

УДК 612.017.2+612.766.1:796

Е. Н. Лысенко

**ИЗМЕНЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
РЕАКЦИЙ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ
ПОД ВЛИЯНИЕМ УТОМЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ НАПРЯЖЕННОЙ
ТРЕНИРОВОЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

В условиях утомительных тренировочных нагрузок интервального и повторного характера, типичных для многих спортивных дисциплин, проявление работоспособности (выносливости) зависит как от быстрой кинетики потребления O_2 , так и от кинетики реакций легочной вентиляции и выделения CO_2 [1 – 5]. Это объясняется важной ролью в обеспечении работоспособности в условиях нагрузок высокой интенсивности реакций дыхательной (вентиляторной) компенсации метаболического ацидоза как одного из факторов компенсации нарастающих явлений утомления [1; 6; 7].

Повторяющиеся физические тренировочные нагрузки часто выполняются на фоне недовосстановления от предыдущей нагрузки. Поэтому могут происходить изменения функционального состояния организма, связанные с накоплением такого недовосстановления. При этом изменяются реактивные свойства ведущих для вида спортивной деятельности систем организма, меняется также характер реагирования на физические нагрузки и тренировочный эффект таких нагрузок [1; 3; 6; 7]. Это тем более важно, что в практике спорта для усиления тренировочных эффектов широко используется повторное выполнение физических нагрузок, серий таких нагрузок и тренировочных занятий на фоне недовосстановления. Поэтому выяснение влияния утомления на реактивность КРС имеет важное теоретическое и практическое значение.

На величину начальной кинетики реакций аэробного энергообеспечения работы могут влиять многие факторы [3 – 5]. Важным и еще недостаточно изученным является влияние утомления на характер и выраженность изменений быстрой кинетики реакций КРС, а также потребления O_2 и выделения CO_2 .

В связи с этим целью нашей работы было изучение особенностей влияния утомления на кинетические характеристики реакции кардиореспираторной системы в условиях физических нагрузок различного характера.

Работа выполнялась в рамках госбюджетной темы 2.4.3. «Ключові напрямки оцінки, реалізації адаптивного потенціалу організму на різних етапах спортивної підготовки в залежності від індивідуальних особливостей організму» Зведеного плану НДР у сфері фізичної

культури і спорту на 2006 – 2010 рр. (номер госрегистрации 0105U001390).

На экспериментальной базе Национального университета физического воспитания и спорта Украины (г. Киев) было обследовано 84 квалифицированных спортсмена в возрасте 19 – 27 лет (КМС – МС), которые на протяжении 5 – 10 лет специализировались в беге на 100, 800 и 5000 м, в гребле на байдарках и каноэ, гребном слаломе.

Анализ влияния утомления во время выполнения тренировочных нагрузок на указанные кинетические характеристики реакции кардиореспираторной системы (КРС) осуществлялся на основе оценки изменений пика реакции и скорости ее развертывания. Для этой цели в процессе длительной (около 60 мин) нагрузки указанные параметры реакции измерялись при дополнительных нагрузках (в виде прямоугольного кратковременного увеличения мощности нагрузки на 30 с через каждые 5 или 10 мин). Кроме того, использовался вид физической нагрузки, которая моделировала те виды средств тренировки, при которых выполняются серии интенсивных нагрузок длительностью 15 – 30 с. Нагрузки выполнялись на велоэргометре Monark.

Непрерывные измерения газообмена и реакции КРС на физические нагрузки оценивали с помощью эргоспирометрического комплекса «Охусон Про» («Jaeger», Германия). Определяли легочную вентиляцию (V_E , л·мин⁻¹), частоту дыхания (f_T), дыхательный объем (V_T , л), концентрацию O_2 и CO_2 в выдыхаемом (F_{EO_2} , F_{ECO_2} , %) и в альвеолярном воздухе (F_{AO_2} , F_{ACO_2} , %), потребление O_2 (VO_2 , л·мин⁻¹), выделение CO_2 (VCO_2 , л·мин⁻¹), частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд·мин⁻¹). Учитывая, что измерения проводились в открытой системе, показатели внешнего дыхания приведены к условиям BTPS, а газообмена – к условиям STPD.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием компьютерной программы Microsoft Excel с определением основных статистических показателей.

При анализе влияния утомления во время выполнения тренировочных нагрузок на кинетические характеристики реакции информативным показателем является изменение *пикового уровня реакции* в заключительной части длительной нагрузки. В конце экспериментальной длительной нагрузки легочная вентиляция и ЧСС, как правило, не достигали индивидуальных максимальных значений, характерных для такой интенсивности нагрузок. Так, конечные величины V_E составляли $88,4 \pm 5,7$ % ($p < 0,05$) от индивидуальных максимальных значений для данной нагрузки. У менее тренированных лиц этот показатель был меньшим ($84,7 \pm 2,1$ %), чем у более тренированных лиц.

