

УДК 612.769:796.015.572

DOI 10.29039/2413-1725-2025-11-1-201-207

ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПРЕСС ДИАГНОСТИКИ В УПРАВЛЕНИИ ТРЕНИРОВОЧНОЙ НАГРУЗКОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ ЮНЫХ КАРАТИСТОВ НА ПРЕДСОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ

Тимофеева С. Н., Тимофеев В. Д., Погодина С. В.

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Российская Федерация
E-mail: kafedra.sporta@cfuv.ru*

В статье показана целесообразность применения технологий экспресс диагностики функциональных возможностей организма в специфических условиях тренировочного процесса юных каратистов 10–11 лет на предсоревновательном этапе. Для определения содержания лактата использовали анализатор LACTATE PLUS, содержание кислорода в крови определяли с помощью пульсоксиметра, параметры пульсометрии регистрировали с помощью датчика сердечного ритма POLAR H10. Регуляторные нервные процессы исследовали на аппаратном комплексе БиоМышь Исследовательская. В качестве нагрузочных воздействий предлагалось 6 серий тренировочных форм соревновательных упражнений продолжительностью 1,5 минуты, в которых моделировался соревновательный режим работы – анаэробно-аэробный.

Ключевые слова: экспресс-оценка, метаболические и функциональные эффекты, тренировочные формы соревновательных упражнений, анаэробно-аэробный режим работы, каратисты 10–11 лет, атипичные реакции.

ВВЕДЕНИЕ

Для тренеров и физиологов наиболее актуальным для изучения является вопрос о механизмах перестроек физиологических систем спортсмена в процессе тренировочных занятий. Данным вопросом занимались многие авторы: Калинина И. Н., Кудря О. Н., Потапченко М. А., Рэйляну Р. И. Большинство исследований было проведено в отношении сердечно-сосудистой и дыхательной систем спортсменов. Отмечают, что показатели этих систем являются одними из важнейших критериев для оценки воздействия на организм спортсмена систематических тренировок

При подготовке юных спортсменов к соревнованиям основополагающим является целевое управление тренировочным процессом, которое базируется на углубленном контроле функциональных возможностей организма, перспективных для резервного спорта детей [1]. Сегодня для объективной оценки функционального состояния спортсменов используются технологии экспресс диагностики адаптационных функций: анализаторы лактата [2, 3], датчики сердечного ритма и пульсоксиметры [4], портативные спирографы [5, 6] и реофотоплетизмографы [7]. Применение мобильных комплексов лабораторного оборудования позволяет в

специфических условиях тренировки быстро корректировать выбор тренировочных режимов работы, не снижающих эффективность адаптации на этапе подготовки к соревнованиям. В свою очередь при проведении экспресс оценки функциональных возможностей спортсменов используется методологический подход, позволяющий соотнести величину тренировочной нагрузки и реальных тренирующих эффектов, суммарную пульсовую стоимость работы, направленность метаболических путей энергообеспечения, вентилаторный «запрос», гемодинамические и регуляторные сдвиги [5]. Применение данного подхода в процессе подготовки юных каратистов приобретает особую актуальность, так как тренировочная, и особенно, соревновательная деятельность в этом виде спорта характеризуется режимами высочайшей интенсивности. В то же время в соревнованиях по карате принимают участие совсем юные спортсмены. В связи с этим необходимо иметь объективную информацию о потенциальных возможностях детского организма адаптироваться к высокоинтенсивным нагрузкам, что позволит предотвратить явления форсированной подготовки [1].

