

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМ ПРИ НАГРУЗКАХ ПОВЫШАЮЩЕЙСЯ МОЩНОСТИ

*Ю.С. Ванюшин, Ф.Г. Ситдиков*

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

Во многих видах спорта, связанных прежде всего с развитием выносливости, основная роль принадлежит системе обеспечения организма кислородом. Составными элементами такой системы являются сердечно-сосудистая и дыхательная, между которыми существует теснейшая функциональная связь. При этом у одних лиц более выраженные изменения претерпевает сердечно-сосудистая система, а у других — дыхательная [1, 5, 8]. Среди многих факторов, от которых эти сдвиги зависят, можно выделить величину физической нагрузки, уровень тренированности и возраст обследуемых [3, 6].

Целью наших исследований являлось изучение особенностей гемодинамики, внешнего дыхания, газообмена, а также введение коэффициента оценки реакции кардиореспираторной системы на физические нагрузки.

В исследовании принимали участие спортсмены в возрасте от 15 до 35 лет, занимающиеся теми видами спорта, которые развивают выносливость. Все спортсмены были разделены на три группы. В 1-ю группу (11 чел.) вошли подростки 15—16 лет, во 2-ю (12) — юноши от 17 до 21 года, в 3-ю (10) — взрослые спортсмены 22—35 лет.

Все обследуемые выполняли ступенчато возрастающую велоэргометрическую нагрузку (на велоэргометре ЭРГ-3 Казанского объединения “Медфизприбор”) в диапазоне от 50 до 200 Вт без отдыха. Длительность каждой ступени составляла 4 минуты. За 15—20 секунд до конца каждой ступени нагрузки регистрировали диффеограмму с электродов, которые при помощи резинового пояса крепились на шее и грудной клетке спортсменов в области мечевидного отростка. Анализировали 6—10 комплексов диффеограммы. В формулу, которую мы использовали [7], был введен усредненный периметр грудной клетки для учета особенностей конституции тела обследуемых. Запись электрокардиограм-

мы проводили в одном из отведений по Небу. Минутный объем крови (МОК) находили расчетным способом. Выдыхаемый воздух собирали в мешок Дугласа и производили его газоанализ на парамагнитном оксианализаторе АК-5. Минутный объем дыхания (МОД) и частоту дыхания (ЧД) определяли с помощью пневмотахографа. Градуировку оксианализатора контролировали ежедневно с использованием точных газовых смесей.

Как показали результаты наших исследований [3], имеются различные механизмы, достаточно полно обеспечивающие организм кислородом при мышечной деятельности и зависящие от возраста спортсменов. К наиболее совершенным можно отнести механизмы, связанные с увеличением показателей МОК и КИО<sub>2</sub>, которые характерны для групп юношей и взрослых спортсменов, и с повышением МОД — для групп подростков. Однако для оценки эффективности кислородного обеспечения, основанной на комплексном подходе, необходимо введение показателя, учитывающего реакцию сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Сердечно-сосудистая система, как правило, выступает в роли лимитирующего звена в цепи транспорта кислорода к работающим мышцам, а дыхательная — может ее компенсировать. Это происходит в результате более низкой “пропускной способности” сердца, так как во время нагрузок субмаксимальной и большой мощности МОК возрастает в 4—5 раз, а объем воздуха, перекачиваемого через легкие, — в 15—20 раз [2]. Поэтому критерием оценки взаимодействия этих систем можно считать их кислородтранспортную эффективность, которая будет оцениваться как результат взаимодействия центральной гемодинамики, внешнего дыхания и газообмена.

Нами был предложен коэффициент комплексной оценки обеспечения

Коэффициент комплексной оценки обеспечения организма кислородом в группах спортсменов при ступенчато возрастающей велоэргометрической нагрузке ( $M \pm m$ )

Нагрузка	Г р у п п ы		
	1-я	2-я	3-я
ФОН	178,36±30,75	226,08±24,26	352,41±42,60***
50 Вт	92,00±11,57	144,26±10,47*	213,60±14,61***
100 Вт	55,01±7,13	115,42±10,77*	149,11±15,09**
150 Вт	40,11±6,24	94,92±10,14*	114,79±11,17**
200 Вт	25,56±3,02	67,50±5,50*	83,00±8,90**

\* Достоверность различий между данными 1 и 2-й групп, \*\* 1 и 3-й групп, \*\*\* 2 и 3-й групп.