Анализ изменений пика реакции на кратковременные (30 с) повышения мощности нагрузки показывает, что во второй половине длительной нагрузки до «отказа» имело место снижение реакции V_E , VO_2

и ЧСС (табл. 1). Это снижение обычно совпадало со снижением скорости их увеличения. Анализ индивидуальных данных спортсменов показал наличие тенденции к прямой связи ($r = 0,48$, $p < 0,05$) времени начала отчетливого снижения пика дыхательной реакции на кратковременное (30 с) увеличение мощности нагрузки и работоспособности (предельной длительности) нагрузки.

Таким образом, приведенные данные указывают на то, что пиковые величины дыхательной реакции в процессе интенсивной длительной нагрузки снижаются. Такое изменение кинетики (быстрой части) дыхательной реакции может иметь прямое отношение к изменению структуры реакции КРС под влиянием утомления и общей работоспособности.

При повторном выполнении стандартных 15-секундных «ускорений» (при мощности нагрузки, составляющей 1,9 от «критической мощности», интервал отдыха – 30 с) также отмечался большой диапазон индивидуальных показателей скорости развития реакции КРС. При 15-секундной нагрузке креатинфосфатный характер энергообеспечения является, как известно, ведущим.

Таблица 1

Изменение пика реакции легочной вентиляции, потребления кислорода и ЧСС (прирост в %) на 30-секундное повышение (на одну треть) мощности нагрузки в процессе длительной нагрузки на эргометре (78 – 83 %, $n = 11$), $M \pm SD$

Показатели		Временные периоды нагрузки			Р (t-тест)
		14-мин	34-мин	54-мин	
Изменение уровня легочной вентиляции, %	1	$0,4 \pm 0,4$	$1,5 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,3$	
	2	$-4,9 \pm 0,6$	$-1,0 \pm 0,6$	$0,1 \pm 0,6$	14 – 54 мин
Изменение уровня потребления кислорода, %	3	$1,9 \pm 0,6$	$2,7 \pm 0,6$	$4,0 \pm 0,8$	14 – 54 мин
	4	$-3,5 \pm 0,8$	$5,5 \pm 0,9$	$6,9 \pm 1,0$	14 – 54 мин
Изменение ЧСС, %	5	$0,2 \pm 0,5$	$2,1 \pm 0,6$	$1,5 \pm 0,4$	14 – 54 мин
	6	$-0,5 \pm 0,6$	$-0,4 \pm 0,7$	$-0,8 \pm 1,2$	
Р (t-тест) < 0,05		1 – 2, 3 – 4	3 – 4	3 – 4	

Анализ динамики изменений пика реакций по потреблению кислорода от 2-го до 10-го «ускорений» показал его снижение на $18,1 \pm 3,2$ %. Снижение пика реакции для выделения CO_2 было столь же значительным ($19,6 \pm 3,9$ %). При этом изменение пика реакции определялось с учетом изменения исходного уровня показателя перед каждым очередным 15-секундным «ускорением». На фоне постепенного увеличения общего уровня потребления кислорода во время «ускорения»

выраженность реакции снижалась. При таком анализе возникает необходимость оценки роли нарастания анаэробного гликолиза в энергообеспечении работы.

В связи с этим анализировалась кинетика реакций легочной вентиляции и потребления кислорода в процессе выполнения серии 60-секундных нагрузок околопредельной мощности. В этом случае ведущим в энергообеспечении работы является анаэробный гликолиз. Такие программы и режимы нагрузок широко используются в тренировочном процессе квалифицированных гребцов, бегунов, велосипедистов и др. При такой серии нагрузок отмечается снижение кинетики реакции уже после 3-го повторения 60-секундной нагрузки. К 9 – 10-му повторению нагрузки, несмотря на интервал отдыха 5 мин, скорость развития реакции по потреблению кислорода уменьшалась на 26 – 38 % от наиболее высокой величины, которая имела место в пределах 2 – 4-ой нагрузок. По реакции легочной вентиляции снижение скорости развертывания было еще более выраженным (31 – 47 %).

В конце такой серии нагрузок на фоне выраженного утомления пик реакции потребления O_2 (при общем снижении его кинетики в процессе нагрузки) достигался не во время нагрузки, а после нее. Снижение начальной кинетики реакций аэробного энергообеспечения и дыхательной компенсации метаболического ацидоза может быть важным интегральным отражением специфического утомления при больших нагрузках переменного или интервального типа. Такие изменения начальной кинетики, связанные с утомлением, временно ограничивают способность адекватно реагировать на последующие тренировочные нагрузки и, вероятно, модифицируют их тренировочный эффект.

Можно думать, что быстрая кинетика реакций КРС влияет на проявление работоспособности не только при равномерных (непрерывных) нагрузках указанной выше длительности, но и в еще большей степени при прерывистом (интервальном или повторном) характере нагрузок. Это может иметь большое значение для эффективного регулирования объема и интенсивности тренировочных нагрузок интервального и повторного типа.

