, мм рт. ст	119,7 [112,7; 130,7]	114,0 [103,3; 130,7]
ЧСС, мин <sup>-1</sup>	87,0 [73,0; 92,0]	122,0 [115,0; 142,0]
	—	$p_1 < 0,001$
Пульсовое давление	64,0 [60,0; 84,0]	77,0 [71,0; 84,0]
Двойное произведение	127,9 [97,8; 133,5]	182,1 [147,1; 211,0]
	—	$p_1 < 0,001$
Ударный объем левого желудочка	53,0 [49,2; 64,6]	66,9 [63,7; 70,4]
	—	$p_1 = 0,006$
Минутный объем кровообращения	4,4 [3,8; 6,1]	8,5 [7,6; 9,7]
	—	$p_1 < 0,001$
Общее периферическое сопротивление	2106,0 [1692,5; 2446,8]	1069,6 [894,4; 1292,7]
	—	$p_1 < 0,001$

Примечание:  $p_1$  — статистически достоверные различия с показателями контрольной группы.

Таблица 2

## Динамика биохимического состава слюны спортсменов

Показатель	До нагрузки	После нагрузки
pH	6,25 [6,10; 6,59]	6,49 [6,43; 6,51]
	—	$p_1 = 0,049$
Фосфор, ммоль/л	4,17 [2,99; 4,83]	5,57 [5,25; 5,85]
	—	$p_1 = 0,013$
Белок, г/л	0,88 [0,44; 1,12]	1,32 [1,28; 1,40]
Мочевина, ммоль/л	6,96 [3,90; 8,51]	7,43 [6,43; 8,86]
Мочевая кислота, мкмоль/л	37,95 [6,70; 133,93]	62,50 [35,71; 156,25]
Лактат, ммоль/л	2,47 [1,81; 3,02]	3,69 [3,21; 4,71]
	—	$p_1 = 0,021$
Пируват, мкмоль/л	10,78 [9,56; 13,97]	15,93 [15,44; 16,91]
Ксантин, у.е.	0,313 [0,269; 0,428]	0,446 [0,368; 0,538]
	—	$p_1 = 0,049$
Ксантиоксидаза, у.е.	0,742 [0,695; 0,795]	0,795 [0,742; 0,852]
Креатинин, мкмоль/л	3,30 [3,00; 3,40]	3,40 [3,10; 3,60]
Креатинкиназа, Е/л	3,70 [1,70; 13,00]	13,10 [7,30; 20,80]

Примечание.  $p_1$  — статистически достоверные различия с показателями контрольной группы.





Параллельная оценка биохимического состава слюны спортсменов показала, что после нагрузки меняется кислотность среды, а именно: сдвигается в щелочную сторону, растет содержание электролитных компонентов: натрия и кальция незначительно, неорганического фосфора на 33,6%, калия на 82,5% (табл. 2). Установлено, что после нагрузки растет содержание промежуточных и конечных продуктов обмена углеводов, липидов и белков (табл. 2).

Показано, что при выполнении теста Купера усиливается анаэробный гликолиз, что выражается в нарастании лакцидемии. Уровень молочной кислоты после нагрузки возрастает на 49,4% ( $p_1 = 0,021$ ). Значительные концентрации лактата после выполнения максимальной работы свидетельствуют о более высоком уровне тренированности и о большей метаболической емкости гликолиза. В целом, по изменению содержания молочной кислоты можно определить анаэробные гликолитические возможности организма. При этом повышенный уровень лактата сопряжен с увеличением концентрации пировиноградной кислоты, которая на 47,8% превышает аналогичный показатель до нагрузки. Такое значительное увеличение концентрации пирувата может быть вызвано снижением генерации щавелевоуксусной кислоты и торможением реакций цикла Кребса, что в свою очередь может приводить к недостаточно эффективному окислению энергетических субстратов в организме спортсменов. Результатом этого процесса является развивающийся кетоацидоз, который совместно с лактоацидозом приводит к интенсификации процессов катаболизма пуриновых оснований до гипоксантина и ксантина с последующим окислением этих метаболитов ксантиноксидазой до мочевой кислоты. В проведенном эксперименте отмечено увеличение содержания ксантина в слюне на 42,3% ( $p_1 = 0,049$ ), а также увеличение активности ксантиноксидазы на 7,1%, концентрации мочевой кислоты на 64,7%. Отмечено возрастание активности креатинкиназы в 3,54 раза, что отражает тренированность и высокие адаптивные способности организма через креатинфосфокиназный механизм энергообразования [16]. Известно, что чем выше уровень креатинкиназы, тем выше тренированность, однако увеличение активности более чем в 10 раз может указывать на деструкцию мышц.

