

## КОМПЕНСАТОРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Ю.С.Ванюшин, Ф.Г.Ситдиков, М.Ю.Ванюшин

*Кафедра анатомии и физиологии человека (зав. — проф. Ф.Г. Ситдиков) Казанского государственного педагогического университета*

Наиболее эффективным механизмом обеспечения организма кислородом для поддержания высокого уровня физической работоспособности принято считать увеличение сердечного выброса. Однако полученные нами результаты [2] свидетельствуют о снижении прироста минутного объема крови (МОК) при переходе от одной нагрузки к другой. Поэтому можно предположить существование других механизмов, направленных на удовлетворение кислородного запроса организма при мышечной деятельности. Одним из них является внешнее дыхание, причисленное рядом исследователей [6, 9] к факторам, лимитирующим возможность достижения высоких спортивных результатов. Так, например, было показано [7], что на начальном этапе адаптации к физической нагрузке рост аэробной производительности организма в значительной степени определяется увеличением объема легких и возрастающими вентиляционными возможностями аппарата внешнего дыхания. В связи с этим нами были изучены показатели внешнего дыхания и газообмена у спортсменов разного возраста, специализирующихся в видах спорта на выносливость, при велоэргометрическом тестировании.

В исследованиях принимали участие спортсмены, занимающиеся видами спорта, развивающими выносливость, в возрасте от 15 до 60 лет, которые были распределены на четыре группы. В 1-ю группу (11 чел.) вошли подростки 15–16 лет, во 2-ю (22) — юноши в возрасте 17–21 года, в 3-ю (20) — взрослые спортсмены 22–35 лет, в 4-ю (19) — спортсмены-ветераны в возрасте 36–60 лет.

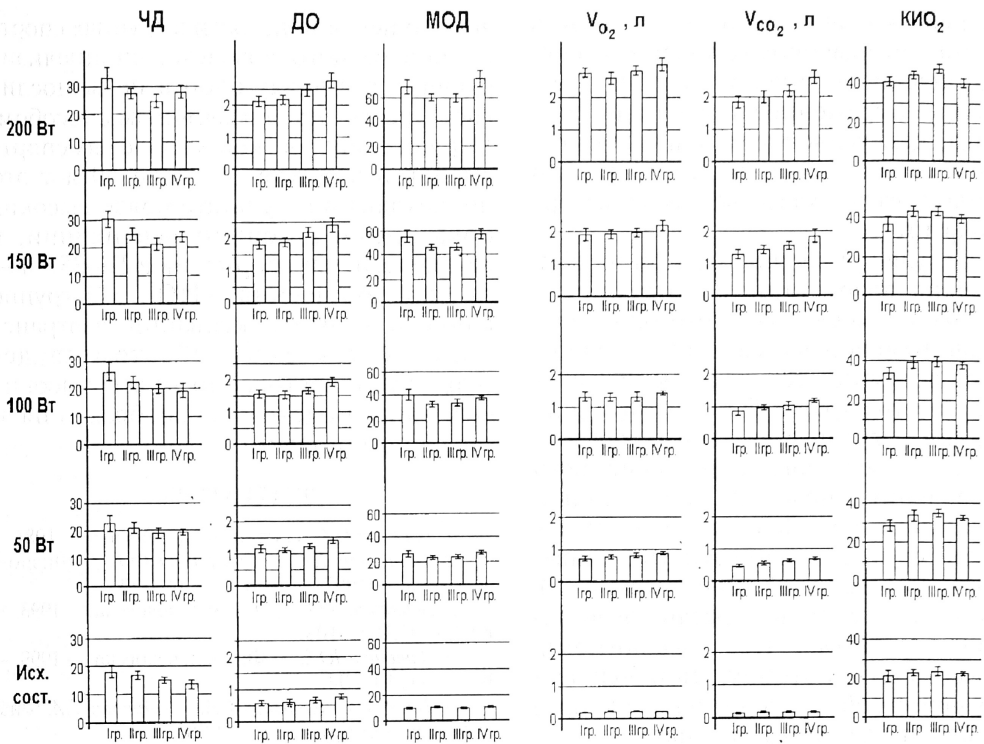
Методика выполнения нагрузок на велоэргометре и регистрация показателей кровообращения приведены в ранее опубликованных работах [2, 3]. С помо-

щью пневмотахографа ПТГ 3-01 (“Мед-физприбор”, г. Казань) определяли следующие показатели внешнего дыхания: частоту дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО) и минутный объем дыхания (МОД). Газоанализ выдыхаемого воздуха производили на парамагнитном анализаторе кислорода АК-5 и газоанализаторе ГАУ-3, предназначенных для измерения парциального давления кислорода и углекислого газа. Градуировку анализаторов контролировали ежедневно с использованием точных газовых смесей. Объемные показатели внешнего дыхания приводились к условиям ВТПС, а показатели газообмена — к стандартным условиям STPD.