Таким образом, кинетика реакций КРС под влиянием утомления временно снижается, то есть увеличивается инертность процессов формирования реакций, направленных на обеспечение соответствия метаболического запроса и его удовлетворения. Характер и степень изменений быстрой кинетики в связи с этим могут хорошо отражать метаболический и кардиореспираторный стрессы, вызванные утомлением после больших тренировочных нагрузок. На этой основе может быть разработан новый тип *интегральных показателей утомления* и его специфичности у спортсменов для контроля напряженности тренировочных нагрузок.

Приведенные данные показывают, что выполнение программы тренировочных нагрузок, моделирующих различную их направленность в лабораторных условиях, во всех случаях характеризуется изменением реактивных свойств КРС. Основными изменениями такого типа при развитии утомления является снижение пиковых величин реакции, а также скорости их развертывания. Можно думать, что в связи с этим характер тренировочных воздействий в начальной части нагрузки тренировочного занятия и в конце ее различается. Особенно это выражено при повторном выполнении нагрузок околорексимальной интенсивности. В этом случае наиболее высокий эффект специально направленных средств тренировки такого рода сохраняется до тех пор, пока поддерживаются высокие уровни (пики) и скорость развертывания реакции КРС, потребления кислорода и выделения CO_2 . Все это указывает на необходимость учета характера таких изменений реактивности КРС в процессе тренировочного занятия и применения специальных средств для ее коррекции.

Литература

- 1. Мищенко В. С.** Функциональные возможности спортсменов / В. С. Мищенко. – К. : Здоровья, 1990. – 200 с.
- 2. Мищенко В. С.** Функциональная подготовленность, как интегральная характеристика предпосылок высокой работоспособности спортсменов : метод. пособ / В. С. Мищенко, А. И. Павлик, В. Ф. Дяченко. – Киев : ГНИИФКиС, 1999. – 129 с.
- 3. Мищенко В. С.** Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте / В. С. Мищенко, Е. Н. Лисенко, В. Е. Виноградов. – К. : Наук. світ, 2007. – 351 с.
- 4. D'Angelo E.** Neural stimuli increasing respiration during different types of exercise / E. D'Angelo, G. Torelli // J. Appl. Physiol. – 1971. – Vol. 30, No. 1. – P. 116 – 128.
- 5. Whipp B. J.** Determinants of oxygen uptake kinetics during high-intensity exercise in humans / B. J. Whipp // Book of Abstract 1. – Copenhagen. ECSS. – 1997. – P. 496 – 497.
- 6. Гайлюне А. В.** Гуморальные факторы развития утомления у представителей разного возраста при напряженной мышечной деятельности / А. В. Гайлюне // Кислородные режимы организма, работоспособность, утомление при напряженной мышечной деятельности. – Вильнюс, 1989. – Ч. I. – С. 27 – 35.
- 7. Neumann G.** Special performance capacity / G. Neumann // The Olympic Book of Sport Medicine. – Oxford : Blackwell Scientific Publications, 1992. – Vol. 1. – P. 97 – 108.

Лисенко О. М. Зміна кінетичних характеристик реакцій кардіореспіраторної системи під впливом втоми у процесі напруженого тренувального фізичного навантаження

Аналізуються результати досліджень характеру модифікації реактивних властивостей кардіореспіраторної системи, отримані в процесі фізіологічного контролю підготовки спортсменів високого класу. Показана роль такої модифікації для удосконалення регуляції функцій і для підвищення можливостей організму при напруженій фізичній роботі.

Ключові слова: реактивність, кардіореспіраторна система, кваліфіковані спортсмени, фізичні навантаження.

Лысенко Е. Н. Изменение кинетических характеристик реакций кардиореспираторной системы под влиянием утомления в процессе напряженной тренировочной физической нагрузки

Анализируются результаты исследований характера модификации реактивных свойств кардиореспираторной системы, полученные в процессе физиологического контроля подготовки спортсменов высокого класса. Показана роль такой модификации для совершенствования регуляции функций и для повышения функциональных возможностей организма при напряженной физической нагрузке.

Ключевые слова: реактивность, кардиореспираторная система, квалифицированные спортсмены, физические нагрузки.

Lysenko E. N. The change of kinetic characteristics of reactions of the cardiorespiratory system under the influence of fatigue during intense training exercise

Cardiorespiratory reactivity modification was shown as an integrated factor of adaptation process in high intensity physical training for increase of athletes' functional possibilities and specific endurance. The changes of reactivity in different conditions of specific fatigue and its compensations were analyzed also. The role of system control factors modification for training effects formation and long-term specific adaptation were shown.

Key words: reactivity, cardiorespiratory system, skilled athletes, physical loads.

УДК 577.118:546.56:[616.36+616.61]–092.9

С. Н. Мартынова, Н. И. Брыскина

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕДИ В КЛЕТКАХ ПЕЧЕНИ И ПОЧЕК КРЫС ПРИ УВЕЛИЧЕННОМ ПОСТУПЛЕНИИ ЕЕ В ОРГАНИЗМ

В настоящее время в биологии и в медицине активно развивается учение о микроэлементозах. Медики уже давно обратили внимание на то,