Таблица 2

Показатели гемодинамики, внешнего дыхания и газообмена в группах спортсменов при ступенчато возрастающей велоэргометрической нагрузке

Нагрузка	Показатели	Г р у п п ы		
		1-я	2-я	3-я
ФОН	ЧСС	77,51±4,63	64,38±2,95*	63,88±3,54**
	УОК	62,55±3,55	76,27±4,59*	78,93±4,52**
	МОК	4,77±0,28	4,91±0,29	5,01±0,44
	МОД	9,73±0,81	11,28±0,98	8,82±1,15
	КИО <sub>2</sub>	21,36±1,98	19,55±0,86	22,09±1,21
50 Вт	ЧСС	105,62±5,21	91,19±2,62*	87,59±2,40**
	УОК	81,08±3,44	105,05±6,60*	108,38±6,80**
	МОК	8,46±0,50	9,72±0,82	9,51±0,69
	МОД	25,76±1,74	25,97±1,56	23,69±2,68
	КИО <sub>2</sub>	28,52±1,86	31,14±1,72	36,78±1,65***
100 Вт	ЧСС	133,13±6,05	108,85±2,54*	103,49±2,62**
	УОК	80,07±3,45	118,29±6,70*	122,66±7,30**
	МОК	10,53±0,41	13,04±0,65*	12,69±0,32**
	МОД	40,35±3,04	35,64±1,78	37,03±3,97
	КИО <sub>2</sub>	33,39±2,02	36,77±1,99	41,49±1,86**
150 Вт	ЧСС	161,24±6,26	131,12±2,85*	123,78±2,76**
	УОК	77,83±4,60	122,71±4,81*	133,46±7,55**
	МОК	12,35±0,56	16,04±0,65*	16,44±0,82**
	МОД	54,15±3,21	43,98±1,95*	46,85±3,07
	КИО <sub>2</sub>	36,35±2,56	42,34±1,53	47,03±1,44***
200 Вт	ЧСС	178,10±6,98	149,62±3,27*	143,01±3,46**
	УОК	73,30±5,45	130,76±7,31*	134,41±8,06**
	МОК	12,90±0,87	17,77±1,23*	19,10±0,97**
	МОД	68,57±3,84	59,04±2,26*	60,10±4,35
	КИО <sub>2</sub>	40,82±1,64	44,99±1,60	50,41±1,59***

\* Достоверность различий между показателями 1 и 2-й групп, \*\* 1 и 3-й групп, \*\*\* 2 и 3-й групп.

организма кислородом, представляющий собой отношение произведений  $\frac{УОК \cdot КИО_2}{ЧСС \cdot МОД}^2$  (в %). Полученные результаты представлены в табл. 1.

С увеличением мощности работы на велоэргометре данный коэффициент, как видно по данным табл. 1, снижался, причем наиболее значительно в группе подростков, что свидетельствует о ведущей роли у них дыхания в обеспечении организма кислородом. Это совпадает с мнением С.Н. Кучкина [5], согласно которому на начальном этапе учебно-тренировочного процесса работоспособность обеспечивается в основ-

ном за счет аппарата внешнего дыхания. Однако вентиляционные возможности были выше в других группах спортсменов. Удовлетворение же кислородного запроса происходило у них за счет показателей сердечно-сосудистой системы. Тот путь, по которому организм подростков снабжается кислородом, считается мало эффективным, так как большая часть кислорода, доставляемая в организм, обеспечивает энергетические потребности мышц самой дыхательной системы.