Конечным продуктом креатинфосфокиназной реакции является креатинин, который напрямую связан с развитием мышечной ткани [17]. Содержание креатинина после физической нагрузки определяет функциональное состояние энергетического обмена и является достаточно постоянной величиной, рост концентрации составил всего 3,0%.

**Заключение.** Результаты биохимического исследования слюны спортсменов показали, что аэробные гликолитические возможности организма спортсменов достаточно высоки, однако окисление энергетических субстратов протекает недостаточно эффективно, в результате чего развивается кетоацидоз. Данный факт подтверждается увеличением концентрации пировиноградной и мочевой кислот, а также возрастанием активности ксантиноксидазы. Несмотря на пройденный тест Купера, рассчитанный ИФИ показал неудовлетворительную адаптацию спортсменов по уровню функционирования системы кровообращения. В связи с этим можно предположить наличие скрытых нарушений механизмов адаптации, что необходимо учитывать при планировании тренировочного режима спортсменов для эффективной подготовки к соревновательному периоду. В целом, перспективным направлением можно считать сочетание комплекса физиологических, гемодинамических и биохимических параметров для мониторинга ФС спортсменов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карпман В.П., Белоцерковский З.Б., Гудков М.А. Тестирование в спортивной медицине. М.: Физкультура и спорт; 1988.
2. Ewing D.J., Martin C.N., Young R.J., Clarke B.F. The value of cardiovascular autonomic function tests: 10 years' experience in diabetes // *Diabetic Care*. 1985;8: 491—498.
3. Li Zh., Sneider H., Su Sh., Ding X., Thayer J.F., Treiber F.A., Wang X. A longitudinal study in youth of heart rate variability at rest and in response to stress // *International Journal of Psychophysiology*. 2009;73(3): 212—7.
4. Ганеева Л.А., Скрипова В.С., Касатова Л.В. и др. Оценка некоторых биохимических параметров энергетического обмена у студентов-легкоатлетов после продолжительной нагрузки // *Ученые записки Казанского университета*. 2013. Т. 155. № 1. С. 40—49.
5. Рыбина И.Л., Ширковец Е.А. Определение диагностической информативности биохимических по-







казателей, наиболее актуальных для спортивной практики // Вестник спортивной науки. 2013. № 2. С. 31—35.

6. Wong D.T. Salivary Diagnostics. Wiley-Blackwell, 2008.

7. Miller C.S. et al. Current developments in salivary diagnostics // Biomark Med. 2010;4(1):171—89.

8. Nunes L.A., Mussavira S., Bindhu O.S. Clinical and diagnostic utility of saliva as a non-invasive diagnostic fluid: a systematic review // Biochemia Medica. 2015; 25(2): 177—92.

9. Аршавский И.А. Основы возрастной периодизации. Руководство по физиологии. Возрастная физиология. М.: Наука, 1975.

10. Kubicek W.G., Karnegis J.N., Patterson R.P. Development and evaluation of an impedance cardiac output system // Aerospac Med. 1966;37:1208—1212.

11. Тищенко М.И., Сеплен М.А., Судакова З.В. Дыхательные изменения ударного объема левого же-

лудочка здорового человека // Физиологический журнал СССР. 1973. Т. 59. № 3. С. 459.

12. Макарова Г.А. Практическое руководство для спортивных врачей. Ростов н/Д, 2002.

13. Баевский Р.М., Берсенева А.Г. Оценка адаптационных возможностей организма и риска заболеваний. М., 1997.

14. Бельская Л.В., Сарф Е.А., Косенок В.К. Биохимия слюны: методы исследования, методическое пособие. Омск: Омскбланкиздат, 2015.

15. Земцова И.И. Спортивная физиология. Киев: Олимпийская литература, 2010.

16. Ермолаева Е.Н., Кривохижина Л.В. Индикаторы повреждения при физических нагрузках различной интенсивности // Фундаментальные исследования. 2015. № 1. С. 1815—1821.