Целью работы явилось применить технологии экспресс-диагностики для управления тренировочной нагрузкой и функциональным состоянием юных каратистов на предсоревновательном этапе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследованы каратисты 10–11 лет, занимающиеся каратэ с четырехлетнего возраста ($n=26$, вес до 38 кг, спортивная квалификация не ниже 3 юношеского разряда). Контрольные исследования были проведены в завершении предсоревновательного мезоцикла. Для определения содержания молочной кислоты (La , ммоль/л) использовали анализатор лактата – LACTATE PLUS (Sports), (США), тест полоски для анализатора (Test Strips). Взятие капиллярной крови из пальца проводили с использованием одноразовых ланцетов Safety. Содержание кислорода в артериальной крови (S_pO_2 , %) определяли с помощью пульсоксиметра серии MD300C:MD300M. Параметры пульсометрии (текущую и суммарную частоту сердечных сокращений – ЧСС и ЧССсум) текущей тренировочной нагрузки регистрировали с помощью датчика сердечного ритма POLAR H10 (Финляндия), закрепленного на грудной клетке спортсмена во время тренировочного процесса. Регуляторные нервные процессы исследовали на аппаратном комплексе «БиоМышь» исследовательская (КПФ-01b) – Нейролаб (Россия) [7]. В качестве анализируемых показателей использовали: продолжительность кардиоинтервала (КИ) R-R, среднее значение интервалов RR (RRNN), стандартное отклонение SDNN, амплитуду моды (АМо), индекс дыхательной модуляции ($ИДМ=(0,5*RMSSD/RRNN)*100\%$), индекс симпато-адреналового тонуса ($САТ=АМо/ИДМ*100\%$), индекс перенапряжения регуляторных систем ($ИПР=произведение\ САТ\ на\ отношение\ времени\ распространения\ пульсовой\ волны\ к\ времени\ ее\ распространения\ в\ состоянии\ покоя$). При использовании аппаратного комплекса применяли следующую последовательность операций: 1) запись фрагмента фотоплетизмограммы пульса в течение двух минут; 2) обработка записанного сигнала математическими методами, вложенными в программное

обеспечение; 3) получение цифровых данных и заключения. В качестве основных нагрузочных воздействий в основной части занятий предлагались серии (до 6 серий) тренировочных форм соревновательных упражнений продолжительностью 1,5 минуты, в которых моделировался соревновательный режим работы – анаэробно-аэробный. Измерения параметров $\dot{V}a$ и S_pO_2 проводили в течение 2-х минутного отдыха после каждой нагрузочной серии. Исследование регуляторных нервных процессов проводили до и после тренировочного занятия. Полученный цифровой материал обрабатывался на персональном компьютере с использованием пакета программ STATISTICA 10.0. Проверка соответствия статистических данных закону нормального распределения проводилась с помощью критерия Шапиро-Уилка. Далее вычисляли среднее значение исследуемых величин ($\bar{x}$) и ошибку среднего арифметического (S_x). Статистически значимые различия определялись с помощью t-критерия Стьюдента, значимыми различия считались при $p < 0,05$. Исследование проведено при добровольном информированном согласии испытуемых.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оперативный комплексный подход к оценке функциональных возможностей на этапе подготовки к соревнованиям позволяет выявить доминирующие физиологические факторы, лежащие в основе формирования и поддержки высокого уровня функций (состояния пика спортивной формы) у юных спортсменов. Основой данной технологии для детского возраста является выделение адаптационных механизмов – метаболического, миокардиального и регуляторного, обуславливающих функциональные резервы организма детей при мышечной работе разной интенсивности и продолжительности [8, 9]. Предсоревновательный мезоцикл характеризуется увеличением интенсивности и уменьшением объема тренировочных нагрузок. Так же в работе с испытуемыми были включены упражнения с интенсивностью, максимально приближенной к условиям соревновательной деятельности.

Определено, что у юных каратистов в завершении данного типа мезоцикла суммарная интенсивность тренировочного занятия варьировала в показателе ЧСС_{сум} в пределах $138,2 \pm 1,02$ – $146,3 \pm 1,67$ уд/мин, тогда как среднее значение всей группы ЧСС_{сум} в серии соревновательных упражнений достигало пределов $176,4 \pm 2,87$ – $178,9 \pm 3,52$ уд/мин ($p < 0,05$). Выполнение столь высокоинтенсивных соревновательных упражнений каратистами 10–11 лет обуславливало разные метаболические и функциональные эффекты. Так, в 46,15 % случаев (у 12-ти каратистов) определены оптимальные функциональные сдвиги, соответствующие анаэробно-аэробному режиму работы. Так в течение серий содержание $\dot{V}a$ находилось в диапазоне $5,8 \pm 0,02$ – $7,4 \pm 0,04$ мМоль/л, ЧСС_{сум} в пределах $178,1 \pm 3,43$ – $186,3 \pm 4,07$ уд/мин, величина S_pO_2 в пределах $94,7 \pm 2,47$ – $96,2 \pm 3,69$ %.

При этом общей (для всех 12-ти каратистов) тенденцией явилось повышение содержания $\dot{V}a$ по мере выполнения каждой последующей серии соревновательных упражнений. В свою очередь, в 38,46 % случаев (у 10-и каратистов) выявлены эффекты метаболического и функционального напряжения. В течение выполнения серий соревновательных упражнений это выражалось в увеличении: ЧСС_{сум} до

значений $201,6 \pm 3,22$ – $206,8 \pm 3,17$ уд/мин, содержания La до $9,5 \pm 1,01$ – $12,3 \pm 1,34$ ммоль/л, снижении величины S_pO_2 до значений $80,2 \pm 4,25$ – $82,8 \pm 3,92$ %. Необходимо особо отметить, что в 15,38 % случаев (у 4-х каратистов) отмечены атипичные метаболические сдвиги с акцентом на снижение содержания La ниже 1 ммоль/л при выполнении последних серий соревновательных упражнений (табл. 1).