Полученные результаты исследования внешнего дыхания представлены на рисунке. В предрабочем состоянии наиболее редкое дыхание отмечается в группах взрослых спортсменов. По-видимому, это можно объяснить тем, что подобный тип адаптации является отражением системного “структурного следа” [8], опосредованного возрастными морфофункциональными изменениями организма при занятиях видами спорта на выносливость. Остальные показатели существенно не различались.

Нагрузка на велоэргометре мощностью в 50 Вт и 100 Вт привела к изменению всех показателей внешнего дыхания в исследуемых группах. Однако межгрупповые различия проявились только в отношении ДО и ЧД. По остальным параметрам достоверных различий не обнаружено.

Нагрузка мощностью в 150 и 200 Вт свидетельствовала о более экономном характере дыхания в группах юношей и взрослых спортсменов, чем у подростков. Об этом свидетельствуют цифровые значения ДО и ЧД. Показатели МОД оказались наибольшими в группах под-



Показатели газообмена в группах спортсменов при нагрузках повышающейся мощности.

ростков и взрослых спортсменов-ветеранов. Следовательно, очевидна компенсаторная роль внешнего дыхания при выполнении спортсменами нагрузок мощностью в 150 и 200 Вт. На это указывает и уменьшение отношения МОК/МОД (см. табл.), что, по мнению К.В.Судакова [10], подчеркивает ведущую роль дыхания в процессе адаптации к физи-

ческой нагрузке и факт преобладания при этом дыхательного типа [4].

Однако по данному вопросу есть и другая точка зрения [1]. Так, если вентиляция растет в большей степени, чем кровоток, то она уже не способствует увеличению доставки кислорода тканям. Кровь, протекающая через легкие, не успевает захватывать из альвеол допол-

Показатели кардиореспираторной системы в группах спортсменов при нагрузке повышающейся мощности

Нагрузка	Показатели	Группы спортсменов			
		1-я	2-я	3-я	4-я
Исходное состояние	МОК/МОД	0,48±0,05	0,50±0,03	0,59±0,04*.*	0,53±0,03
	ИК, мл/кг	90,15±7,32	74,50±3,42	72,97±2,38**	75,36±4,59
	СИ, мл/мин/м <sup>2</sup>	3,01±0,22	2,78±0,13	2,78±0,09	2,84±0,15
50 Вт	МОК/МОД	0,34±0,02	0,43±0,03*	0,43±0,02**	0,33±0,02*.*
	ИК, мл/кг	159,78±12,37	148,08±7,97	137,69±6,15	128,78±7,48***
	СИ, мл/мин/м <sup>2</sup>	5,34±0,38	5,41±0,29	5,24±0,23	4,86±0,26
100 Вт	МОК/МОД	0,27±0,02	0,40±0,01*	0,42±0,03**	0,32±0,01***.*
	ИК, мл/кг	197,93±11,98	203,80±5,72	187,87±7,01	176,66±6,91**
	СИ, мл/мин/м <sup>2</sup>	6,63±0,34	7,45±0,21	7,14±0,24	6,68±0,23
150 Вт	МОК/МОД	0,23±0,02	0,37±0,01*	0,39±0,02**	0,29±0,01***.*
	ИК, мл/кг	231,0±13,82	260,05±7,90	243,38±10,67	233,48±6,16**
	СИ, мл/мин/м <sup>2</sup>	7,76±0,42	9,49±0,26*	9,24±0,35**	8,85±0,22***
200 Вт	МОК/МОД	0,19±0,02	0,35±0,01*	0,34±0,01**	0,26±0,01***.*
	ИК, мл/кг	234,69±17,83	312,48±7,19*	278,17±9,81*	267,95±7,12**
	СИ, мл/мин/м <sup>2</sup>	7,96±0,58	11,42±0,25*	10,58±0,33*.*	10,18±0,28***.*

\* Статистическая достоверность различий между группами 1 и 2; \*\* 1 и 3; \*\*\* 1 и 4; + 2 и 3, ++ 2 и 4.