17. Бутова О.А., Масалов С.В. Адаптация к физическим нагрузкам: анаэробный метаболизм мышечной ткани // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Биология. 2011. № 1. С. 123—128.

## MONITORING OF FUNCTIONAL STATE OF ATHLETES KICKBOXERS IN THE PRECOMPETITIVE PERIOD USING PHYSIOLOGICAL, HEMODYNAMIC AND BIOCHEMICAL PARAMETERS

L.V. Belskaya<sup>1</sup>, A.V. Turmanidze<sup>2</sup>,  
V.G. Turmanidze<sup>2</sup>, F.V. Salugin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

<sup>2</sup>Omsk State University, Omsk, Russian Federation

**Annotation.** The aim of the study was to compare the results of monitoring the functional state of athletes in the precompetitive period, using a complex physiological, biochemical and hemodynamic parameters. Despite the good results of the test Cooper, functioning of the circulatory system shows an unsatisfactory level of adaptation. Analysis of biochemical composition of saliva revealed a developing ketoacidosis, which implies the presence of the hidden mechanisms of adaptation disorders. This should be considered when planning a training regime for the effective preparation of the athletes for the competitive period.

**Key words:** sport, adaptation, functional status, biochemistry, saliva

### REFERENCES

1. Karpman VP, Belotserkovskii ZB, Gudkov MA. *Testing in sports medicine*. Moscow, Fizkultura i sport; 1988 (In Russian)

2. Ewing D.J., Martin C.N., Young R.J., Clarke B.F. The value of cardiovascular autonomic function tests: 10 years' experience in diabetes. *Diabetic Care*. 1985; 8:491—498.

3. Li Zh., Sneider H., Su Sh., Ding X., Thayer J.F., Treiber F.A., Wang X. A longitudinal study in youth of heart rate variability at rest and in response to stress.

*International Journal of Psychophysiology*. 2009;73(3): 212—7.

4. Ganeeva L, Skripova V, Kasatova L et al. Evaluation of some biochemical parameters of energy metabolism in student-athletes after prolonged load. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta*. 2013;155(1):40—49. (In Russian)

5. Rybina I, Shirkovec E. Determination of diagnostic informative biochemical parameters most relevant to sports practice. *Vestnik sportivnoy nauki*. 2013;2:31—35 (In Russian)





6. Wong D.T. Salivary Diagnostics. Wiley-Blackwell, 2008. 320 p.
7. Miller C.S. et al. Current developments in salivary diagnostics. *Biomark Med.* 2010;4(1):171—89.
8. Nunes L.A., Mussavira S., Bindhu O.S. Clinical and diagnostic utility of saliva as a non-invasive diagnostic fluid: a systematic review. *Biochemia Medica.* 2015; 25(2): 177—92.
9. Arshavskii I. *Basics of age periodization, in Physiology Guide. Age physiology.* Moscow: Nauka; 1975. (In Russian).
10. Kubicek W.G., Karnegis J.N., Patterson R.P. Development and evaluation of an impedance cardiac output system. *Aerpace Med.* 1966;37:1208—1212.
11. Tishchenko M, Seplen M, Sudakova Z. Respiratory changes in stroke volume of the left ventricle of a healthy person. *Fiziologicheskii zhurnal SSSR.* 1973; 59(3):459. (In Russian)
12. Makarova G. *A practical guide for sports physicians.* Rostov na Donu; 2002 (In Russian).
13. Baevskii R, Berseneva A. *Evaluation of adaptive capabilities of the organism, and the risk of disease.* Moscow; 1997 (In Russian).
14. Belskaya L, Sarf E, and Kosenok V. *Biochemistry of saliva: research methods handbook.* Omsk: Omsk-blankizdat; 2015 (In Russian).
15. Zemtsova I. *Sport Physiology.* Kiev: Olimpiiskaya literatura; 2010 (In Russian).
16. Ermolaeva E, Krivokhizhina L. Indicators damage during exercise of varying intensity. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2015;1:1815—1821 (In Russian).
17. Butova O, Masalov S. Adaptation to physical exercise: anaerobic metabolism of muscle tissue. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Biologiya.* 2011;1:123—128 (In Russian).