Таблица 1

Индивидуальные особенности функциональных изменений при атипичной (1) и стандартной (2) метаболических реакциях у каратистов 10–11 лет в условиях выполнения серий соревновательных упражнений

№ серии	ЧСС _{сум}		ЧСС _{макс}		La, ммоль/л		S_pO_2 , %	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	179	171	200	185	5,6	5,8	98	99
2	189	175	206	186	6,7	5,7	92	99
3	200	179	205	185	4,6	6,6	88	99
4	199	183	208	188	3,3	6,3	82	98
5	205	179	201	191	2,5	6,7	82	97
6	206	186	207	197	0,8	7,4	80	96

В свою очередь у юных каратистов определяли разную степень напряжения регуляторных механизмов в зависимости от направленности метаболических и функциональных сдвигов. Так, у каратистов, которые составили 46,15 % группы, отмечали величины показателей САТ и ИПС, характеризующего симпатoadреналовые влияния на ВРС в диапазоне нормы рабочего нервно-психического напряжения. Эти величины до тренировочного занятия соответственно составляли $18,6 \pm 0,96$ – $47,7 \pm 2,87$ и $39,9 \pm 1,22$ – $98,2 \pm 5,27$ усл. ед., а после тренировочного занятия – $76,3 \pm 3,42$ – $85,9 \pm 4,31$ и $156,4 \pm 5,48$ – $216,6 \pm 6,21$ усл.ед. По мере выраженности метаболических и функциональных сдвигов у каратистов, которые составили 38,46 % группы, величины САТ и ИПС достоверно увеличились. После тренировки эти показатели находились в пределах $202,8 \pm 7,82$ – $231,6 \pm 5,27$ и $406,21 \pm 8,37$ – $458 \pm 7,91$ усл. ед., $p < 0,001$ и соответствовали значительной нагрузке. Тогда как у 15,38 % каратистов с атипичными метаболическими реакциями величины САТ и ИПС до начала тренировочного занятия варьировали соответственно в пределах $426,2 \pm 6,83$ и $444,6 \pm 8,39$ и $928,3 \pm 18,16$ – $989,9 \pm 14,23$ усл. ед., $p < 0,001$. А после тренировочного занятия величины САТ и ИПС превышали значения 500 и 1200 усл. ед., что соответствует перенапряжению регуляторных механизмов. Учитывая то, что величины ИПС определяются на основе показателя САТ, чувствительного к усилению тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы [3], то можно говорить о его избыточной активации у каратистов с атипичными метаболическими реакциями. Это обуславливает гипермобилизацию миокардиальных механизмов (ЧСС свыше 200 уд/мин) и гликолитических энергетических субстратов, что

приводит к быстрому расходованию последних, падению La до минимальных значений и выраженному снижению эффективности адаптации [10]. Также можно говорить и о достаточно высоком числе каратистов (более 1/3), которые получают физическую нагрузку, вызывающую напряжение адаптации в завершении предсоревновательного мезоцикла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе использования технологий экспресс оценки функциональных возможностей у каратистов 10–11 лет в специфических условиях тренировки определены и дифференцированы по физиологическим эффектам метаболические и регуляторные сдвиги.

При выполнении соревновательных серий в анаэробно-аэробном режиме работы в завершении предсоревновательного мезоцикла у 46,15 % каратистов определены оптимальные метаболические и функциональные изменения. Тогда как у 38,46 % каратистов выявлены признаки напряжения регуляции сердечного ритма и у 15,38 % каратистов признаки атипичных метаболических реакций что может рассматриваться, как критерий дизадаптации с прогнозом низкой результативности на главных соревнованиях сезона.