нительное количество этого газа, и часть воздуха, которая проходит через легкие, перегоняется впустую. Отсюда следует, что более выраженное возрастание кровотока, чем усиление легочной вентиляции, по-видимому, не всегда можно рассматривать в качестве компенсаторного фактора.

Стимуляция внешнего дыхания обусловлена возрастанием потребности организма в кислороде, которая во время двигательной деятельности увеличивается в десятки раз, так как повышаются энергозатраты. Поэтому функция дыхания регулируется таким образом, чтобы соответствовать интенсивности потребления кислорода и выделения углекислого газа. Данные показатели с каждой ступенью нагрузки увеличивались на достоверную величину (см. рис.). Однако межгрупповые различия выявлялись не всегда, что, по-видимому, указывает на однотипную метаболическую перестройку энергетических процессов в исследуемых группах.

При выполнении ступенчато возрастающих нагрузок наблюдается экономное функционирование системы кровообращения, проявляющееся в том, что ткани тренированного организма обладают способностью извлекать из каждого литра крови большее количество кислорода в результате усиления биогенеза митохондрий [5, 11]. Для удовлетворения кислородного запроса при физических нагрузках не требуется значительного увеличения МОК [12]. В этом случае большее значение имеют показатели газообмена, в частности коэффициент использования кислорода ( $K_{IO_2}$ ), который в группе взрослых спортсменов был равен  $47,64 \pm 1,17$ , что достоверно больше, чем в других группах (см. рис.). Это является отражением эффективности газообменной функции, у спортсменов данной группы, тренирующихся на выносливость и имеющих высокую спортивную квалификацию. В результате длительных и систематических тренировок у них, вероятно, повышается относительная способность скелетных мышц и мобилизуется кислородно-транспортная система, что проявлялось при нагрузке мощностью в 200 Вт.

Таким образом, адаптация кардиореспираторной системы к нагрузке по-

вышающейся мощности в группах спортсменов разного возраста, специализирующихся в видах спорта на выносливость, реализуется различным способом. В группах подростков и взрослых спортсменов в возрасте от 36 до 60 лет это происходит в результате более высоких показателей легочной вентиляции, в группе взрослых спортсменов 22—35 лет — за счет повышения  $K_{IO_2}$ , а в группе юношей — путем активации газотранспортной системы. Об этом свидетельствуют достоверно более высокие величины индекса кровообращения и сердечного индекса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бреслав И.С. Паттерны дыхания. — Л, 1984.
2. Ванюшин Ю.С., Ситдилов Ф.Г. // Физиол. человека. — 1997. — № 4. — С.69—73
3. Ванюшин Ю.С. // Физиол. человека. — 1993. — № 3. — С.105—108.
4. Ванюшин Ю.С. // Физиол. человека. — 1999. — № 3. — С.91—94.
5. Виру А.А., Юримяз Т.А., Смирнова Т.А. Физкультура и спорт. — М., 1988.
6. Дубилей В.В., Дубилей П.В., Кучкин С.Н. Физиология и патология системы дыхания у спортсменов. — Казань, 1991.
7. Кучкин С.Н. Резервы дыхательной системы и аэробная производительность организма: Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. — Казань, 1985.
8. Меерсон Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика. — М., 1981.
9. Михайлов Б.В. Физкультура и спорт. — М., 1983.
10. Функциональные системы организма: Руководство / Под ред. Н.В. Судакова. — М., 1987.
11. Gollnick P.D., King D.W. // Am. Journ. Physiol. — 1969. — Vol. 216. — P. 1502—1509.
12. Saltin B. // Journ. exp. Biol. — 1985. — Vol. 115. — P. 345—354.

Поступила 05.01.00.

#### COMPENSATING ADAPTATION MECHANISMS OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM OF SPORTSMEN OF DIFFERENT AGE GROUPS IN ECG STRESS TEST

Yu. S. Vanyushin, F.G. Sitdikov, M.Yu. Vanyushin

#### S u m m a r y

The mechanism of external respiration and gas exchange in sportsmen ECG stress test are studied. It is established that adaptation of the cardiorespiratory system to the increasing load in groups of sportsmen of different age is going through various ways. In groups of teenagers and adults aged 36—60 it occurs through pulmonary ventilation, in sportsmen aged 22—36 it occurs as a result of the increase of the oxygen use ratio, and in groups of youths — by the activation of gasotransportation system.