Между подростками и остальными группами обследованных достоверные различия в отношении коэффициента

**Увеличение частоты сердцебиений и ударного объема крови (в %) по сравнению с таковыми в покое при ступенчато возрастающей велозргометрической нагрузке**

Нагрузка	Показатели	Г р у п п ы		
		1-я	2-я	3-я
50 Вт	ЧСС	36	42	38
	УОК	30	38	37
100 Вт	ЧСС	72	69	63
	УОК	28	55	55
150 Вт	ЧСС	108	104	94
	УОК	24	61	69
200 Вт	ЧСС	130	132	125
	УОК	17	71	70

наиболее четко проявлялись с первой ступени нагрузки. Следовательно, с помощью предлагаемого показателя можно обнаружить различия между возрастными группами даже при использовании небольших по мощности нагрузок.

Включение механизмов адаптации к физическим нагрузкам происходит одновременно, отражая сложную систему регуляции и взаимокompенсации функций [4, 9]. Это можно видеть на примере нагрузок повышающейся мощности (табл. 2). При нагрузке мощностью в 50 Вт во всех группах спортсменов доминирующее значение приобретала сердечно-сосудистая система. В таком случае помимо вполне естественной хронотропной реакции наблюдалось увеличение насосной функции сердца, так как сердечный выброс в равной степени обеспечивался за счет как ЧСС, так и УОК (табл. 3). В последующем при повышении мощности нагрузки в группе подростков рост сердечного выброса происходит в большей степени, чем в других группах, благодаря увеличению частоты сердцебиений, что является малоэффективным, потому что предельная хронотропная реакция сердца биологически детерминирована функциональными возможностями синусового узла [4]. В других группах МОК обеспечивался за счет как хронотропного, так и инотропного компонентов сердечной деятельности. Однако и в этих группах, особенно при нагрузках мощностью в 150 и 200 Вт, роль частоты сердцебиений была более значительной, чем ударного выброса.

При дальнейшем повышении мощности нагрузки в группе подростков возрастает роль дыхательного компонента сердечно-сосудистой и дыхательной систем, то есть аппарат внешнего дыхания приобретает значение ведущего фактора в обеспечении организма подростков кислородом при нагрузках мощностью 100, 150 и 200 Вт. В этом случае компенсируется насосная функция сердца, так как роста величины УОК не прослеживается. Следовательно, компенсация производительности сердца у подростков происходит по дыхательному типу.

Таким образом, динамика кардиореспираторных показателей у спортсменов разная, и поддержание задаваемой нагрузки обеспечивается различным сочетанием взаимодействия систем транспорта и утилизации кислорода, зависящим от возраста спортсменов. Предлагаемый нами коэффициент комплексной оценки обеспечения организма кислородом может быть использован для определения компенсаторных и адаптивных реакций организма спортсменов при выполнении ими физических нагрузок повышающейся мощности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Борилкевич В.Е. Физическая работоспособность в экстремальных условиях мышечной деятельности. — Л., 1982.
2. Бреслав И.С. Как управляется дыхание человека. — Л., 1985.
3. Ванюшин Ю.С. // Физиол. чел. — 1998. — № 3. — С. 105—108.
4. Карпман В.Л., Любина Б.Т. Динамика кровообращения у спортсменов. — М., 1982.
5. Кучкин С.Н. Резервы дыхательной системы и аэробная производительность организма: Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. — Казань, 1986.
6. Новикова Е.И. Аэробный обмен и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы у школьников подросткового возраста: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. — М., 1988.
7. Лушкарь Ю.Т., Цветкова А.А., Хеймец Г.И. // Бюллетень Всесоюзного кардиологического научного центра АМН СССР. — 1980. — № 1. — С. 45—48.
8. Розенблат В.В., Малафеева С.Н., Поводатор А.И., Рожкова С.В. // Физиол. чел. — 1985. — № 1. — С. 102—106.
9. Фомина Г.А., Юренев А.П., Беленков Ю.Н. и др. // Кардиология. — 1978. — № 12. — С. 63—68.

Поступила 12.09.98.

#### COMPLEX ESTIMATION OF CARDIOVASCULAR AND RESPIRATORY SYSTEMS UNDER THE LOADS OF AN INCREASING POWER

Yu.S. Vanyushin, F.G. Sidikov

#### S u m m a r y

The coefficient of the complex estimation of providing a body with oxygen is suggested. Physical load at 200 W is provided with various combination of the interaction of transport and oxygen utilization systems depending on the age of athletes.