Список литературы

1. Иорданская Ф. А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов – резерва спорта высших достижений. Этапы углубленной подготовки и спортивного совершенствования / Ф. А. Иорданская, М. С. Юдинцева. – М.: Советский спорт, 2011. – 142 с.
2. Kalva-Filho C. A. Reliability and validity of tethered swimming lactate minimum test and their relationship with performance in young swimmers / C. A. Kalva-Filho, A. Toubekis, A. M. Zagatto [et al.] // *Pediatric exercise science*. – 2017. – Vol. 30, No 3. – P. 383–392.
3. Wahl P. Accuracy of a modified lactate minimum test and reverse lactate threshold test to determine maximal lactate steady state / P. Wahl, C. Manunzio, F. Vogt [et al.] // *J Strength Cond Res*. – 2017. – Vol. 31, No 12. – P. 3489–3496.
4. Plews D. J. Comparison of heart-rate-variability recording with smartphone photoplethysmography, polar h7 chest strap, and electrocardiography / D. J. Plews, B. Scott, M. Altinib [et al.] // *International journal of sports physiology and performance*. – 2017. – Vol. 12. – P. 1324–1328.
5. Погодина С. В. Технология интегральной оценки функциональных возможностей высококвалифицированных спортсменов разного возраста на основе моделирования адаптационных процессов/ С. В. Погодина, Г. Д. Алексанянц // *Физическая культура, спорт – наука и практика*. – 2018. – вып. 3. – С. 68–73.
6. Aleksanyants G. Signal indicators of regulatory changes in the respiratory system under physiological deviation conditions / G. Aleksanyants, S. Pogodina, V. Yuferev, I. Epishkin // *Bulletin of the Georgian national academy of sciences*. – 2018. – Vol.12, No 4. – P. 13–19.
7. Каплан А. Я. Экспериментально-теоретические основания и практические реализации технологий «ИНТЕРФЕЙС МОЗГ – КОМПЬЮТЕР» / А. Я. Каплан, А. Г. Кочетова, С. Л. Шишкин, И. А. Басюл, И. П. Ганин, А. Н. Васильев, С. П. Либушкина // *Бюллетень сибирской медицины*. – 2013. – Т. 127, вып. 2. – С. 21–29.
8. Тамбовцева Р. В. Общие и частные закономерности возрастного развития энергообеспечения мышечной деятельности / Р. В. Тамбовцева // *Новые исследования*. – 2011. – Т. 1, вып. 27. – С. 73–83.

9. Харитонов Л. Г. Теоретическое и экспериментальное обоснование типов адаптации в спортивном онтогенезе лыжников-гонщиков / Л. Г. Харитонов, В. И. Михалев, Ю. В. Шкляев // Теория и практика физической культуры. – 2000. – вып. 10. – С. 24–28.
10. Горст В. Р. Рассогласование ритмов сердечно-сосудистой и дыхательной систем при максимальных физических нагрузках / В. Р. Горст, Н. А. Горст, М. В. Полукова, А. Б. Багамаева, Л. В. Шебеко // Астраханский медицинский журнал. – 2011. – Т. 6, вып. 2. – С. 242–244.

TECHNOLOGIES OF EXPRESS DIAGNOSTICS IN THE MANAGEMENT OF TRAINING LOAD AND FUNCTIONAL STATE OF YOUNG KARATE AT THE PRE-COMPETITION STAGE

Timofeeva S. N., Timofeev V. D., Pogodina S. V.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: kafedra.sporta@cfuv.ru*

The article shows the expediency of the use of technologies of Express diagnostics of functional capabilities in the specific conditions of the training process of young karate 10–11 years at the pre-competition stage. For the determination of lactate used the lactate analyzer LACTATE PLUS, the content of oxygen in arterial blood was determined using a pulse oximeter, pulsometry parameters of the current training load was recorded using the heart rate sensor, POLAR H10. Regulatory nervous processes were investigated on the hardware complex Biomysh Research. As the stress effects in the main part of the classes offered 6 series of training forms of competitive exercises lasting 1min 30s, which simulated competitive mode of operation – anaerobic-aerobic. Measurements of lactate parameters and oxygen content in arterial blood were carried out during 2-minute rest after each load series. Regulatory nerve processes were investigated before and after the session. The results were processed using the STATISTICA 10.0 software package. It was found that when performing competitive series in anaerobic-aerobic mode at the end of pre-competition mesocycle in 46,15 % of young athletes determined metabolic and functional changes corresponding to anaerobic-aerobic mode of operation (lactate content in the range of 5–7 mmol/l, HR total within 178–186 b/m, the amount of oxygen in the arterial blood within 94–96 %). While 38,46 % of young athletes showed signs of functional stress – lactate content in the range of 9–12 mmol/l, total HR within 201–206 b/m, the amount of oxygen in the arterial blood within 80–82 %. Also, 15,38 % of young athletes had signs of atypical metabolic reactions (lactate content drop below 1 mmol/l). The signs of tension of regulation of a heart rate and atypical reactions revealed at athletes of 10–11 years can be considered as criterion of disadaptation with the forecast of low efficiency at a competitive stage.

In preparing young athletes for competitions, the target management of the training process is fundamental, which is based on in-depth control of the functional capabilities of the body of children who are promising for reserve sports [1]. Today, for an objective assessment of the functional state of athletes, express diagnostics technologies of adaptation functions are used – lactate analyzers [2, 3], heart rate sensors and pulse oximeters [4], portable spirographs [5, 6] and rheophotoplethysmographs [7]. The use of mobile laboratory

equipment complexes allows, in specific training conditions, to quickly adjust the choice of training modes that do not reduce the effectiveness of adaptation at the stage of preparation for competitions. In turn, in the express assessment of the functional capabilities of athletes, a methodical approach is used that allows correlating the magnitude of the training load and real training effects: the total pulse cost of work, the direction of metabolic pathways of energy supply, ventilatory "request", hemodynamic and regulatory shifts.

Based on the use of technologies for express assessment of the functional capabilities of karatekas aged 10–11 years under specific training conditions, metabolic and regulatory changes were identified and differentiated by physiological effects. When performing competitive series in anaerobic-aerobic work mode at the end of the pre-competition mesocycle, optimal metabolic and functional changes were determined in 46.15 % of karatekas.

Whereas 38.46 % of karatekas showed signs of tension in heart rate regulation and 15.38 % of karatekas showed signs of atypical metabolic reactions, which can be considered as a criterion of disadaptation with a prognosis of low performance at the main competitions of the season.

Keywords: rapid assessment, metabolic and functional effects, training forms of competitive exercises, anaerobic-aerobic mode of operation, karate 10–11 years, atypical reactions.

References

1. Iordanskaya F. A., Yudinova M. S. *Monitoring funktsional'noj podgotovlennosti yunyh sportsmenov – rezerva sporta vysshih dostizhenij*. Ehtapy uglublennoj podgotovki i sportivnogo sovershenstvovaniya, 142 p. (M.: Sovetskij sport, 2011).
2. Kalva-Filho C. A., Toubekis A., Zagatto A. M. [et al.] Reliability and validity of tethered swimming lactate minimum test and their relationship with performance in young swimmers, *Pediatric exercise science*, **3**, 383 (2017).
3. Wahl P., Manunzio C., Vogt F. [et al.] Accuracy of a modified lactate minimum test and reverse lactate threshold test to determine maximal lactate steady state, *J Strength Cond Re*, **31**, 3489 (2017).
4. Plews D. J., Scott B., Altinib M. [et al.] Comparison of heart-rate-variability recording with smartphone photoplethysmography, polar h7 chest strap, and electrocardiography, *International journal of sports physiology and performance*, 1324 p. (2017).
5. Pogodina S. V., Aleksanyanc G. D. Tekhnologiya integral'noj ocenki funktsional'nyh vozmozhnostej vysokokvalificirovannyh sportsmenov raznogo vozrasta na osnove modelirovaniya adaptacionnyh processov, *Fizicheskaya kul'tura, sport – nauka i praktika*, **3**, 68 (2018).
6. Aleksanyants G., Pogodina S., Yuferev V., Epishkin I. Signal indicators of regulatory changes in the respiratory system under physiological deviation conditions, *Bulletin of the Georgian national academy of sciences*, **4**, 13 (2018).
7. Kaplan A. YA., Kochetova A. G., SHishkin S. L., Basyul I. A., Ganin I. P., Vasil'ev A. N., Liburkina S. P. Eksperimental'no-teoreticheskie osnovaniya i prakticheskie realizacii tekhnologii «INTERFEJS MOZG – KOMP'YUTER», *Byullyuten' sibirskoj mediciny*, **2**, 21 (2013).
8. Tambovceva R. V. Obshchie i chastnye zakonomernosti vozniknoveniya razvitiya ehnergoobespecheniya myshechnoj deyatel'nosti, *Novye issledovaniya*, **27**, 73 (2011).
9. Haritonova L. G., Mihalev V. I., SHklyayev YU. V. Teoreticheskoe i ehksperimental'noe obosnovanie tipov adaptacii v sportivnom ontogeneze lyzhnikov-gonshchikov, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, **10**, 24 (2000).
10. Gorst V. R., Gorst N. A., Polukova M. V., Bagamaeva A. B., Shebeko L. V. Rassoglasovanie ritmov serdechno-sosudistoj i dyhatel'noj sistem pri maksimal'nyh fizicheskikh nagruzkah, *Astrahanskij medicinskij zhurnal*, **2**, 242 (2011).